



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FACULTAD DE CIENCIAS
(BIOLOGÍA)

**LA HISTORIETA COMO FACILITADORA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DEL TEMA:
“TRANSPORTE DE MATERIALES A TRAVÉS DE LA MEMBRANA CELULAR” EN ALUMNOS DEL
BACHILLERATO**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

PRESENTA:

BIÓL. DAFNE ESTEFANY BONILLA CERQUEDO

TUTORA:

Dra. Patricia Rivas Manzano
FACULTAD DE CIENCIAS

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dra. Margarita Beatriz Mata Acosta
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
Dr. Aquiles Negrete Yankelevich
FACULTAD DE CIENCIAS



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A las mujeres de mi vida, quienes me han criado y de las que admiro su gran fortaleza:

Mi abuelita Matilde.

Mis mamás, Elena y Ana.

Leticia, mi tía y hermana.

A quien siempre me ha apoyado:

Lázaro, sé que cuento contigo.

A mis niños:

Diego y Daniel.

A mi soporte y gran compañero en esta travesía:

Roberto Santos.

**Este logro también es de ustedes
¡Gracias por su cariño y apoyo incondicional!**

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme desarrollar mi camino profesional. Es un orgullo pertenecer a la máxima casa de estudios.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, que me otorgó la beca para poder realizar y concluir mis estudios de maestría.

A mi tutora la Dra. Patricia Rivas Manzano, quien me asesoró en todo momento y brindó su total apoyo y confianza. Gracias por ser una profesional tan admirable y una persona con una calidad humana excepcional.

A la Dra. Margarita Mata Acosta y al Dr. Aquiles Negrete Yankelevich, por ser parte de mi comité tutor y estar presentes en todos los tutorales brindándome sus consejos y sus observaciones que enriquecieron la presente tesis.

A la M. en D. Silvia Toro Badillo, por ser mi supervisora docente y sinodal, cuyas revisiones contribuyeron a la mejora de este trabajo.

Al M. en D. Ricardo Guadarrama Pérez, quien aportó observaciones puntuales para el mejoramiento de esta tesis.

A los alumnos de los grupos: 351, 353 y 851, del ENCCH Sur, quienes participaron en esta investigación.

A mi supervisora docente la Mtra. Margarita Pacheco, por darme la oportunidad de llevar a cabo mis prácticas docentes.

A Luis, Óscar, Israel y Eunice, quienes se convirtieron en mis hermanos.

A todos mis compañeros de generación MADEMS (2016-1), quienes hicieron de la maestría una de las etapas más enriquecedoras y divertidas de mi vida.

A José, Jesús, Ana, Dulce, Diana, Estefanía, Mariana, Eunice, Alfredo y Félix, que formaron parte de mi camino como docente, gracias por su confianza y aprecio. Esas horas de trabajo en el laboratorio fueron siempre de lo mejor a su lado, son excelentes alumnos y también excelentes profesionales.

A Roberto Santos, por ser mi gran sostén y compañero en este camino. Me has brindado tu mano cada vez que lo he necesitado, no encontraré jamás las palabras suficientes para expresar toda la inmensa gratitud y aprecio que te tengo. Del modo más sincero te doy las gracias por ser mi confidente, darme todos esos consejos, por tu gran paciencia, comprensión, ánimos y por todo el cariño que me das. Eres un hombre maravilloso al que admiro personal y profesionalmente, estoy muy orgullosa de ser tu compañera y no imagino mejor historia que esta, donde ahora formas una de las partes más importantes de mi vida, te quiero infinitamente loquito.

“[...] El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente”.

D. P. Ausubel, 1986

"La educación no es preparación para la vida; la educación es la vida en sí misma".

J. Dewey (s.f.)

ÍNDICE

Página

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN | I |
| ABSTRACT | II |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. MARCO TEÓRICO | |
| 1.1. El constructivismo | 5 |
| 1.2. El aprendizaje significativo | 6 |
| 1.2.1. Condiciones para propiciar el aprendizaje significativo | 9 |
| 1.3. La historieta y su uso como herramienta pedagógica | 10 |
| 1.4. El método RIRC y su aplicación para la evaluación de la historieta | 14 |
| 1.5. Referente institucional: Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH) | 16 |
| 1.5.1. Contribución de la asignatura de biología al perfil del egresado | 19 |
| 1.5.2. Localización del tema “ <i>transporte de materiales a través de la membrana celular: procesos pasivos y activos</i> ” en el programa de estudios de la asignatura de biología I y su aporte al perfil del egresado | 20 |
| 1.6. Fundamento disciplinar: el transporte de materiales a través de la membrana celular | 21 |
| 1.6.1. La membrana celular | 23 |
| 1.6.2. El transporte pasivo | 23 |
| 1.6.2.1. Difusión simple y difusión facilitada | 25 |
| 1.6.3. El transporte activo | 25 |
| 1.6.3.1. La Bomba sodio/potasio (Na ⁺ /K ⁺) | 27 |
| 1.7. La relación del transporte de materiales a través de la membrana celular con la cotidianeidad de los estudiantes de bachillerato | 28 |
| 1.8. Las dificultades en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias: el caso del transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular | 32 |
| 1.9. Ideas previas sobre la célula, membrana celular y sus funciones | |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 35 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 39 |
| 4. OBJETIVOS | |
| 4.1. Objetivo general | 41 |
| 4.2. Objetivos particulares | 41 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO | |
| 5.1. Recuperación de la información | 42 |
| 5.2. Diseño de la estrategia didáctica | |
| 5.2.1. Estructura didáctica | 43 |
| 5.2.2. Estructura conceptual | 45 |
| 5.2.3. Diseño de la historieta | 46 |
| 5.2.3.1. La narrativa de la historieta | 47 |
| 5.2.3.2. La representación gráfica de la historieta | 48 |
| 5.2.3.3. La evaluación de la historieta con la adaptación del método RIRC a RICC | 48 |
| 5.3. Aplicación de estrategia didáctica | |
| 5.3.1. Descripción de los grupos participantes | 50 |
| 5.3.2. Secuencia de la estrategia didáctica | 51 |
| 5.3.3. Elaboración de la historieta en el aula | 51 |
| 6. RESULTADOS: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN | 53 |
| 6.1. La representación y la ficción en la historieta | 54 |
| 6.2. RICC: <i>recuento, identificación, citas ad verbatim y contextualización.</i> | 59 |
| 6.2.1. <i>Recuento</i> | 62 |
| 6.2.2. <i>Identificación</i> | 63 |
| 6.2.3. <i>Citas ad verbatim</i> | 68 |
| 6.2.4. <i>Contextualización</i> | 73 |
| 6.3. La evaluación de la historieta con el método RICC y su relación con el aprendizaje significativo: una visión integral | 78 |
| 7. CONCLUSIONES | 81 |
| 8. RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS | 83 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 84 |
| 10. ANEXOS | |
| I. Propuesta narrativa | 93 |
| II. Especificaciones para la elaboración de la historieta | 96 |
| III. Serie de personajes a elegir y para ser usados en la historieta | 96 |
| IV. Planeación didáctica | 99 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Figura 1. <i>The Yellow Kid</i> de Richard F. Outcault (1896). | 10 |
| Figura 2. Variables del método RIRC. | 15 |
| Figura 3. Modelo general de la membrana celular. | 22 |
| Figura 4. Modelo de transporte facilitado por proteínas transportadoras de glucosa (GLUT 1). | 24 |
| Figura 5. Modelo de transporte activo: bomba Na ⁺ /K ⁺ . | 26 |
| Figura 6. Etapas que componen a la recuperación de información. | 42 |
| Figura 7. Estructura conceptual del transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular. | 46 |
| Figura 8. Histogramas de frecuencias absolutas del tipo de transporte de materiales a través de la membrana celular y tipo de ficción representada en las historietas. | 56 |
| Figura 9. Ejemplo de la representación de la ficción. | 58 |
| Figura 10. Histogramas de frecuencias de las variables del RICC. | 61 |
| Figura 11. Ejemplo del <i>recuento</i> . | 62 |
| Figura 12. Histogramas de las frecuencias de los principios activos. | 66 |
| Figura 13. Ejemplo de la <i>identificación</i> . | 67 |
| Figura 14. Histogramas de las frecuencias de las <i>citas ad verbatim</i> . | 69 |
| Figura 15. Ejemplo 1 de <i>contextualización</i> . | 75 |
| Figura 16. Ejemplo 2 de contextualización. | 76 |
| Figura 17. Histograma de frecuencias de percepción de los estudiantes hacia la historieta. | 80 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Tabla 1. Frecuencias absolutas y sus porcentajes correspondientes al tipo de transporte de materiales a través de la membrana celular representado en la historieta y tipo de ficción. | 55 |
| Tabla 2. Frecuencias absolutas y porcentajes correspondientes a las variables del RICC. | 60 |
| Tabla 3. Frecuencias absolutas y porcentajes de los principios activos. | 64 |
| Tabla 4. Frecuencias observadas y porcentajes de las <i>citas ad verbatim</i> . | 69 |
| Tabla 5. Analogías creadas por los alumnos en las historietas. | 74 |

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar a la historieta como una herramienta pedagógica para facilitar el aprendizaje significativo del tema: “*transporte de materiales a través de la membrana celular: procesos pasivos y activos*”, para alumnos del bachillerato, enfocada al programa de estudios de 2003 de biología I de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCCH), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La metodología propuesta para llevar a cabo este objetivo constó en proporcionar una base narrativa a la historieta llamada: *Los tres hermanos*, la cual explica con base en analogías el proceso biológico de dicho tema. Esta narrativa se incorporó a una estrategia didáctica para ponerla a prueba, donde los estudiantes después de su lectura procedieran a la elaboración de su propia historieta a partir de su interpretación. Las historietas resultantes se analizaron a través de sus componentes verbales e icónicos con el método RICC: *recuento, identificación, citas ad verbatim* (nueva variable aportada en este estudio) y *contextualización*, modificado de Negrete (2014). Del análisis de estas variables, se obtuvo que el 85% de un total de 60 alumnos lograron el *recuento, identificación* y las *citas ad verbatim*, mientras que solo un 38.3% alcanzó la *contextualización*. De esto se concluye que la base narrativa en la historieta tiende a facilitar el aprendizaje significativo de temas abstractos, ya que explica conceptos complejos a través de las analogías que se relacionan con fenómenos cotidianos y así se logran anclar los conceptos previos a los nuevos y formar nuevos aprendizajes significativos.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the comic as a pedagogical tool to facilitate the significant learning of the subject: “transport of materials through the cell membrane: passive and active processes”, for high school students, focused on the study program of Biology 2003 of the National School of Sciences and Humanities (ENCCH), of the National Autonomous University of Mexico (UNAM). The proposed methodology to carry out this objective consisted in providing a narrative base to the comic called: *The three brothers*, which explains, based on analogies, the biological process of said theme. This narrative was incorporated into a didactic strategy to put it to the test, where the students after their reading proceeded to the elaboration of their own comic from their interpretation. The resulting comics were analyzed through their verbal and iconic components with the RICC method: *counting*, *identification*, *ad verbatim citations* (new variable contributed in this study) and *contextualization*, modified by Negrete (2014). From the analysis of these variables, it was obtained that 85% of a total of 60 students achieved counting, *identification* and ad verbatim appointments, while only 38.3% achieved contextualization. From this it is concluded that the narrative base in the comic tends to facilitate the significant learning of abstract themes, since it explains complex concepts through the analogies that are related to everyday phenomena and thus manage to anchor the concepts prior to the new ones and form new significant learning.

INTRODUCCIÓN

Es esencial durante el desarrollo de toda la vida del ser humano aprender todo aquello que no le es innato o lo que no está determinado por su propia condición biológica, esto es lo que le distingue de todas las especies con las que convive: su humanidad, que se adquiere a través de un proceso permanente en el que está en contacto con sus semejantes, que le enseñan, de los que aprende y lo hacen formar parte de una cultura y de una tradición compleja, que a la vez le garantiza su estada en el mundo. A este proceso lo llamamos educación, la cual dota también de libertad al hombre, pero también lo restringe, le exige disciplina, direccionalidad, moralidad; es paradójica (Savater, 1997; León, 2007).

Antiguamente la educación fue completamente contextualizada y natural, haciendo del ser humano un ser armónico con su entorno natural. No obstante, hoy el hombre se educa en la escuela, se encuentra fuera su ambiente natural, es decir, en un contexto en el cual no empleará gran parte de lo que aprende (León, 2007). Particularmente, este es uno de los mayores problemas que enfrenta la enseñanza de las ciencias en los niveles de educación básica y media superior o bachillerato en México, donde el modelo educativo actual carece de dotar de sentido o significado a los conceptos vistos en el aula, ya que exigen un alto nivel de abstracción por parte de los estudiantes al tratar de comprender fenómenos que no son totalmente explícitos o aplicables en su vida cotidiana (Caballer y Giménez, 1993; Flores y colaboradores, 2000; Feinstein, 2009; Ángeles, 2013).

Definitivamente, la biología como ciencia no queda exenta de esta problemática ya que también se encuentran en ella conceptos y terminologías que no favorecen la construcción de esquemas mentales propios, lo cual también contribuye a transmitir una idea deformada del trabajo científico y a reforzar la idea de que los contenidos científicos son complejos en exceso y alejados de un contexto real o poco aplicables a la cotidianeidad, es por ello, que uno de los retos de la educación de la ciencia, es hacerla accesible en todos los niveles de educación. (Caballer y Giménez 1993; Flores y colaboradores, 2000; Álvarez, 2011; Ángeles, 2013; Santofimio 2013).

Esta es la razón por la cual se exploró en el presente estudio, el uso de la historieta como herramienta pedagógica para promover el aprendizaje significativo (basado en la teoría de Ausubel, 1953) de un tema científico como el *transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular* que forma parte del programa de estudios de la asignatura de biología I de 2003, de la ENCCH, UNAM, así, este trabajo de investigación se desarrolló en dicha institución de bachillerato. La historieta utilizada como herramienta pedagógica contó con una base narrativa llamada: *Los tres hermanos*, que explica con base en analogías dicho tema y hace viable la ubicación espacial del proceso que ocurre en la membrana celular, así como la temporalidad de los procesos que ocurren en ella.

Además, esta narrativa tiene la intención de atrapar al estudiante comprometiéndolo y relacionándolo con alguna experiencia propia, a la vez que se adentra en los conceptos biológicos que explican el fenómeno. Esto pone a prueba la capacidad de los estudiantes para extraer la idea o ideas biológicas principales, facilitando el análisis del problema dentro de su contexto, a un grado de profundidad acorde con

los objetivos del programa de estudios de la asignatura, pero además el uso de analogías compromete el pensamiento del estudiante para simplificar un concepto complejo, lo cual es indispensable a nivel de la ciencia escolar para el aprendizaje significativo.

Una vez mostrado este panorama general, se presenta de forma general los apartados que forman el presente estudio:

- 1) *Marco teórico*, en el cual se revisan las bases teóricas que sustentan a esta investigación como: el constructivismo del cual se deriva la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (1983), la historieta y su papel como herramienta pedagógica, así como el método RIRC (*recuento, identificación, recuerdo y contextualización*) propuesto por Negrete (2014), que se adaptó como RICC (*recuento, identificación, citas ad verbatim y contextualización*), para la evaluación de la historieta como herramienta pedagógica para promover el aprendizaje significativo. Por último, en este apartado se aborda el referente institucional (ENCCH); las bases teóricas del tema de transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular y su relación con la vida cotidiana de los estudiantes de bachillerato.
- 2) *Planteamiento del problema*, donde se apunta la situación de la enseñanza-aprendizaje del tema biológico, el cual se enlaza con la *justificación académica* para la realización de este trabajo de investigación.
- 3) *Diseño metodológico*, que abarca desde la estrategia didáctica que se realizó para poner a prueba a la historieta con su base narrativa (*Los tres hermanos*), hasta el procedimiento de evaluación de esta a través del método RICC.

- 4) *Análisis e interpretación de los resultados*, presenta la información obtenida con el método RICC de las historietas realizadas por los alumnos, a la vez que se analiza, se compara con trabajos similares y se relaciona con el aprendizaje significativo.
- 5) *Conclusiones*, donde se destacan los objetivos alcanzados del presente trabajo, así como la experiencia del docente al llevarlo a cabo.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. El constructivismo

Frente al paradigma del conductismo¹ imperante en la educación tradicional desde la segunda década del siglo XX, cuyo carácter heteroestructurante fue centrado en el maestro y donde la construcción del conocimiento era ajena al estudiante; toma fuerza el modelo constructivista con la llamada *revolución de la psicología cognitiva* en la década de los años sesenta, donde las aportaciones de investigadores como: Jean Piaget (1896-1980) y la teoría genética del desarrollo, Jerome Seymour Bruner (1915-2016) con los sistemas de representación y David Paul Ausubel (1918-2008) con el aprendizaje significativo, tomaron fuerza y constituyeron las bases epistemológicas, psicológicas y pedagógicas en el campo de la educación (Ardila, 2013; Berrocal, 2013; Ocaña, 2013).

A través del tiempo, el constructivismo ha tomado diversas vertientes, por lo cual resulta complejo dar una definición unívoca, sin embargo, se preservan los siguientes principios: 1) el ser humano construye su propia realidad y lo hace siempre en interacción con otros, es decir, cada persona percibe su entorno, lo organiza y le dota de significado en forma de constructos; y 2) existen múltiples realidades que se construyen individualmente puesto que cada individuo la percibe de forma diferente y esta puede depender de sus capacidades físicas, estado emocional, condiciones sociales y culturales (Rivera, 2008; Berrocal, 2013; Ocaña, 2013; Ortiz, 2015).

¹Modelo conductista que tomó como referente el trabajo de J. B. Watson (1913): "Psychology as the behaviorist views it", el cual se enfocó en la predicción y el control del comportamiento de los seres humanos, del cual se adoptó el esquema *estímulo-respuesta* (Ardila, 2013; Ocaña, 2013).

Con base en los principios constructivistas se puede concebir una metodología que orienta el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que existe una interacción entre el alumno y el docente (cada uno con su propia percepción de la realidad), donde los conocimientos de cada uno entran en posición y diálogo que finalmente permite llegar a un aprendizaje, el cual implica un total desarrollo tanto de habilidades como de destrezas que caracterizan al sujeto (Ortiz, 2015).

No obstante, también existe una gran variedad de definiciones del concepto de aprendizaje, se tomará como base psicopedagógica la teoría del aprendizaje significativo propuesta por David Paul Ausubel (1983), para la presente propuesta que se explicará a continuación.

1.2. El aprendizaje significativo

La teoría del aprendizaje significativo explica los mecanismos que llevan a la adquisición y retención de grandes cuerpos de información significativa que se abordan en la escuela. El proceso para llegar a un aprendizaje significativo depende de tres condiciones esenciales: lógicas, afectivas y cognitivas. El aspecto lógico implica que el material que se pretende aprender debe ser potencialmente significativo para que el estudiante logre anclarlo o relacionarlo con sus conocimientos previos. La fracción afectiva considera las condiciones emocionales del alumno y del docente, las cuales pueden favorecer o complicar el proceso de aprendizaje. En cuanto a la condición cognitiva, se toma en cuenta el desarrollo de las habilidades de pensamiento y procesamiento de la información que posee el alumno (Ausubel, 1983; Ortiz, 2015).

Cabe destacar, que la construcción de la estructura cognitiva del individuo es organizada y guarda relación con el conocimiento que ya se tiene, de modo que, el aprendizaje significativo es un proceso por el cual un saber nuevo tiene una relación no arbitraria (plausible) y sustancial con algún aspecto relevante que existe en la estructura cognitiva del individuo que aprende (Ausubel, 1983).

Así, la estructura cognitiva es aquella en la que se encuentran las ideas previas representadas por conceptos, imágenes o símbolos que permiten el enlace con nuevos conocimientos. Cuando el conocimiento potencialmente significativo se relaciona con conocimientos relevantes y específicos (*subsunoers* o ideas de anclaje) que ya existen en la estructura cognitiva de la persona, funcionan como un molde que estructura, organiza y fija al nuevo conocimiento, por lo cual, las nuevas ideas, conceptos o proposiciones, son particularmente relevantes e inclusivos y quedan utilizables en la estructura cognitiva del sujeto, es decir, la significación es única y personal (Ortiz, 2015).

Los nuevos significados que surgen en el individuo son el reflejo de la consumación del proceso de aprendizaje significativo. De modo que es un fenómeno complejo y no se puede reducir a la simple memorización, porque el conocimiento que se incorpora es lo trascendental de las ideas y no de las palabras precisas o de modo literal que se usan para expresarlas, donde los conceptos previos son la clave para el aprendizaje significativo (Ausubel, 1983; Ocaña, 2013).

Por significado se diferencian dos tipos: el lógico y el psicológico, donde el primero es el significado verosímil del propio concepto y el segundo se refiere a la formación de un contenido cognitivo nuevo, que siempre es producto de un fenómeno idiosincrático. Este significado psicológico es el producto del aprendizaje significativo, porque durante el proceso para alcanzarlo, lo ideal es transformar el significado lógico en psicológico (Ausubel, 1983; Ortiz, 2015).

De acuerdo con Ausubel (1983), se pueden distinguir tres tipos elementales de aprendizaje significativo: de representaciones, de conceptos y de proposiciones. El primero, es el aprendizaje básico del cuál parten los demás, y este consiste en hacerse del significado o representación de los símbolos o palabras solas, que representan para el sujeto un objeto o una idea correspondiente o referencia. Respecto al tipo de aprendizaje de conceptos², es aquél donde estos se representan también por símbolos solos, sin embargo, sus atributos se adquieren a través de la experiencia directa y por medio de la formulación de hipótesis, comprobación y generalización. Por último, el aprendizaje de proposiciones consiste en hacerse de la representación de las palabras solas o en combinación que expresen una nueva idea compuesta y es generada a partir de la combinación o relación de palabras individuales en forma de proposición³ que es aprendida.

²Los conceptos pueden hacer referencia a objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen atributos de criterios comunes y que se designan mediante algún símbolo o signo (Ausubel, 1983).

³Una proposición es una idea compuesta que se expresa verbalmente en forma de una oración y contiene los significados connotativo y denotativo de las palabras y sus funciones sintácticas y sus relaciones (Ausubel, 1983).

1.2.1. Condiciones para propiciar el aprendizaje significativo

Es primordial en el proceso del aprendizaje significativo que las ideas sean expresadas simbólicamente e interpretadas y relacionadas con las estructuras mentales del estudiante. Para que esto se cumpla, es necesario que de primera instancia el alumno manifieste la disposición para relacionar las ideas nuevas con su estructura cognitiva o ideas previas (*subsunores*), por lo que, independientemente de cuál sea la potencialidad de los conocimientos que van a ser aprendidos, si la intención del alumno es distinta, como la de solamente memorizar, no se efectuará el aprendizaje significativo (Ausubel, 1983; Ortiz, 2015).

En segundo lugar, estas ideas nuevas deben ser específicamente relevantes, por lo que deben cumplir con al menos dos criterios: 1) deben poder relacionarse de manera verosímil, palpable y no fortuitamente, de modo que sean ideas específicamente relevantes como ejemplos o casos específicos, y 2) deben poder ser interpretadas, relacionadas y afianzadas de modo relevante, con la estructura cognitiva del individuo (Ausubel, 1983; Ocaña, 2013; Ortiz, 2015).

De tal modo que, si no existe una actitud de aprendizaje o los nuevos conocimientos carecen de significado para el alumno, el resultado no será el esperado, también es importante destacar que el docente tiene la tarea de identificar los conceptos esenciales o básicos de su disciplina a enseñar, además debe organizarlos y jerarquizarlos para lograr trascender del significado lógico al significado psicológico.

1.3. La historieta y su uso como herramienta pedagógica

La palabra historieta se considera un vocablo endémico de Hispanoamérica y es utilizada como sinónimo para la palabra *cómic* (κωμικός = perteneciente a la comedia), el cual corresponde a un término anglosajón que comenzó a ser utilizado en los años setenta del siglo XX por los hispanohablantes (García, 2013).

El concepto de historieta cuenta con amplias aportaciones para definirlo, sin embargo, por convención se puede decir que son: *“ilustraciones y otro tipo de imágenes yuxtapuestas en secuencia deliberada con el propósito de transmitir información u obtener una respuesta estética del lector”* (McCloud, 1993), es decir, el eje que conforma a la historieta es una estructura narrativa secuenciada que es acompañada por un ícono⁴ (Figura 1).

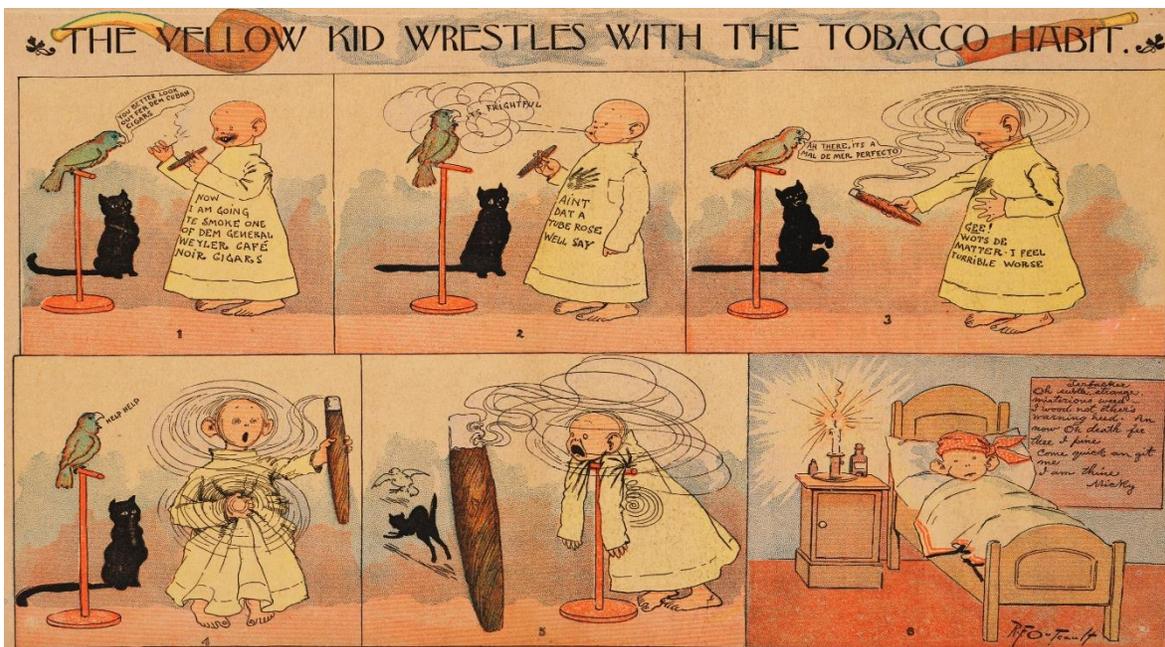


Figura 1. *The Yellow Kid* (Chico Amarillo) de Richard F. Outcault (1896). La historieta o *cómic*, conserva una narrativa que en combinación con los íconos transmite un mensaje o información. Tomada de:

https://cartoons.osu.edu/digital_albums/yellowkid/HoganAlley_Enlarge/D_1632.jpg

⁴Ícono es una imagen usada para representar a una persona, idea, lugar o cosa (McCloud, 1993).

De modo que, en la historieta se entrelazan tanto el lenguaje verbal como el icónico con una codificación semiótica⁵ en tres sentidos: 1) su estructura determinada por la iconografía, en la cual se plantea la perspectiva óptica, estereotipos, gestuario de personajes, arquetipos, metáforas visuales, entre otros elementos propios de la historieta; 2) la expresión literaria que se encuentra codificada en los globos, cartuchos o bocadillos y onomatopeyas; y 3) la técnica narrativa donde se desarrollan las acciones, el paso del tiempo y su uso como *flash-back* (acción en tiempo pasado que se intercala con la línea temporal en la cual transcurre una determinada historia), e incluso exponer puntos de vista que inviten a la interpelación del lector (Kennedy y Thomsen, 2013; Díaz, 2016).

Como medio de comunicación, el *cómic* ha ganado numerosos adeptos y seguidores, convirtiéndose en un vehículo versátil que puede tratar temáticas tan clásicas como la lucha del bien contra el mal y generar héroes y villanos entrañables que han permanecido en el imaginario colectivo de la sociedad, hasta temas de tintes políticos, religiosos y de ciencia ficción, por mencionar algunos, sin dejar de lado que también ha sido concebido para la divulgación de temas científicos, así como para ser usado en ámbitos educativos.

⁵Entendida en términos generales como la ciencia que estudia los sistemas de signos, los procesos mentales y de comunicación a través de los cuales se adquieren sentidos o significados (Correa, 2012).

En este contexto, se ha utilizado como una herramienta pedagógica⁶ para los docentes, que han abarcado diversas disciplinas, como las ciencias sociales, lenguas y ciencias naturales, en las que particularmente se encuentran temas que resultan complejos en su enseñanza.

Existen diversas investigaciones donde se han obtenido resultados favorables respecto a la utilización de la historieta en la enseñanza, se encontró en la literatura los siguientes puntos que se resumen a continuación y donde coinciden diversos autores en sus investigaciones (Barrero, 2002; Tuncel y Aiba, 2011; Williams, 2012; García, 2013; Kennedy y Thomsen, 2013; Negrete, 2013, Negrete, 2014; Robles, 2013; Kaptan e Izgi, 2014; Díaz, 2016; Akesson y Oba, 2017; Jiyoona, et al., 2017):

- 1) Su uso didáctico puede abarcar todos los segmentos estudiantiles, desde la enseñanza preescolar, básica, bachiller o preparatoria, universitaria hasta de posgrado, e incluso población no estudiantil.
- 2) Promueve medios alternativos para el abordaje y relación de los estudiantes con los conceptos y temáticas del área a enseñar, así fortalece el proceso de enseñanza en el contexto educativo inmediato del estudiante.
- 3) Fomenta la capacidad de abstracción (asimilación de imagen a significado), e imaginación.

⁶Una herramienta pedagógica es todo medio que facilita el proceso de enseñanza y aprendizaje, que es adaptable a los diferentes contextos de los estudiantes (Díaz y Hernández, 2002).

- 4) Promueve la capacidad compositiva (ubicación de diferentes elementos en diferentes espacios), la lectura y la escritura.
- 5) Se puede convertir en una herramienta didáctica eficaz en la enseñanza de temas complejos en ciencias ya que ayuda al docente a motivar a los alumnos hacia el aprendizaje de estos.
- 6) Promueve la superación de obstáculos de aprendizaje como ideas previas erróneas o sesgadas, a través de la narrativa de la historieta, que, con apoyo del docente y las clases, los estudiantes pueden relacionar los conceptos a través de las situaciones que se narran en ella.
- 7) Propicia el desarrollo de actitudes favorables hacia temas científicos.
- 8) Impulsa el aprendizaje significativo a través del lenguaje connotativo y denotativo que posee historieta, es decir, su iconografía, expresión literaria y su contenido narrativo.

Aunque se ha coincidido en su efectividad como herramienta pedagógica, con frecuencia la historieta se aborda en el aula de un modo anecdótico, ya que la mayoría de los docentes poseen concepciones erróneas sobre la versatilidad de este medio y desaprovechan las oportunidades que les puede llegar a brindar (García, 2013).

Esto puede deberse a múltiples factores, de los cuales destaca la falta de consenso en el seguimiento de una metodología que evalúe tanto a la historieta y su uso en la enseñanza, así como el o los aprendizajes obtenidos a través de este medio. Dentro de las propuestas metodológicas que se han desarrollado y que utilizan medios cuantitativos y cualitativos para evaluar el nivel de aprendizaje

alcanzado por medio de la estructura narrativa e icónica de medios de comunicación como la historieta o el cuento, se encuentra el método *RIRC*, cuyas siglas significan: *recuento, identificación, recuerdo y contextualización* (Negrete, 2014), el cual se adaptó en el presente estudio para evaluar el alcance de la historieta como una herramienta pedagógica que facilite el aprendizaje significativo y será explicado a continuación.

1.4. El método RIRC y su aplicación para la evaluación de la historieta

En el recuento, identificación, recuerdo y contextualización se evalúan distintas tareas de memoria que implican distintos grados de comprensión y de aprendizaje, donde se incluyen a la memoria explícita (recuerdos conscientes) y a la memoria implícita (experiencias o conocimientos previos que no son recordadas de manera consciente), en palabras de Negrete (2014):

“[...] El método utiliza tres tareas básicas para medir la memoria explícita: conocimiento declarativo, reconocimiento y recuerdo; adicionalmente, incluye una tarea para medir el conocimiento implícito: el conocimiento procedimental. El conocimiento declarativo se refiere a los hechos recordados. El reconocimiento implica una selección o identificación de elementos que un individuo aprendió previamente. Recontar involucra la producción de un hecho, una palabra, una historia o algún otro elemento desde la memoria. Finalmente, las tareas referidas al conocimiento procedimental son aquellas que involucran recordar habilidades aprendidas y comportamientos automáticos”.

Cabe señalar de nueva cuenta, que este método es aplicable para evaluar la eficiencia de medios de comunicación cuya la base narrativa es fundamental, que en el caso de la historieta se combina con su estructura icónica y permite analizarla en estas dos dimensiones. A continuación, se presenta un resumen (Figura 2) que describe y ejemplifica cada una de las variables del RIRC:

| Método RIRC | | |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de memoria o nivel de aprendizaje | Descripción | Ejemplos de aplicación |
| <i>Identificación</i> | Identificar un elemento que fue aprendido anteriormente | Cuestionarios de opción múltiple o falso y verdadero |
| <i>Recuerdo</i> | Reproducir la información desde la memoria | Preguntas abiertas cuyas respuestas sean breves |
| <i>Recuento</i> | Repetir elementos | Elaborar una lista de hechos o reproducir de nueva cuenta la historia |
| <i>Contextualización</i> | Aplicación | Situar al sujeto en una situación ficticia donde tenga que hacer uso de conocimientos y/o habilidades aprendidos en la narración |

Figura 2. Variables del método RIRC. Tomada y modificada de Negrete (2014). Se describe en qué consisten las variables del RIRC, así como el medio a través del cual pueden ser evaluadas, que consiste generalmente en la aplicación de cuestionarios o encuestas diseñadas a partir de un medio escrito (narrativa) de divulgación científica.

Es importante apuntar que el método originalmente ha sido aplicado a través de cuestionarios o encuestas que están diseñadas para que la persona lleve a cabo cada una de las tareas de aprendizaje del RIRC, donde la contextualización resulta el más difícil de alcanzar, ya que implica que el sujeto no solo recuerde o identifique los elementos clave del tema que se esté tratando en un cuento o historieta, sino que logre aplicar sus aprendizajes adquiridos a través de estos medios en otro contexto.

Es a la vez, una herramienta de evaluación que el profesor puede aplicarla en el aula para ver cómo los estudiantes transforman lo aprendido en clase y cómo construyen sus propios significados, por lo que puede representar una fuerte evidencia para el aprendizaje significativo.

1.5. Referente institucional: Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH)

Dentro de los tres sistemas de bachillerato universitario⁷ de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la ENCCH mantiene un modelo educativo⁸ diseñado para preparar al estudiante para su ingreso a la licenciatura, el cual le ofrece los conocimientos necesarios para su futura vida profesional y personal, por lo que su formación contempla tres ejes: científico, humanístico y social, los cuales tienen como base la comprensión y el dominio del lenguaje español y del lenguaje matemático, que a la vez se rigen por los métodos: científico-experimental e histórico-social (DGCCH, 2006).

Los conocimientos, aptitudes, actitudes y valores que se fomentan en los estudiantes son las necesarias para que este sea capaz de apropiarse por sí mismo de los conocimientos de un modo racional, es decir, él es sujeto de su propio aprendizaje, a la vez que forma parte de una cultura donde asume valores y responsabilidades.

⁷Sistemas de bachillerato de la UNAM: Escuela Nacional Preparatoria (ENP), Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH), y el programa de bachillerato a distancia para mexicanos e hispanohablantes que no radican en México, conocido como B@UNAM (DGAE, 2016).

⁸Concepción específica de los propósitos educativos de una institución, así como de las formas pedagógicas para lograrlos y que se concretan en los criterios o ejes con los cuales se organizan las actividades académicas de enseñanza y aprendizaje (CAPEM, 2012).

Así, esta premisa dirige su filosofía institucional: *aprender a aprender, aprender a hacer* y *aprender a ser*, por lo que forma parte central del perfil del egresado del plan estudios de 1996 y donde las cuatro grandes áreas del conocimiento: matemáticas, experimentales, histórico social y talleres de lenguaje y comunicación, contribuyen en su cohesión (DGCCH, 2006).

Conforme el plan de estudios 1996 de la ENCCH (Coordinación del CCH, 1996; DGCCH, 2006), se describen a continuación los ejes del perfil de egreso del estudiante y su concordancia con la filosofía institucional:

Aprender a aprender, apunta a la capacidad de adquirir nuevos aprendizajes que pueden ser empleados en lo individual y en lo social, para lo que el estudiante se vale de medios diversos y herramientas tanto científicas como humanísticas que le permitan documentarse, reflexionar y comprender de los diversos hechos y fenómenos de su entorno.

Aprender a hacer, se refiere a la aplicación en la vida cotidiana de sus conocimientos y habilidades como la investigación, búsqueda, sistematización e integración de la información en diversos campos de conocimiento en una o diversas disciplinas, así como en la experimentación, para la solución de conflictos del medio donde se desarrolla.

Aprender a ser, señala que las actitudes como el respeto, la honestidad y la tolerancia, en conjunción con su formación cívica y ética, contribuyen a que se satisfagan necesidades sociales y el ejercicio de su libertad como un ciudadano adulto.

Respecto a la contribución de las áreas de estudio, las matemáticas como forma de lenguaje, representan un medio para desarrollar los principios de deducción y validez científica, con los cuales podrá enfrentar situaciones problemáticas y dar con criterio posibles soluciones a estas.

El área de experimentales contribuye a la comprensión de la naturaleza y sus fenómenos a través de la integración de diferentes disciplinas como química, física y biología, por lo que el egresado será capaz de aplicar el método científico en su contexto histórico y social, a la vez que es consciente de las implicaciones ambientales de sus acciones y contribuye a la conservación de la naturaleza.

El campo histórico social, aporta la actitud crítica hacia los conocimientos de la realidad nacional e internacional que relacionan con el pasado, presente y futuro histórico, futuro que puede ser proyectado a través de distinguir y comprender los problemas y posturas del ser humano frente a la moral, la belleza, el razonamiento y el conocimiento.

En el área de los talleres de lenguaje y comunicación, la comprensión e interpretación de los textos es fundamental para la obtención y organización de la información que utilizará con pertinencia para la producción de textos diversos que formarán parte de su vida social y académica.

1.5.1. Contribución de la materia de biología al perfil de egresado

La materia de biología se imparte desde el tercer hasta el sexto semestre (biología I, II, III y IV), de acuerdo con el mapa curricular tanto de 2003 como el vigente de 2016 de la ENCCH y se encuentra dentro del área de experimentales (DGIRE, 2016).

Como ciencia natural, la biología resulta fundamental para la comprensión de la naturaleza e interpretación de los fenómenos asociados a ella, de modo que aporta una visión integral y objetiva que promueve el pensamiento evolucionista, el análisis histórico, las relaciones sociedad-ciencia-tecnología y las propiedades de los sistemas vivos. De modo que la materia contribuye tanto a la adquisición de conocimientos, habilidades, actitudes y valores para establecer una relación solidaria entre la sociedad y el medio ambiente.

Esta congruencia con el perfil del egresado se expresa en tanto que los alumnos no se limiten al aprendizaje memorístico de los seres vivos y sus funciones, sino que incorporen su manera de *ser, hacer y pensar* (DGCCH, 2006). En los cursos de biología se pretende una enseñanza integral donde los alumnos obtendrán los conocimientos necesarios para generar explicaciones lógicas bajo una visión científica y social a cerca de los sistemas vivos, donde también se integran otras disciplinas para llegar a propuestas que den solución a problemas o necesidades personales o globales.

1.5.2. Localización del tema “*transporte de materiales a través de la membrana celular: procesos pasivos y activos*” en el programa de estudios de la asignatura de biología I y su aporte al perfil del egresado

El tema forma parte de los procesos de regulación y se encuentra en la segunda unidad del programa de estudios (2003 y 2016) de biología I (DGIRE, 2016), donde uno de los objetivos de aprendizaje es la comprensión del mantenimiento y preservación de los sistemas vivos. El transporte de materiales a través de la membrana celular es descrito a través de dos procesos fundamentales: el transporte pasivo y el activo, los cuales son los responsables de mantener el equilibrio de las condiciones internas y externas de las células, por lo que se considera una de las bases para la comprensión total de un sistema vivo donde se conjuntan características genéticas, morfofuncionales, ecológicas, biogeográficas, evolutivas, entre otras, que lo vuelven complejo y hace necesaria la integración de los ejes evolucionista, histórico, sociedad-ciencia-tecnología y propiedades de los seres vivos.

Para lograr dicha integración es necesario no solo tener presentes los conceptos fundamentales, sino desarrollar habilidades, actitudes y valores que llevarán a formular mejores explicaciones de los sistemas vivos con base en la observación, información científica y en su contexto histórico social, que es finalmente parte fundamental del perfil del egresado.

1.6. Fundamento disciplinar: el transporte de materiales a través de la membrana celular

1.6.1. La membrana celular

La célula es la unidad o entidad fundamental que determina la estructura y funcionamiento de todos los seres vivos, de modo que es un concepto clave en la comprensión de la organización del mundo biológico. Una característica esencial de la célula es que está rodeada por una membrana que la define y separa su interior (citoplasma) del medio externo, es decir, define los límites físicos y químicos; además en los organismos eucariontes, la membrana celular o plasmática delimita también a los organelos en el interior de la célula, por ejemplo al retículo endoplásmico y las mitocondrias, mientras que las células procariontes al carecer de organelos, están rodeadas únicamente al exterior por esta (Campbell y Reece, 2007; Solomon, *et al.*, 2013; Lodish, *et al.*, 2015).

En todas las membranas biológicas (incluyendo la de los organelos), de manera general, se presenta la misma estructura básica: una capa doble o bicapa de fosfolípidos, los cuales se acomodan conforme al carácter hidrofóbico e hidrofílico de estos, es decir, su grupo fosfato está en contacto con el medio acuoso, mientras que los ácidos grasos quedan aislados. En esta bicapa de fosfolípidos, se encuentran embebidas las proteínas y cada membrana tiene un conjunto de proteínas propio que le permite cumplir con múltiples funciones (Figura 3).

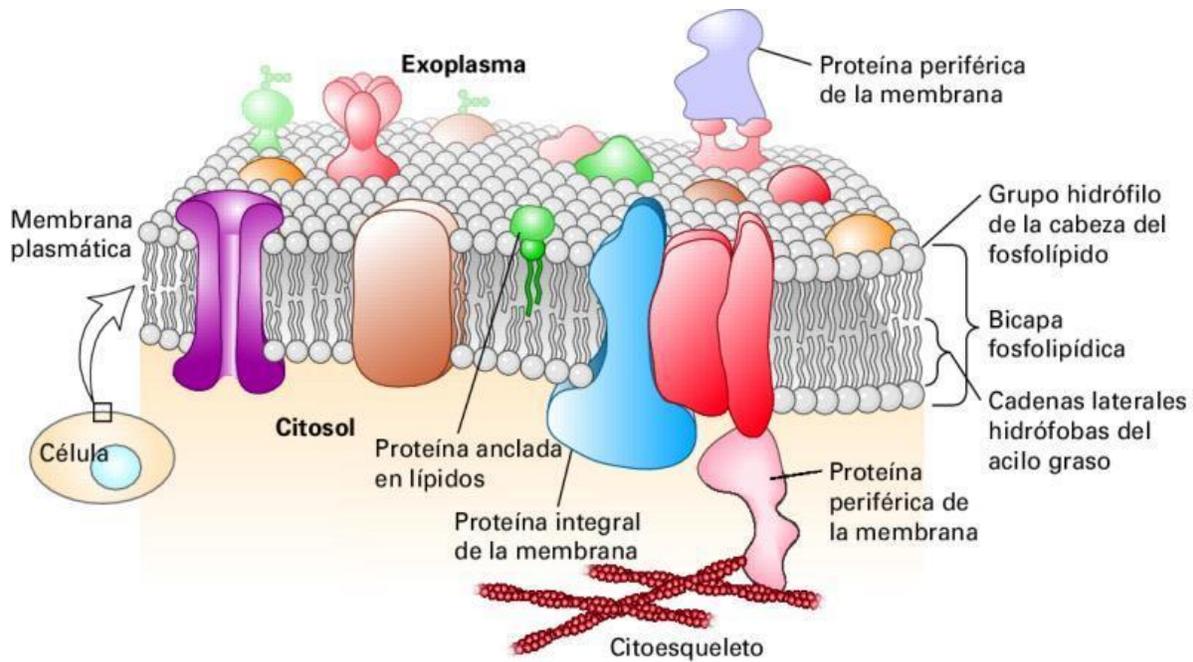


Figura 3. Modelo general de la membrana celular (tomado de Lodish, *et al.*, 2015 ©).

La membrana actúa como una barrera semipermeable que permite mantener el equilibrio entre el medio intracelular y el extracelular, ya que evita el libre movimiento de sustancias hidrosolubles de un lado de la membrana al otro. Aquí, las llamadas proteínas de transporte de membrana están a cargo de permitir el flujo de iones y moléculas complejas, como azúcares, aminoácidos y vitaminas específicos a través de la membrana plasmática, así como productos metabólicos de desecho (Campbell y Reece, 2007; Solomon, *et al.*, 2013; Lodish, *et al.*, 2015).

No obstante, existen factores que ejercen influencia en la permeabilidad de las membranas plasmáticas, como los distintos tipos de proteínas que tienen la función de movilizar a los iones y a las moléculas en distintas formas y según su función se denominan por ejemplo canales, transportadores, bombas, etcétera (Lodish, *et al.*, 2015).

La membrana celular de los eucariontes contiene una gran cantidad de proteínas, que además de permitir dicho transporte, también están involucradas en la señalización celular, la comunicación y la conexión de las células en los tejidos. También muchas de las proteínas de la membrana plasmática participan en el soporte mecánico y anclaje tisular, que concede la forma específica y movimiento dinámico de la célula, por lo que puede curvarse y flexionarse sin perder su integridad (Solomon, *et al.*, 2013; Lodish, *et al.*, 2015).

1.6.2. El transporte pasivo

El transporte pasivo de la membrana es aquél que no necesita gastar energía metabólica para llevarse a cabo, porque el movimiento va de una región de alta concentración de iones o moléculas, hacia una de menor concentración, es decir, a favor de su gradiente de concentración química. En este tipo de transporte se distingue la difusión simple y la difusión facilitada o mediada por proteínas (Solomon, *et al.*, 2013; Lodish, *et al.*, 2015).

1.6.2.1. Difusión simple y difusión facilitada

Debido a la característica hidrofóbica de los fosfolípidos de la bicapa membranal, es casi en su totalidad impermeable a los iones y moléculas hidrosolubles. De modo que sólo los gases como el oxígeno (O_2), dióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno (N_2), moléculas polares (sin carga) como la urea, etanol, metanol o glicerol, se pueden trasladar de un lugar a otro de la membrana plasmática, lo que se conoce como difusión simple (Lodish, *et al.*, 2015).

En la difusión facilitada, son las proteínas transportadoras especializadas (selectivas) que la llevan a cabo y permiten el paso de sustancias hidrofílicas, con el fin de evitar el interior hidrofóbico de la membrana. Las proteínas pueden funcionar como: 1) canales, que forman un pasaje a través de la membrana y permite el paso simultáneo de moléculas como el agua, estos pueden permanecer todo el tiempo abiertos o abrirse sólo cuando exista una señal química, eléctrica o mecánica específica y 2) transportadores o acarreadores, que pasan a la vez un sólo tipo de molécula específica (uniportadores) como la glucosa (Figura 4) o los ácidos grasos, entre otros, a favor de su gradiente de concentración (Campbell y Reece, 2007; Solomon, *et al.*, 2013; Lodish, *et al.*, 2015).

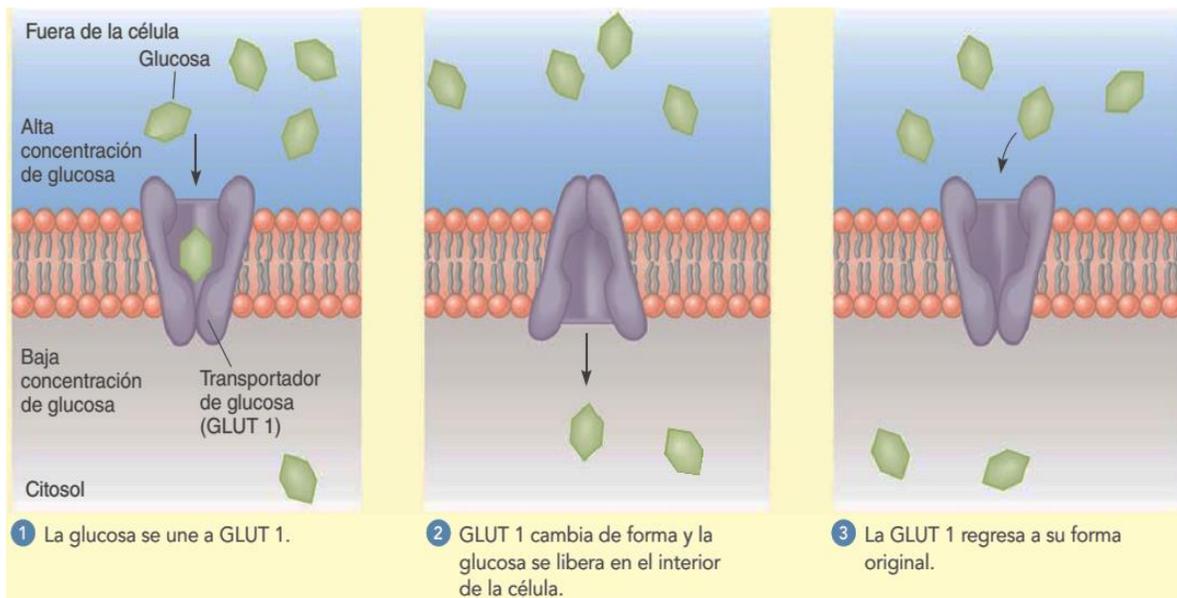


Figura 4. Modelo de transporte facilitado por proteínas transportadoras de glucosa (GLUT 1), el cual no necesita energía o ATP para llevarse a cabo (tomado de Solomon *et al.*, 2013 ©).

1.6.3. El transporte activo

La característica principal del transporte activo es que los iones o moléculas son transportadas, de un lado a otro de la membrana plasmática, en contra de un gradiente de concentración, por lo que se requiere de proteínas que funciones como *bombas* impulsadas por energía que proviene de la hidrólisis del enlace fosfoanhdrido terminal del ATP.

Todas estas proteínas de membrana que funcionan como bombas tienen uno o más sitios de unión para el ATP y se encuentran en secciones de la proteína (subunidades), que están dispuestas siempre hacia el citoplasma. Una de las principales bombas es la que transporta al sodio (Na^+) y al potasio (K^+) (Lodish, *et al.*, 2015).

1.6.3.1. La bomba sodio/potasio (Na^+/K^+)

Es una de las principales bombas que al activarse permite que la célula mantenga su equilibrio osmótico y la estabilidad de su volumen. Esta no trasloca los iones Na^+ y K^+ uno por uno, sino que la ATPasa bombea tres sodios hacia el exterior de la célula por cada dos de potasio que impulsa hacia el citoplasma (Figura 5), estableciendo gradientes de concentración en direcciones opuestas de estos iones a través de la membrana plasmática, lo cual genera un consumo muy alto de energía (Campbell, y Reece, 2007; Solomon, *et al.*, 2013; Lodish, *et al.*, 2015).

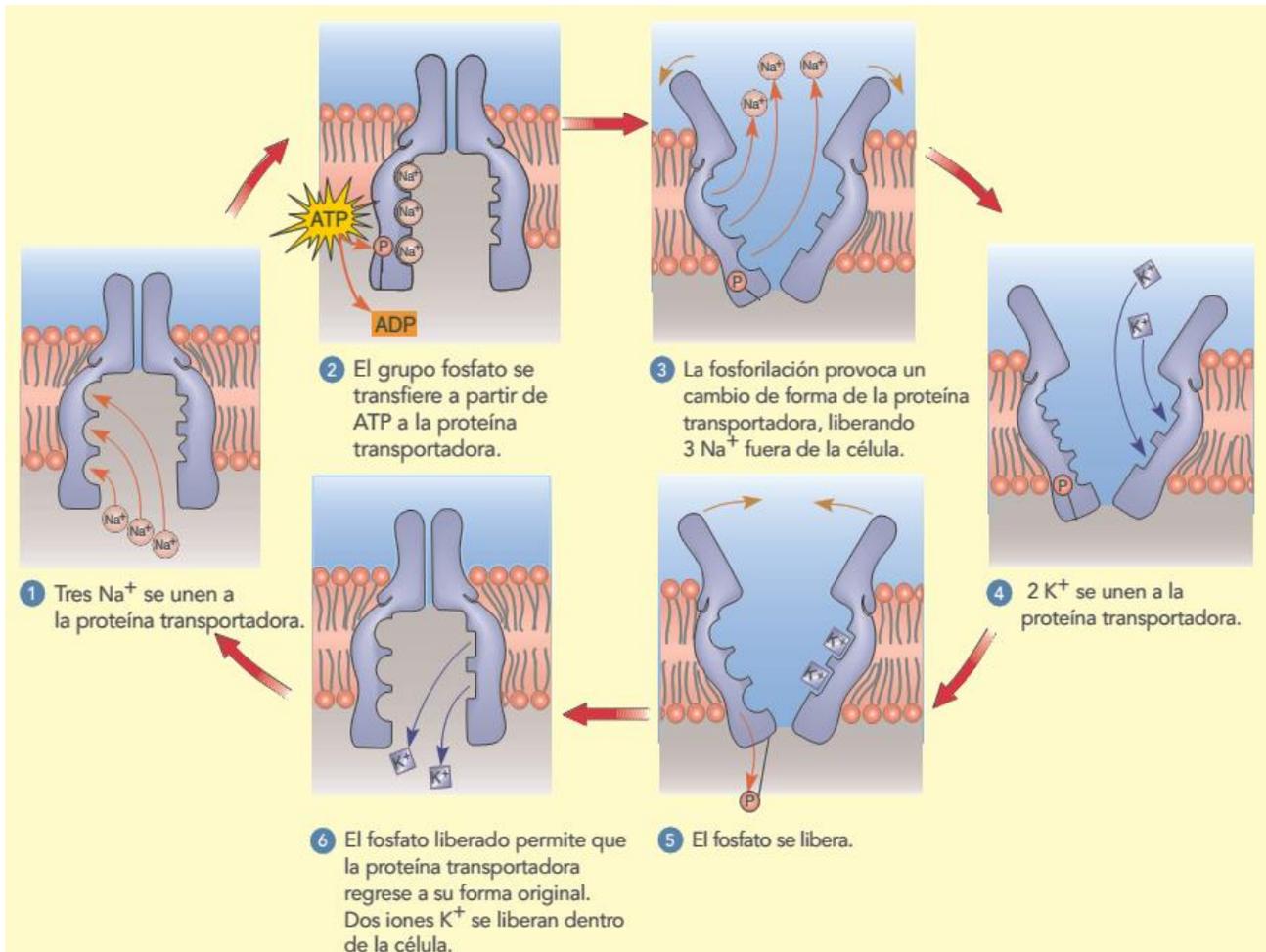


Figura 5. Modelo de transporte activo: bomba Na^+/K^+ , el cual necesita energía o ATP para llevarse a cabo (tomado de Solomon *et al*, 2013 ©).

Puesto que la membrana celular tiene un papel primordial en los procesos que realizan los seres vivos, como la nutrición, porque ahí se da el intercambio de sustancias nutritivas y sus desechos con el medio, o como la comunicación en donde el intercambio de moléculas entre las unidades celulares desempeña papeles distintos, como durante la sinapsis neuronal. Es importante tener claros los conceptos de estructura y funcionamiento de la membrana celular y los tipos de comunicación y transporte que se dan a través de ella, porque son claves para alcanzar una comprensión más abstracta y compleja de cómo es el

funcionamiento celular y en su conjunto como sistema vivo (Cooper y Hausman, 2011).

Por lo que deben integrarse posteriormente los diferentes niveles de organización, ya que los procesos ocurren a diferentes niveles de la jerarquía morfofuncional de un organismo y poseen una característica esencial: sus propiedades solo son explicables completamente integrando lo que ocurre en los niveles molecular y celular con lo que ocurre en los niveles tisular, organográfico, sistémico y organísmico.

Sin embargo, estos conceptos se caracterizan por no tener una aplicación inmediata o en muchas ocasiones no corresponden a inquietudes o preguntas cotidianas realizadas por los estudiantes, por ello se hablará en los dos temas siguientes de la relación que existe con estos fenómenos biológicos y su vida diaria, así como las dificultades en su enseñanza-aprendizaje.

1.7. La relación del transporte de materiales a través de la membrana celular con la cotidianeidad de los estudiantes de bachillerato

Generalmente los adolescentes y haciendo referencia particular a los estudiantes del bachillerato, soportan sobre sus hombros entre otras cosas, la expectativa familiar y social del crecimiento, la madurez psicosexual, la presión de tener un cuerpo saludable y estético y al mismo tiempo están rodeados por cientos de productos comerciales que ofrecen beneficios idealizados por las campañas publicitarias como: *light*, *más proteína*, *cero grasas*, *cero azúcares*, *bajo en sodio*, etcétera (Bazan y Miño, 2015; Mas, *et al.*, 2015; Serra y Añanos, 2016).

Sin embargo, no todo lo que promete la publicidad es verdadero y una manera de discernir que es lo adecuado para el organismo es con el conocimiento biológico, donde los saberes de todo aquello que al cruzar o no las membranas de las células de nuestro cuerpo puede definir el estado nutricional e incluso la vida o la muerte de un organismo, se tornan esenciales para tomar la decisión de consumirlos o no. De tal modo que, si los adolescentes no saben esto, están completamente vulnerables a merced de las empresas deshonestas, fabricantes de productos (Bazan y Miño, 2015; Mas, *et al.*, 2015; Serra y Añanos, 2016).

Esto hace necesario que como parte una la cultura científica que se pretende los estudiantes adquieran en el bachillerato, se incluya el tema: transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular, ya que es fundamental para la comprensión de los fenómenos clave del funcionamiento celular y por lo tanto del individuo como un todo.

1.8. Las dificultades en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias: el caso del transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular en el bachillerato

Generalmente la enseñanza-aprendizaje de las ciencias presenta dificultad por la naturaleza de los conceptos involucrados ya que suelen tener un alto nivel de complejidad y de abstracción, por lo que a los alumnos se les dificulta explicar los hechos y fenómenos naturales con argumentos científicos, así se genera una visión negativa de ciencia como algo aburrido o sumamente difícil de entender.

A esto se le puede sumar la existencia de métodos de enseñanza discursivos y sin reflexión, en donde la mayoría de los profesores no relaciona los temas de clase con la vida cotidiana. Así, los estudiantes encuentran más dificultades en la comprensión de los contenidos, pues al carecer de significado para ellos se les dificulta su aprendizaje y a menudo se sienten frustrados e incluso pueden llegar a abandonar las materias (Pantoja y Covarrubias, 2013).

Como ciencia, la biología no es la excepción al encontrarse con estas problemáticas, y particularmente al abordarse temas celulares como en el caso del transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular, se han reportado deficiencias en su comprensión a nivel bachillerato, e incluso hasta a el nivel universitario. Parte del problema radica en el desconocimiento de la estructura y función celular, por lo que se carece de la habilidad para establecer diferencias funcionales, construir representaciones abstractas de las estructuras y procesos celulares (Flores *et al.*, 2000; Ángeles, 2013).

En estudiantes de bachillerato se ha detectado que el aprendizaje sobre estructura y función de la membrana celular es memorístico y se olvida rápidamente debido al carácter abstracto del concepto (Caballer y Giménez, 1993; Santofimio, 2013). Dentro de las dificultades que los estudiantes enfrentan para llegar a un aprendizaje significativo de la célula y en particular, del concepto de transporte a través de la membrana celular, en palabras de autores como García y colaboradores (2002) y Álvarez (2011), en sus estudios encontraron que:

“[...] No se comprende por completo la relación: estructura molecular, función celular, ni las funciones celulares que dependen de las macromoléculas y de las diversas interacciones de estas en las distintas estructuras celulares que constituyen” (García, *et al.*, 2002).

“[...] Los estudiantes no logran explicar con claridad qué ocurre a las células en medios hipotónicos e hipertónicos, no visualizan la importancia de conceptos como difusión facilitada o difusión simple; además, no reconocen la aplicabilidad de estas temáticas para la comprensión de conceptos posteriores como propagación de impulsos nerviosos y sinapsis” (Álvarez, 2011).

Otros autores como Caballer y Giménez (1993), Álvarez (2011) y Santofimio (2013), coinciden en haber detectado problemas similares, donde uno de los principales es la falta de comprensión de cómo este tema está relacionado con las estructuras celulares, y como es que se aplica para la comprensión de temas posteriores.

También Paczkowski y colaboradores (2010), encontraron fuertes evidencias de que los estudiantes presentan importantes lagunas cognitivas en la comprensión de los modelos que explican los procesos de transporte a través de la membrana celular, principalmente, con referencia a los conceptos de gradientes y de termodinámica, los estudiantes demostraron poseer conocimientos fragmentados sin lograr vincularlos. Por consiguiente, no pueden operar con los conceptos necesarios para construir un modelo de pensamiento biológico que explique los aspectos termodinámicos de los gradientes, relacionados con la energía libre que propulsan distintos procesos en los sistemas vivos.

Estas dificultades pueden en principio empezar a superarse si se cubren los cuatro ejes (evolucionista, histórico, relaciones sociedad-ciencia-tecnología y las propiedades de los sistemas vivos) que propone la ENCCH para construir el conocimiento biológico. De un modo sencillo se puede decir que desde el punto de vista del pensamiento evolucionista la membrana celular definió finalmente la existencia de la célula y la interacción membranal entre células participó de manera importante en la formación de organismos cada vez más complejos; desde el análisis histórico el término célula y el inicio de su conceptualización tiene su fundamento en la observación de los límites de las unidades estructurales del corcho; respecto a las relaciones sociedad-ciencia-tecnología sería importante recalcar a los estudiantes que prácticamente cualquier manipulación que se haga a un organismo vivo tiene que ser a través de la membrana de sus células constituyentes, por lo que es indispensable conocer detalladamente sus propiedades (forma y función).

Para tratar de superar estas dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de temas conceptualmente complejos de la ciencia, han surgido y se han desarrollado gran variedad de estrategias como alternativas para promoverlo. Entre ellas, el aprendizaje basado en problemas, el método de casos, la narrativa, la historieta, el aprendizaje por descubrimiento, los simuladores gráficos, los modelos, entre otros, para generar más y mejores aprendizajes (Díaz y Hernández, 2002).

Dada la característica abstracta de los procesos celulares y los antecedentes del uso de la historieta en la enseñanza, se postula a esta como una herramienta

pedagógica para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje significativo de los estudiantes, y dada su versatilidad como medio de comunicación, el docente encontrará en ella tanto el desarrollo de su propia creatividad, así como una mejora continua de sus habilidades de síntesis de la información y en el dominio de su disciplina al ser capaz de transformar los conceptos formales a figuras retóricas como las analogías para trasladar esa complejidad a fenómenos de la cotidianidad que el estudiante sea capaz de identificar y relacionar.

1.9. Ideas previas sobre la célula, la membrana celular y sus funciones

En la biología es importante manejar conceptos y términos específicos, así como un lenguaje correcto para favorecer que los alumnos comprendan cualquier contenido, por ejemplo, la forma y el funcionamiento de una célula. Cuando la terminología y los conceptos no son claros o no se relacionan entre sí, no generan esquemas mentales en los alumnos que limitan el aprendizaje a la memorización, por lo tanto, si tienen problemas para ubicar conceptualmente la unidad morfológica y funcional de la vida, no podrán comprender la estructura y funcionamiento de los organismos complejos (Totorikaguena, 2013).

La teoría celular vista conceptualmente es considerada muy compleja, ya que introduce conceptos celulares y moleculares de estructuras microscópicas como cromosomas, genes, ADN, membrana celular, proteínas transmembranales, etcétera. Tales niveles de microdimensionalidad están completamente fuera de la experiencia cotidiana de la mayoría de las personas, por lo que resulta muy difícil

que los estudiantes lo anclen a su estructura cognitiva. De modo que, dar el paso de la célula como unidad morfológica y funcional hacia fenómenos que ocurren a nivel orgánico o sistémico en un ser vivo complejo macrodimensional, como por ejemplo el ser humano, resulta prácticamente imposible.

Además, la integración de los aspectos microespaciales y macroespaciales de los sistemas biológicos se complica porque los procesos ocurren a diferentes escalas de tiempo. Así, por ejemplo, el comportamiento de átomos y moléculas ocurren en rangos de milisegundos a segundos, los orgánicos en minutos, horas, días y años, mientras que los de orden ecosistémico en decenios, cientos o hasta miles de años.

Es por estas razones entre otras que los temas de biología en general deban abordarse desde dos ámbitos diferentes: el observacional y el explicativo, el primero permite hacerse una idea empírica del fenómeno (espacial y temporalmente), y todas las personas de una u otra manera así los aprenden, de modo que cuando se afronta el aprendizaje de nuevos contenidos biológicos no se tiene un total desconocimiento acerca de los mismos. A través de la propia experiencia y diversas fuentes se ha recibido información sobre ellos para construir concepciones propias o ideas previas, que hacen referencia a concepciones que no han sido transformadas por la acción docente en el aula y que pocas veces coinciden con las que se consideran científicas (Caballer y Giménez,1993).

El segundo, es necesario para avanzar en el proceso de aprendizaje con información científicamente correcta y requiere en general la guía docente. Es precisamente en el ámbito explicativo (que incluye conceptos más abstractos) donde se pueden dar respuestas a algunas cuestiones asociadas a los fenómenos ya observados. Sin embargo, como se ha mencionado, algunos fenómenos escapan a la propia experiencia observacional por sus dimensiones espacio-temporales, es decir o son muy pequeños o muy grandes y temporalmente pasan inadvertidos; y de ellos en el ámbito escolar solo obtenemos información explicativa, por ejemplo la células, sus componentes como la membrana celular y su constitución molecular; es aquí donde se considera que las analogías pueden jugar un papel fundamental, que aportan ideas en el ámbito observacional que es indispensable para completar el conocimiento del proceso biológico.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En cuanto al bachillerato en México, desde su nacimiento en 1867, ha presentado diversas incongruencias, desde haber surgido como una política derivada de la educación superior, que no cuenta con una planeación robusta y articulada, hasta la falta de una integración vertical y continuidad entre el *currículum* de niveles básicos con el nivel medio superior, y entre éste y el superior. Cada uno de estos niveles presenta distintas orientaciones, en las que no existe una integración horizontal, vinculación, o comunicación entre las distintas modalidades de la EMS, como tecnológica, general y particular (Gutiérrez, 2009).

Estos inconvenientes se trasladan a uno de los más importantes ejes socioculturales: la ciencia, que históricamente ha sido señalada de ser presentada en las aulas de un modo que conserva dogmatismo y abstracción formalista carente de significatividad para los estudiantes, dado que se ha centrado la enseñanza de la ciencia en aspectos conceptuales, que dificultan, contradictoriamente, el aprendizaje conceptual (OREALC/UNESCO, 2005).

Podría pensarse que esto se ha empezado a transformar en al menos los últimos quince años, no obstante, se siguen presentando múltiples inconvenientes en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, donde la mayor parte de los alumnos egresan sin conocimientos científicos significativos y que difícilmente pueden integrarlos y aplicarlos a la resolución de problemas de la vida cotidiana (Ramírez, 2011; Ángeles 2013).

Respecto a una de las disciplinas científicas que se imparte como materia de carácter obligatorio en el bachillerato, se encuentra la biología. A la que, entre otras cosas, se le ha criticado de ser ambigua para los alumnos, en el concepto fundamental y objeto de su estudio: el ser vivo. Se les enseña que todo ser vivo presenta estructura celular, es decir está constituido por una o muchas unidades estructurales llamadas células y que tienen las mismas propiedades del todo. El ser vivo se les modela como un sistema complejo en constante interacción con su medio, a través de su estructura y la dinámica de sus funciones (García, *et al.*, 2002; Gómez, 2009).

Esta problemática no es ajena dentro de la UNAM y sus bachilleratos, particularmente, en la ENCCH y la materia de biología presenta ciertos obstáculos en la enseñanza-aprendizaje que se hacen más evidentes en temas celulares o moleculares, los cuales requieren de un alto nivel de abstracción e integración de conocimientos tanto de la propia disciplina y otras como química o física (Ramírez, 2011; Ángeles 2013).

En esta investigación que aborda específicamente el tema de transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular (ubicado en el programa de estudios de la asignatura de biología I de la ENCCH de 2003), se tiene evidencia de la enseñanza-aprendizaje, donde la forma de abordarlo es comúnmente por medio de imágenes que acompañan al texto en los libros de biología general, no obstante, éstos son modelos estáticos que en su mayoría requieren un alto nivel de abstracción por parte del alumno para ser comprendidos, por lo que pueden llegar a presentar un problema en el aprendizaje del tema ya que el nivel de

comprensión de la célula y sus procesos, es en su mayoría desarticulado e indiferenciado de lo que es un ser vivo (Flores y colaboradores, 2000; Ángeles, 2013).

Esto puede ocurrir a causa de numerosas ideas previas adquiridas en niveles educativos anteriores o en los medios de comunicación, por desconocimiento, por la poca habilidad para establecer diferencias funcionales, así como para construir representaciones abstractas de las estructuras y procesos celulares (Flores y colaboradores, 2000; Ángeles, 2013).

Con un objeto de estudio poco claro, es comprensible que resulte problemático comunicar el conocimiento biológico en forma verbal con la mayor objetividad posible, y una comunicación deficiente puede omitir información importante que ahonde las dificultades. Las descripciones verbales o escritas señalan los rasgos básicos de un objeto (por ejemplo, la célula) en forma exhaustiva, pero llegan a ser poco claras en su mayoría si no hay un referente mental claro de lo que se está hablando.

Este problema puede ser superado si la comunicación verbal se acompaña con imágenes adecuadas, ya que estas apoyan los mensajes científicos en prácticamente todas las ciencias experimentales. Actualmente las imágenes ocupan un espacio creciente en los materiales que se proponen y utilizan para enseñar ciencias: las fotografías, dibujos, diagramas, gráficos, videos e historietas, (Glenberg y Langston 1992, Velazco y Navarro, 2009; Maturano, *et al.*, 2009; Otero, 2003).

La historieta con su lenguaje narrativo aunado al uso de analogías, resulta un medio versátil para abordar temas de ciencias complejos en su enseñanza, además presenta un gran potencial como herramienta pedagógica para favorecer el aprendizaje significativo, así, esta se convirtió en la propuesta de este estudio que se probó en las aulas de la ENCCH y sus alumnos con el tema específico: *“transporte de materiales a través de la membrana celular: procesos pasivos y activos”*, cuyo modelo biológico es la difusión simple y facilitada para el transporte pasivo y la bomba Na^+/K^+ en el caso del transporte activo.

3. JUSTIFICACIÓN

El aprendizaje de las ciencias tiene dificultades clásicas, tales como: la estructura lógica de los contenidos conceptuales, el nivel de exigencia de estos y la influencia de los conocimientos previos del alumno. Investigaciones recientes han centrado sus estudios en los factores de concepción epistemológica de los alumnos, y han encontrado que existe una amplia evidencia que muestra que los alumnos analizan los problemas científicos utilizando metodologías superficiales o conceptos cotidianos poco útiles para los contenidos científicos (Campanario y Moreira, 1999).

Los alumnos llegan a las aulas de ciencia con *conceptos científicos intuitivos*, por lo que uno de los objetivos de la educación científica sería cambiar esas concepciones a favor del conocimiento científico formal. La alfabetización científica plantea nuevos retos, promoviendo nuevas formas de conocimiento, alejando la inmediatez y la naturalidad de los conocimientos intuitivos, esperando que la ciencia se convierta en una herramienta social para generar nuevas capacidades en los ciudadanos, promoviendo nuevas formas de conocimiento (Pozo, 1989).

Por otro lado, el entorno en que habitamos se encuentra cargado de símbolos e imágenes que cobran gran importancia al ser emisoras de mensajes con un alto valor y significado para la sociedad moderna. En el caso de la historieta, al tratarse de un medio de comunicación gráfica sirve como vehículo para acercar a los jóvenes lectores, en su mayoría adolescentes, con fenómenos sociales. Se

convierte así en un recurso explotable, debido a los elementos narrativos y gráficos que en ella se encuentran, se pueden abordar y plasmar en ella innumerables temáticas, desde el clásico conflicto entre el bien y el mal, hasta ser utilizadas para divulgar tópicos de medicina, ciencias naturales, tecnológicos, entre otros considerados sólo para el público especializado en el área, mostrando ser una herramienta efectiva al trasladar conceptos complejos a un lenguaje entendible y más amigable para el grueso de la población que no está familiarizada con la temática.

El uso de la historieta en el aula, se ha demostrado que es una herramienta pedagógica eficiente en la enseñanza de las ciencias, que es concebida como soporte para el docente que motiva a los estudiantes hacia temáticas que requieren un nivel más elevado de abstracción y promueve la superación de muchos de los obstáculos en el aprendizaje, como ideas previas que son erróneas, puesto que en la historieta se hace uso del lenguaje científico como parte de la sintaxis que se encuentra en la narrativa de esta.

Aunado a la guía del docente y a las clases, brinda la posibilidad al estudiante de relacionar conceptos referentes a la temática, a través de las situaciones que se presentan a lo largo de la historieta, lo cual resulta significativo y favorece el aprendizaje del alumno al integrar las nuevas ideas con las estructuras mentales previas. Es por lo que se propone utilizar el medio de la historieta como una herramienta pedagógica que promueva el aprendizaje significativo de un tema que incluye numerosos conceptos de carácter complejo como lo es el transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar el uso de la historieta como herramienta pedagógica para favorecer el aprendizaje significativo del tema: transporte de materiales a través de la membrana celular (procesos pasivos y activos).

4.2. Objetivos particulares

- 1) Elaborar una propuesta narrativa para explicar el tema: transporte de materiales a través de la membrana celular (procesos pasivos y activos).
- 2) Diseñar una estrategia didáctica donde se incluya el uso de la historieta como herramienta pedagógica para favorecer el aprendizaje significativo del tema: transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular.
- 3) Evaluar cómo los elementos narrativos y gráficos que posee la historieta coadyuvan para el aprendizaje significativo del tema con la adaptación del modelo RIRC.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. Recuperación de la información

La literatura especializada que conforma a los ejes teóricos que sustentan la presente investigación partió de la pregunta base que fue: ¿es la historieta una herramienta pedagógica que pueda facilitar el aprendizaje significativo de los alumnos de bachillerato para el tema: transporte de materiales a través de la membrana celular? Así, a través de la recuperación de la información se obtuvo literatura digital y electrónica, así como impresa, la cual incluyó en su gran medida: artículos de revisión, artículos especializados, tesis, libros, planes y programas de estudios y portales *web* oficiales de instituciones públicas, gubernamentales y educativas. Los pasos que se siguieron en la recuperación de la información se muestran en la Figura 6.



Figura 6. Etapas que componen a la recuperación de información

Con base en la información recabada, se prosiguió al diseño metodológico que incluyó una estrategia didáctica donde se elaboró la narrativa base o guion para la posterior adaptación a la historieta por parte de los alumnos, la cual se evaluó posteriormente. En los siguientes apartados se explica con mayor detalle en qué consistió cada uno de los puntos de la propuesta metodológica utilizada en la presente investigación.

5.2. Diseño de la estrategia didáctica

5.2.1. Estructura didáctica

Con base en el programa de estudio de 2003 de la asignatura de biología I de la ENCCH, se identificó: el propósito general de la unidad, los objetivos de aprendizaje conceptuales, procedimentales y actitudinales para el tema: *transporte de materiales a través de la membrana celular: procesos activos y pasivos*. A partir de los cuales se fundamentó el propio propósito general, así como los objetivos de aprendizaje para la presente estrategia didáctica (consultar ANEXO IV para mayor detalle), los cuales se presentan a continuación:

Propósito

El alumno será capaz de identificar y relacionar a las estructuras tanto celulares como moleculares fundamentales con sus funciones particulares, que en conjunto participan en el proceso de transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular; así como relacionar el fenómeno con su vida cotidiana.

Objetivos conceptuales

- 1) Identifica los componentes celulares (estructuras subcelulares) y su función en los procesos que dan lugar al transporte pasivo y activo a través de la membrana celular.
- 2) Distingue los dos tipos de transporte a través de la membrana celular.
- 3) Relaciona fenómenos presentes en su cotidianidad con los procesos del transporte activo y pasivo de materiales a través de la membrana celular.

Objetivos procedimentales

- 1) Expresa en forma escrita y gráfica cómo se llevan a cabo los procesos pasivos y activos del transporte de materiales a través de la membrana celular, por medio de la historieta.
- 2) Hace uso de sus habilidades manuales, artísticas y estéticas para la elaboración de su historieta.
- 3) Usa habilidades de expresión verbal, incluido el lenguaje científico, para divulgar a sus compañeros de clase el contenido de su historieta.

Objetivos actitudinales

- 1) Reconoce la importancia de los procesos de transporte de materias a través de la membrana celular para el funcionamiento y mantenimiento integral una célula.
- 2) Aprecia la importancia de los procesos de transporte de materias a través de la membrana celular para el funcionamiento y mantenimiento integral de un ser vivo.

- 3) Valora la importancia de desarrollar la comunicación con sus compañeros, así como las críticas constructivas alrededor de su trabajo (historieta).

5.2.2. Estructura conceptual

La selección del contenido disciplinar también se fundamenta en el programa de estudios de biología I de la ENCCH de 2003 (DGIRE, 2016), del cual se consideraron tanto los temas que le anteceden como: *estructuras celulares y sus funciones*, así como los que le suceden, por ejemplo: *concepto e importancia del metabolismo*, al tema concerniente al transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular (para mayor descripción de materias antecedentes y consecuentes ver ANEXO IV), así como la transversalidad de este en otras asignaturas como química.

Una vez delimitado el contenido disciplinar que abarcó la estrategia didáctica, se continuó con una selección de conceptos claves para el aprendizaje de dicho tema (Figura 7), los cuales fueron utilizados posteriormente para la elaboración de una narrativa que fungió como la base teórica para llevar a cabo la estrategia didáctica de la historieta.

| Conceptos clave | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Célula | Difusión facilitada |
| Fosfolípidos | Transporte activo |
| Membrana celular | Adenosín trifosfato (ATP) |
| Proteínas transportadoras | Bomba Na ⁺ /K ⁺ |
| Gradiente de concentración | Fosforilación |
| Transporte pasivo | Cambio configuracional |
| Difusión simple | Homeostasis |

Figura 7. Estructura conceptual del transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular.

Cabe destacar que estos conceptos fueron abordados dentro de la narrativa como analogías que los alumnos usarían como base para elaborar su historieta o sus propias analogías, las cuales se analizaron como parte de la *contextualización* del método RICC (adaptación del método RIRC que se explica en el apartado 5.2.3.3).

5.2.3. El diseño de la historieta

La historieta fue la herramienta pedagógica utilizada para tratar el tema de transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular en el aula. Esta fue diseñada a partir de una narrativa que fungió como la base y que se adaptó al formato propio de una historieta. Cabe aclarar en este punto, que la adaptación a la historieta fue hecha por los propios alumnos que participaron en el presente estudio, mientras que la narración o cuento base, fue elaborada por el docente que realizó esta investigación.

5.2.3.1. La narrativa en la historieta

Uno de los componentes fundamentales de la historieta fue la narrativa, la cual explicó el proceso del transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular por medio de un lenguaje sencillo, en el cual, el uso de las analogías fue de gran apoyo para que se lograran explicar los conceptos clave o principios activos, y a la par se lograran relacionar los procesos con las estructuras y elementos celulares que participan, así como la relación de estos con fenómenos de su vida cotidiana.

Es importante destacar que esta relación con fenómenos de su cotidianidad fue abordada en dos sentidos: 1) al representar el proceso biológico en un contexto familiar para ellos a través de las analogías y 2) en la presentación de la historita de los alumnos, donde al final se discutió y analizó individual y grupalmente las consecuencias celulares y orgánicas en el ser humano (relación estructura-función) del consumo de bebidas rehidratantes, bajas en sodio e incluso el efecto del veneno de animales como las serpientes.

La historieta que se presentó lleva como título *Los tres hermanos* (ANEXO I), la cual nos cuenta las peripecias por las que tienen que pasar los tres personajes principales que son hermanos para lograr atravesar una frontera (como analogía de la membrana celular).

5.2.3.2. La representación icónica de la historieta

La técnica del *collage*⁹ fue utilizada para la representación gráfica de la historieta, esta técnica consistió esencialmente en pegar sobre una superficie materiales distintos a ésta, en este caso, los personajes estaban previamente elaborados, es decir, eran imágenes libres de diversas caricaturas que se obtuvieron de portales web (ANEXO III), que se montaron en los escenarios que los alumnos crearon previamente en las viñetas, a las cuales les incorporaron el componente verbal para hacer la adaptación de la narrativa o cuento base.

5.2.3.3 Evaluación de la historieta con la adaptación del método RIRC a RICC

El método para evaluar a la historieta como herramienta pedagógica para facilitar el aprendizaje significativo del tema transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular, comprendió el análisis de diversos elementos verbales e icónicos que conformaron a la historieta que los alumnos realizaron.

En esta evaluación se adaptó el modelo de RIRC: *recuento, identificación, recuerdo y contextualización* (Negrete, 2014), al modelo RICC, cuya variable distinta es: *citas ad verbatim* que se cambió por el *recuerdo*. Esta nueva variable hace referencia a las citas textuales de la narrativa original *Los tres hermanos* que se encontraron en las historietas de los estudiantes participantes y será explicada con mayor detalle en los apartados posteriores.

⁹Collage se le denomina a la técnica de pegar sobre una superficie cualquiera recortes de papel, telas, trozos de cartón, tela, entre otros materiales diversos (Mayer, 1985).

Como ya apuntó, el método evalúa funciones cognitivas que reflejan distintos grados de aprendizaje y a continuación se explica cómo fueron adaptadas dichas variables del RICC:

Recuento

El recuento fue evaluado a través del componente verbal de la historieta adaptado a partir de los diálogos y descripción de las situaciones y/o escenarios que se narran en la narración original *Los tres hermanos*.

Identificación

En los conceptos biológicos clave o principios activos de la narración y en los elementos icónicos de la historieta, es donde se llevó a cabo la identificación. Es importante señalar de nueva cuenta que los principios activos fueron tratados como analogías dentro de la narrativa base, del mismo modo sus representaciones por medio de los escenarios o situaciones se toman en cuenta para esta evaluación.

Citas ad verbatim

Estas evaluaron mediante las analogías citadas textualmente del cuento base y que los alumnos conservaron sin cambios a lo largo de la narración en la historieta, estas *citas ad verbatim* fueron la sustitución del *recuerdo* del método RIRC (Negrete, 2014), por lo que se sustituye la inicial R de *recuerdo* por la C de *citas ad verbatim*, por lo que a partir de este punto se seguirá haciendo referencia al método como RICC.

Contextualización

Estas se evaluaron los elementos narrativos e icónicos propios de cada alumno, es decir, las situaciones o escenarios alternativos a la historia original, por ejemplo, dar un final diferente e incluso añadir algún nuevo personaje. Cabe aclarar que para lograr observar esta tarea cognitiva se les dio libre albedrío a los alumnos para la adaptación de la narrativa base, no obstante, cualquier cambio debía guardar coherencia con la explicación biológica fundamental del proceso pasivo y/o activo del transporte de materiales a través de la membrana celular.

5.3. Aplicación de la estrategia didáctica

5.3.1. Descripción de los grupos participantes

La intervención docente se llevó a cabo la ENCCH, plantel Sur, durante los semestres 2017-1 y 2017-2, que corresponden con la impartición de las materias: biología I y biología IV, cabe aclarar que el hecho de haber puesto a prueba la estrategia didáctica es estos grupos se debe a la disponibilidad de estos y que dependió del semestre en el cuál se encontraban.

En la primera intervención docente (2017-1), participó un grupo de la asignatura de biología I de 20 alumnos del turno vespertino, mientras que para la segunda (2017-2) de la materia de biología IV, fueron dos grupos: 14 alumnos del turno vespertino y 26 alumnos del turno matutino, dando un total de 60 alumnos que estaba en un rango de edad que iba de los 16 a los 18 años.

5.3.2. Secuencia de la estrategia didáctica

La estrategia didáctica se realizó en dos sesiones de 120 minutos cada una, para cada uno de los semestres, estas fueron estructuradas con base en el propósito y objetivos de aprendizaje propuestos para la investigación. A continuación, se describe el apartado de la planeación didáctica para la segunda sesión, donde se utilizó a la historieta como herramienta pedagógica para explicar el tema “transporte de materiales a través de la membrana celular: procesos pasivos y activos”, la planeación completa se muestra en el ANEXO IV.

5.3.3. Elaboración de la historieta en el aula

La actividad llevó por título: *¡Hagamos una historieta!* y se desarrolló dentro de las aulas con los alumnos, a continuación, se describen las fases en las que esta constó.

- 1) A cada alumno se le proporcionó una copia con la narrativa *Los tres hermanos*, enseguida se procedió a su lectura individual y finalmente se realizó una plenaria grupal donde se discutió brevemente la historia entre los alumnos y el docente, que permitió a la par, indagar si hubo algún elemento que resultó ambiguo en la narración, en los conceptos biológicos involucrados o en las analogías utilizadas.
- 2) Una vez realizada la lectura, se les dieron las instrucciones necesarias para la elaboración de la historieta, explicando los elementos que deberían conformarla y la extensión de esta, de tal modo que se contara con un formato estandarizado (ANEXO II).

En este punto se hizo explícito que los alumnos tendrían la libertad de realizar la adaptación de la historia y darle giros alternativos a la misma, procurando conservar el sentido original y coherencia con el tema biológico que se estaba trabajando.

- 3) Después se les otorgó a los alumnos el material necesario para continuar con la producción de la historieta, este consistió en un paquete con recortes de personajes animados y hojas blancas. Los alumnos tendrían que dibujar su escenario biológico, pegar los personajes, y añadir los textos narrativos-explicativos.
- 4) La realización de la historieta contó con un tiempo limitado a 40 minutos.
- 5) Enseguida de haber concluido la adaptación, los alumnos pasaron frente al grupo a realizar una breve exposición (máximo 5 minutos) de su historieta, en la cual se permitieron intervenciones del docente, con la finalidad de dar la retroalimentación al trabajo de los alumnos.
- 6) Luego de la exposición la historieta fue entregada al profesor.

Terminada la aplicación de la estrategia didáctica, se prosiguió a la recopilación de la información de cada una de las historietas, para analizar y tratar de valorar la función de esta herramienta pedagógica como facilitadora del aprendizaje significativo del tema, transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular.

6. RESULTADOS: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Las historietas producidas por los alumnos de la ENCCH Sur, se recopilaron en el transcurso de tres intervenciones docentes en dos semestres distintos, las cuales corresponden a: 21 historietas del semestre 2017-1 del grupo 351 del turno vespertino (biología I); 26 correspondientes al grupo 365 del turno matutino (biología IV) y 13 grupo 851 del turno vespertino (biología IV), ambos grupos del semestre 2017-2.

Es importante señalar que en este análisis no se hace distinción ni comparación entre los grupos de estudiantes que participaron, puesto que: 1) no son iguales las proporciones de alumnos presentes en cada uno de ellos, 2) los grupos no coinciden en el tiempo ni espacio en el que se realizó la intervención docente y 3) no concierne a los objetivos propuestos en la investigación hacer una categorización del desempeño de las distintas poblaciones estudiantiles.

Por lo tanto, los resultados son presentados como un solo grupo representado por 60 alumnos, donde se describe la presencia y ausencia de las variables de la adaptación del método RICC, así como su análisis e interpretación a través del contenido verbal e icónico de cada una de las historietas.

El análisis del RICC partió de una matriz de datos binaria donde: 0 significa ausencia (NO) y 1 presencia (SÍ), fue procesada con el *software* estadístico SPSS 20.0 (IBM, 2011 ®), con el cual se obtuvo la descripción de la población en términos de frecuencias absolutas (total de observaciones) y sus porcentajes e histogramas correspondientes.

El análisis de resultados inicia con información complementaria al RICC, que aportan dos variables: 1) el tipo de transporte de materiales (pasivo y/o activo) a través de la membrana celular que se representó en las historietas y 2) el tipo de ficción encontrado en la historieta, es decir, si la ficción que se utilizó conservó la base teórica del proceso biológico, o bien, se enfocó en los elementos de fantasía y salió del contexto científico.

Después, se muestra una vista general de los resultados que se obtuvieron al evaluar la historieta como herramienta pedagógica para facilitar el aprendizaje significativo a través del RICC. Los apartados subsecuentes tienen como finalidad hacer una revisión extensa a las variables: *recuento, identificación, citas ad verbatim y contextualización*.

De modo adicional, se considera la percepción de los alumnos hacia la historieta, de tal forma, se presenta la opinión general respecto a su experiencia en las clases al usarla para abordar el tema de transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular.

6.1. La representación y la ficción en la historieta

Como antes se mencionó, además de las variables del método RICC se analizaron dos elementos más que aportaron información complementaria: 1) el tipo de transporte de materiales a través de la membrana celular (pasivo, activo, ambos o ninguno) que se representó en las historietas y 2) el tipo de ficción, es decir, si la ficción que se utilizó en la historieta tiene como base el proceso

biológico, o bien, si solo se centró en el componente ficticio que no pertenece a la explicación científica del fenómeno biológico.

Cabe recordar que, durante la intervención docente, se les brindó a los alumnos la opción de adaptar en su historieta el tipo de transporte que ellos quisieran, con la finalidad de no condicionar los resultados. Así, las opciones de “ambos” y “ninguno”, se incluyeron dentro las categorías del análisis y esta última opción, está relacionada con el tipo de ficción que será explicada más adelante.

En la representación del transporte de materiales a través de la membrana celular hubo una frecuencia mayor al 65% para el tipo activo, un poco más del 11% en el caso del transporte pasivo, solo el 5% para ambos y en el 16.7% de los casos no se representó ninguno (Tabla 1 y Figura 8).

Tabla 1. Frecuencias absolutas y sus porcentajes correspondientes al tipo de transporte de materiales a través de la membrana celular representado en la historieta y tipo de ficción.

| Tipo de transporte representado | Frecuencia absoluta (n=60) | Porcentaje válido % |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| <i>Pasivo (difusión simple y facilitada)</i> | 7 | 11.7 |
| <i>Activo (bomba Na⁺/K⁺)</i> | 40 | 66.7 |
| <i>Pasivo y activo</i> | 3 | 5.0 |
| <i>Ninguno</i> | 10 | 16.7 |
| Tipo de Ficción | Frecuencia absoluta (n=60) | Porcentaje válido % |
| <i>Con base en el proceso biológico</i> | 50 | 83.3 |
| <i>Solo ficción</i> | 10 | 16.7 |

Es importante señalar que la elección de los alumnos por representar uno u otro tipo de transporte tiene una relación directa con los resultados de la identificación y las *citas ad verbatim*, por ejemplo: se encontró en menor proporción el transporte pasivo, entonces el uso de los principios activos que se utilizaron para explicarlo tiene una frecuencia igualmente menor y lo mismo se aplica para las *citas ad verbatim* y ocurre el caso contrario para el transporte activo que obtuvo una mayor representación y por lo tanto las frecuencias que se presentan son mayores (Figura 8).

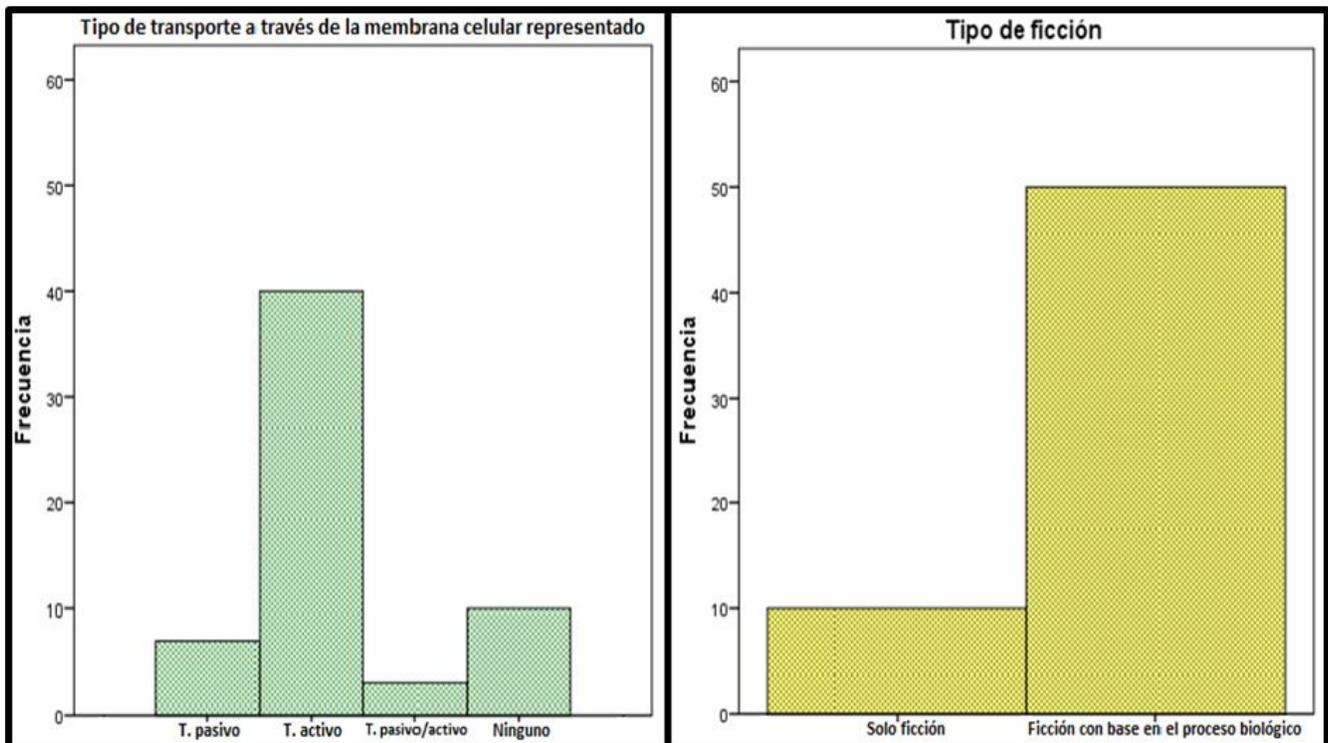


Figura 8. Histogramas de frecuencias absolutas del tipo de transporte de materiales a través de la membrana celular y tipo de ficción representada en las historietas. Donde se representó: el transporte pasivo con un 11.7%, el transporte activo con 66.7%, ambos tipos de transporte con 5% y ninguno con el 16.7% de un total de 60 alumnos que representan el 100%. De los cuales corresponden a un 83.3% cuyas representaciones siguieron el proceso biológico, mientras que el 16.7% tomaron solo el componente ficticio de la narración.

Aunado a este elemento de la representación, está el tipo de ficción empleada, en el cual este mismo porcentaje (16.7%) pertenece a aquellas historietas que solo tomaron el elemento ficticio presente en la narrativa y derivó en casos fuera del contexto biológico, como se muestra en la Figura 8, y aunque se conservaron algunas *citas ad verbatim*, como el nombre de algunos personajes o de la ciudad, solo formaron parte de la fantasía.

En este 16.7% de los casos que se catalogaron como solo ficción, se tomó en cuenta que no estuvo presente el recuento ni la identificación de principios activos, así como tampoco la contextualización (Figura 9). Esta variable aporta información valiosa ya que indica un punto clave a tratar en el uso de este tipo de herramienta pedagógica: el equilibrio del componente científico y el ficticio a lo largo de toda la narrativa, en el que se debe guardar mayor cuidado, así como en el uso de analogías, de modo que el trabajo del docente al elaborar este tipo de material implica el dominio de su área de conocimiento, además de la creatividad para el traslado de los conceptos formales a figuras análogas que sean familiares a la realidad de los estudiantes.

Respecto a esto, autores como Johnson y colaboradores (2009); Jiyeon y colaboradores (2017), Williams (2012), Akesson y Oba (2017), que pusieron a prueba el uso de la historieta como una herramienta pedagógica mediadora del aprendizaje, coinciden al señalar que es de suma importancia mantener la proporción entre la fantasía y la realidad, además de conservar la identidad y reconocimiento de los personajes con el público al que va dirigido.



Figura 9. Ejemplo de la representación de la ficción (alumno del grupo 851). En este caso no se observan representados los conceptos básicos que explican el transporte pasivo y/o activo de materiales a través de la membrana celular, tampoco se encuentran los principios activos tanto en la identificación como en el recuento, por lo que no se llega a la contextualización y los personajes de la narrativa base son desviados solo hacia la ficción.

Además de mantener este equilibrio al que se hace mención, es importante no perder de vista que se introducen nuevos conceptos a lo largo de la narrativa que fue adaptada por los estudiantes a la historieta, en la cual se tienen que considerar algunos de los aspectos del aprendizaje significativo que menciona Ausubel (1983), al momento de formular nuevos conceptos, y es que los individuos son libres y pueden elegir aquellos atributos a los que les darán mayor prioridad y en los cuales se van a concentrar, por lo que se les puede dotar de mayor o menor subjetividad e idiosincrasia, entonces, la realidad que expresa un concepto va a determinar qué tan útil es para su propia estructuración del conocimiento así como en sus actividades de aprendizaje, resolución de problemas y de comunicación.

6.2. RICC: *recuento, identificación, citas ad verbatim y contextualización*

Respecto al recuento (recuento *grosso modo* de la narrativa), se llevó a cabo por más del 80% de la población estudiantil, ocurre lo mismo para la identificación (principios activos), así como para las *citas ad verbatim* utilizadas, lo cual es un indicio de la potencialidad de la historieta para abordar el tema en un lenguaje sencillo que sea precursor del aprendizaje significativo. No obstante, en la contextualización se obtuvo que apenas el 38% de los alumnos la lograron (Tabla 2 y Figura 10) en sus historietas.

Tabla 2. Frecuencias absolutas y porcentajes correspondientes a las variables del RICC

| Variable | Frecuencia (n=60) | | Porcentaje válido % | |
|--------------------------|----------------------|----|---------------------|------|
| | Sí | No | Sí | No |
| <i>Recuento</i> | 51 | 9 | 85.0 | 15.0 |
| <i>Identificación</i> | 51 | 9 | 85.0 | 15.0 |
| <i>Citas ad verbatim</i> | 51 | 9 | 85.0 | 15.0 |
| <i>Contextualización</i> | 23 | 37 | 38.3 | 61.6 |

En este análisis general se aprecia que en al menos tres de las cuatro variables hay una tendencia hacia una evaluación positiva hacia la historieta como facilitadora del aprendizaje significativo, donde el lenguaje en su forma tanto narrativa como icónica, son el conducto para favorecer la relación del nuevo conocimiento con aquel que ya residía en el alumno (ideas de anclaje) y dar paso a la formación de nuevos conceptos.

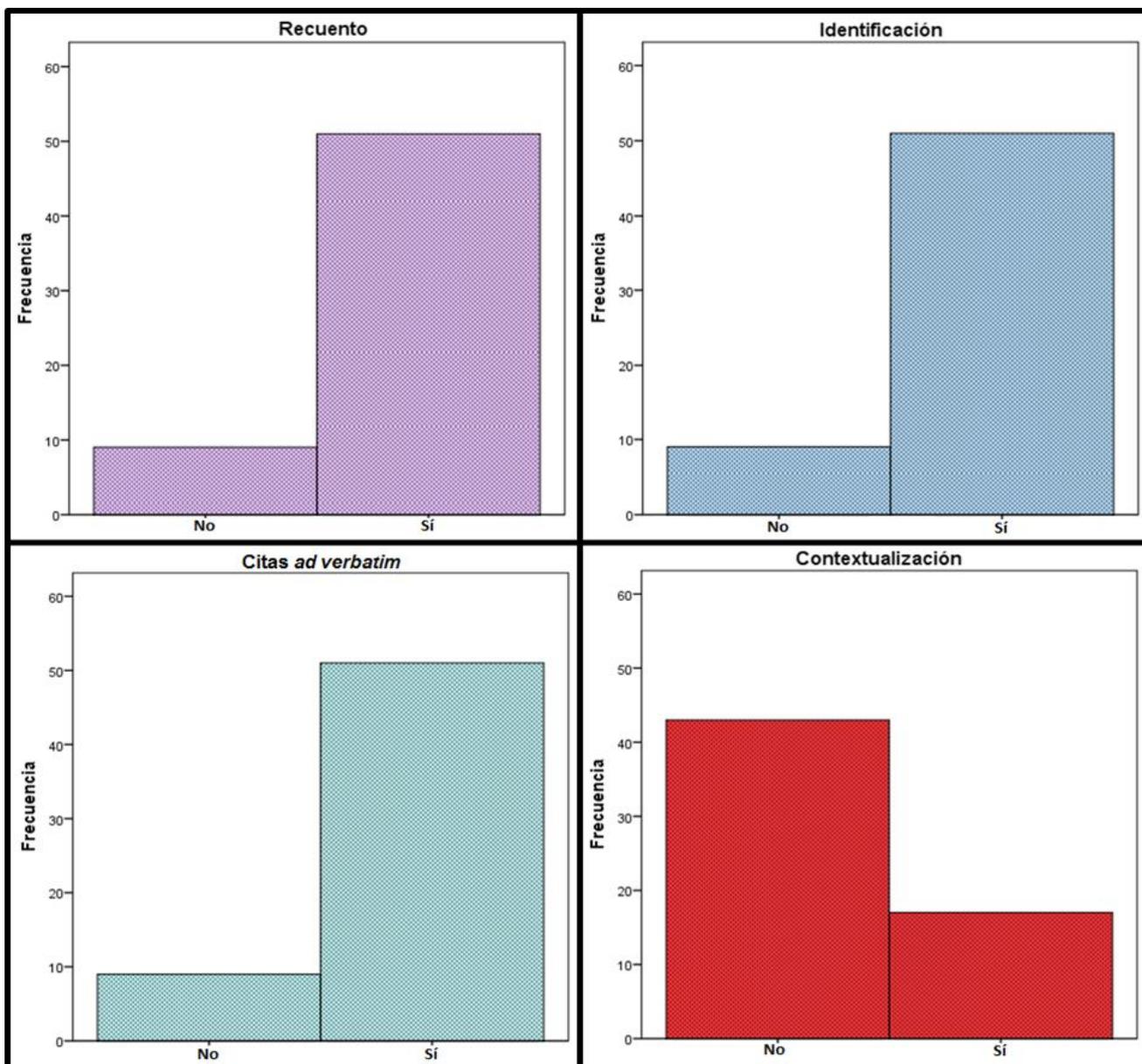


Figura 10. Histogramas de frecuencias de las variables del RICC. El *recuento*, la *identificación* y las *citas ad verbatim* se encontraron con una frecuencia del 85% para cada una, mientras que la *contextualización* se observó en el 38.3% de un total de 60 trabajos que representan al 100% del alumnado.

En los siguientes apartados se explicará cada una de las variables del RICC con mayor detalle, así mismo, se mostrarán ejemplos de las observaciones realizadas en los trabajos de adaptación de los alumnos.

6.2.1. Recuento

Como se aprecia en los resultados de los que se acaba de hacer mención, el recuento estuvo presente en más del 85% de las historietas, esta variable que alude a una acción con un grado cognitivo básico, por lo que solo toma en cuenta como fue representada la historia de *Los tres hermanos* por los alumnos luego de leerla, es decir, cómo vuelven a narrar la historia a través de los íconos y el texto, como se muestra en la Figura 11.

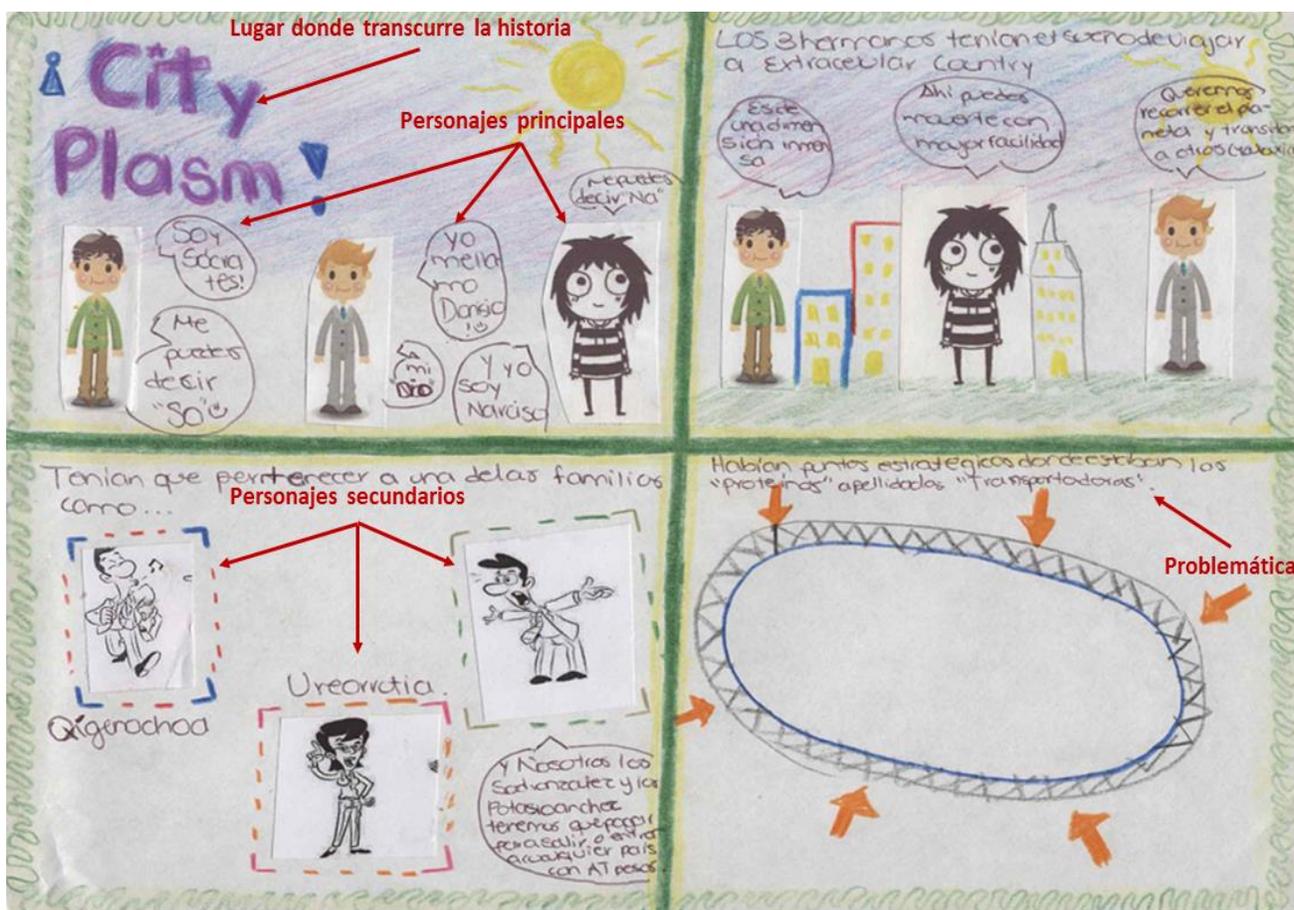


Figura 11. Ejemplo del *recuento* (alumno del grupo 635). En la historieta se observan elementos narrativos e icónicos que vuelven a narrar de manera general al cuento original, por ejemplo, se hace mención del lugar donde transcurre la historia, personajes principales y secundarios que intervienen en la historia, así como la problemática general.

Este alto porcentaje de estudiantes que en sus historietas lograron hacer el recuento o la paráfrasis de la narrativa original (85%), muestra también que los conceptos biológicos clave o principios activos presentados en forma de analogías tienen un gran potencial para ser anclados con los conceptos previos de los alumnos y que estos pueden ser guiados para la formación de un aprendizaje significativo.

En los estudios de Negrete (2013) y Ortiz López (2016) donde se aplicó el método RIRC, para la evaluación de narrativas de contenido científico se observó que la cantidad de conceptos es también un factor para que se logre el recuento, ya que un uso excesivo de ellos en la narración puede obstruirlo, de modo que al momento de construir este tipo de materiales el docente debe procurar hacer un uso moderado pero suficiente de estos.

Por otro lado, es importante señalar que realizar esta tarea del recuento implica también que en la narración que se les presentó a los estudiantes, estos lograron discriminar la información importante que le daba sentido al proceso biológico del transporte de materiales a través de la membrana celular, por lo que esto marca la pauta para continuar con la *identificación*, la *citas ad verbatim* y la *contextualización* en las historietas.

6.2.2. Identificación

La *identificación* corresponde a los principios activos contenidos en el lenguaje escrito e icónico de las historietas, estos son clave para entender y explicar cómo se lleva a cabo el transporte (pasivo o activo) de materiales a través de la membrana celular. Como se mencionó en el apartado anterior, la frecuencia con la que se

presentaron está relacionada con la preferencia por la representación del tipo de transporte de materiales y no quiere decir que haya un mayor grado de complejidad para unos que para otros.

Así, los principios activos o conceptos biológicos que se utilizaron para explicar la difusión simple o la difusión facilitada (transporte pasivo) son apenas el 15% mientras que un 73% corresponde al transporte activo que coincide con la mayor frecuencia de representación (Tabla 3 y Figura 12). Este porcentaje menor que se obtuvo para el transporte pasivo se debe en parte a la estructura de la narrativa de *Los tres hermanos* ya que en ella, este tipo de transporte no se hace del todo explícito y no involucra directamente a sus personajes como protagonistas de la historia por lo que pasó desapercibido por la mayoría de los alumnos.

Tabla 3. Frecuencias absolutas y porcentajes de los principios activos

| Principios activos (conceptos) | Frecuencia absoluta (n=60) | | Porcentaje válido % | |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------|----|---------------------|------|
| | Sí | No | Sí | No |
| Citoplasma | 49 | 11 | 81.7 | 18.3 |
| Medio extracelular | 49 | 11 | 81.7 | 18.3 |
| Membrana celular | 49 | 11 | 81.7 | 18.3 |
| Difusión simple | 9 | 51 | 15.0 | 85.0 |
| Difusión facilitada | 9 | 51 | 15.0 | 85.0 |
| Proteínas transportadoras | 43 | 17 | 71.7 | 28.3 |
| Adenosín trifosfato (ATP) | 44 | 16 | 73.3 | 26.7 |
| Transporte activo (bomba Na ⁺ /K ⁺) | 44 | 16 | 73.3 | 26.7 |
| Fosforilación | 25 | 35 | 41.7 | 58.3 |
| Cambio configuracional | 25 | 35 | 41.7 | 58.3 |

No obstante, el transporte activo explicado a través de la analogía de la bomba Na^+/K^+ , presentó ambigüedades al incluir los principios activos como la fosforilación o el cambio configuracional que forma parte del final de este tipo de transporte activo, encontrando el uso correcto solo en el 41.7% para ambos casos como se muestra en la Tabla 3 y en la Figura 12.

Estos conceptos en los que se encontraron dificultades para ser explicados a través de la historieta son etapas del transporte activo son complejos y requieren de un elevado nivel de abstracción, por lo que se debe hacer ser más explícito a través del uso de las analogías, pero siempre manteniendo la coherencia con el fenómeno biológico.

Respecto a los principios activos que se comparten en ambos ejemplos de transporte de materiales, como: el citoplasma, el medio extracelular y la membrana celular, tuvieron una incidencia del 81.7%, donde las frecuencias negativas están relacionadas a los casos donde solo se representó la parte ficticia y otra parte pertenece un uso confuso del concepto (Tabla 3, Figura 12).

La *identificación* se encuentra dentro del conocimiento declarativo como lo propone el método utilizado, donde además de contabilizar la presencia o ausencia de los principios activos que explican el fenómeno, se muestra el entendimiento básico de los hechos e ideas al haber realizado la adaptación de la narración a la historieta, lo cual denota un proceso cognitivo aún mayor (Figura13).

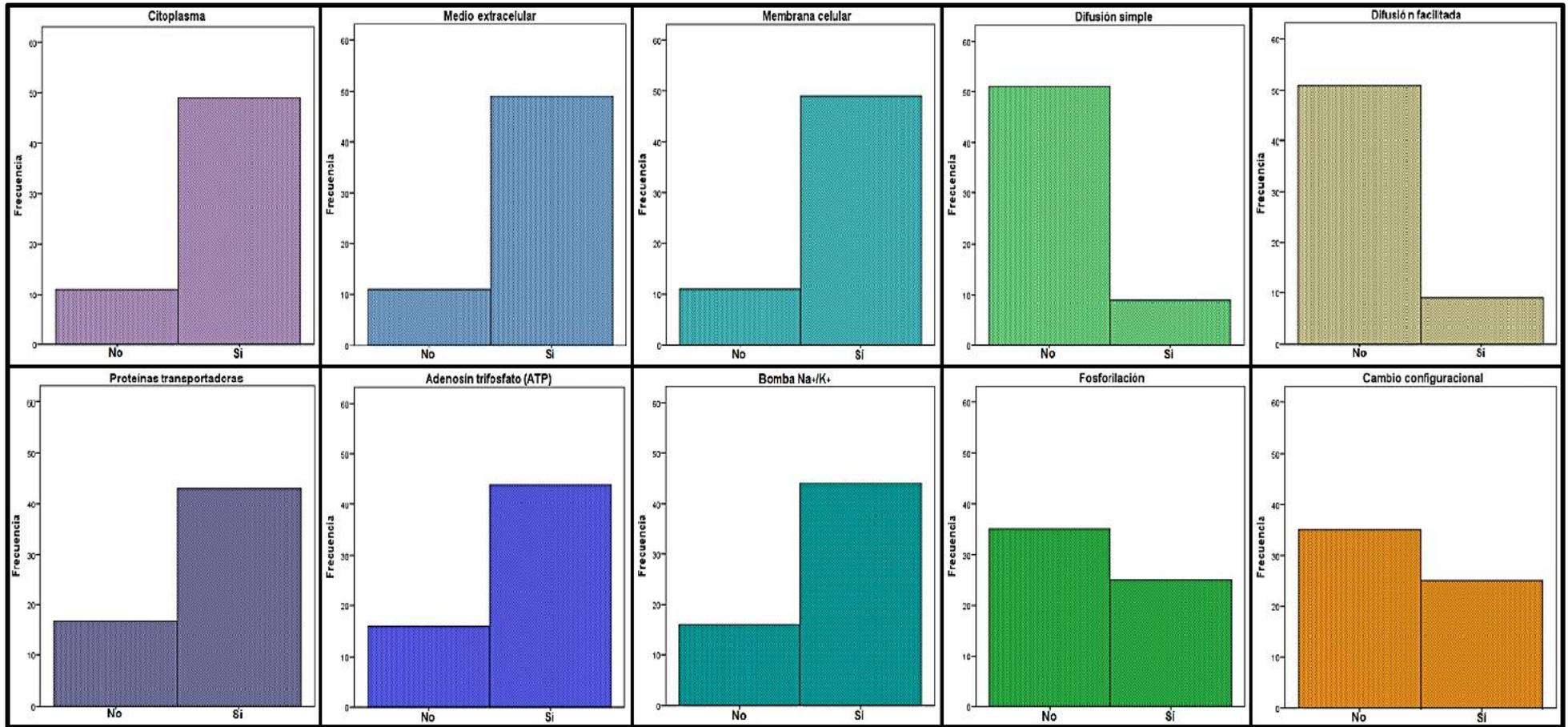


Figura 12. Histogramas de las frecuencias de los principios activos: citoplasma, medio extracelular y membrana celular se observaron en un 81.7%, difusión simple y difusión facilitada en el 15%, proteínas transportadoras en un 71.7%, ATP y bomba Na⁺/K⁺ en el 73.3% y fosforilación y cambio configuracional con el 41.7% de las frecuencias en un total de 60 historietas que representa el 100% de los alumnos participantes.



Figura 13. Ejemplo de la *identificación* (alumno del grupo 635). Se indica con las flechas los principios activos como: citoplasma, medio extracelular, bomba Na^+/K^+ , ATP y proteínas transportadoras, que fueron tratados como analogías del cuento original y que se interpretaron por el alumno en la historieta con los elementos de la narración y diálogos de los personajes, así como en los escenarios y/o representaciones de las situaciones.

Respecto al utilización del método RIRC, Negrete (2013) y Ortiz López (2016) en sus investigaciones con la narrativa y la historieta, encontraron que la *identificación* es una de las tareas que se cumplen con mayor frecuencia, pero está en función de la estructura de la narración puesto que esto los principios activos o conceptos tienen que ser presentados de forma amigable y familiarizada al contexto del público al que va dirigido. En este caso de *Los tres hermanos*, se elaboró la narración con la intención de cumplir con esta característica al utilizar la una analogía principal

como el *paso por la frontera* de modo ilegal hacia otro país, para explicar el transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular; utilizar este contexto que es sumamente conocido por prácticamente todos los jóvenes fue acertado ya que en el 85% de las historietas que elaboraron los 60 alumnos se logró la identificación de los conceptos básicos del tema.

En relación con el aprendizaje significativo de Ausubel (1983), se puede considerar que la *identificación* de estos conceptos explicados a través de las analogías requiere de la relación de los conceptos previos o ideas de anclaje de los alumnos con los nuevos que se les presenta a través de la narrativa que funciona como una guía para estructurar la explicación científica de proceso biológico. En estudios donde se utilizó a la historieta como herramienta pedagógica para la enseñanza-aprendizaje de conceptos complejos disciplinas tanto científicas como sociales, se observó que estas ideas previas encaminadas hacia la formación de conocimiento científico se afianzan en la estructura cognitiva del alumno y propician el aprendizaje significativo (Arango, *et al.*, 2009; Mora y Carranza, 2011; Robles, 2013; García, 2013; Williams, 2017).

6.2.3. Citas ad verbatim

En esta variable que se adaptó al método RIRC, ahora RICC, se enfocó en las analogías que se conservaron como *citas ad verbatim* en las historietas, es decir que se encontraron de manera literal, sin ser parafraseadas en el texto. Estas fueron más frecuentes para los casos: *City Plasm*, *Extracelular Country* y *la expulsión*, con un 75% en los dos primeros y un 76.6% para el último, por una diferencia mínima están por debajo los *Sodionzales* y el *ATPeso* con un 67.5% en promedio; otras

analogías como: *el arranque* y *la expulsión* que hacen referencia a la fosforilación y cambio configuracional que llevan a cabo las proteínas transmembranales en el transporte activo, se encontraron en frecuencias por debajo del 30% como se observa en la Tabla 4 y en la Figura 14.

Cabe retomar, que estos resultados se ven de igual manera relacionados con la frecuencia de adaptaciones que se hicieron para cada tipo de transporte, de tal modo que las analogías para la difusión simple (el caso de los *Oxigenochoa*) y facilitada (ejemplo de los *Ureorrutia*), tuvieron una incidencia entre el 10% y 8.3%, respectivamente (Tabla 4, Figura 14).

Tabla 4. Frecuencias observadas y porcentajes de las *citas ad verbatim*

| Citas ad verbatim | Frecuencia (n=60) | | Porcentaje válido % | |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| | Sí | No | Sí | No |
| <i>City Plasm</i> | 45 | 15 | 75.0 | 25.0 |
| <i>Extracelular Country</i> | 46 | 14 | 76.6 | 23.3 |
| <i>Frontera</i> | 37 | 23 | 61.7 | 38.3 |
| <i>Oxigenochoa</i> | 6 | 54 | 10.0 | 90.0 |
| <i>Ureorrutia</i> | 5 | 55 | 8.3 | 91.7 |
| <i>Transportadoras</i> | 35 | 25 | 58.3 | 41.7 |
| <i>ATPeso</i> | 40 | 20 | 66.7 | 33.3 |
| <i>Sodionzales</i> | 41 | 19 | 68.3 | 31.7 |
| <i>El arranque</i> | 16 | 44 | 26.7 | 73.3 |
| <i>La expulsión</i> | 15 | 45 | 25.0 | 75.0 |

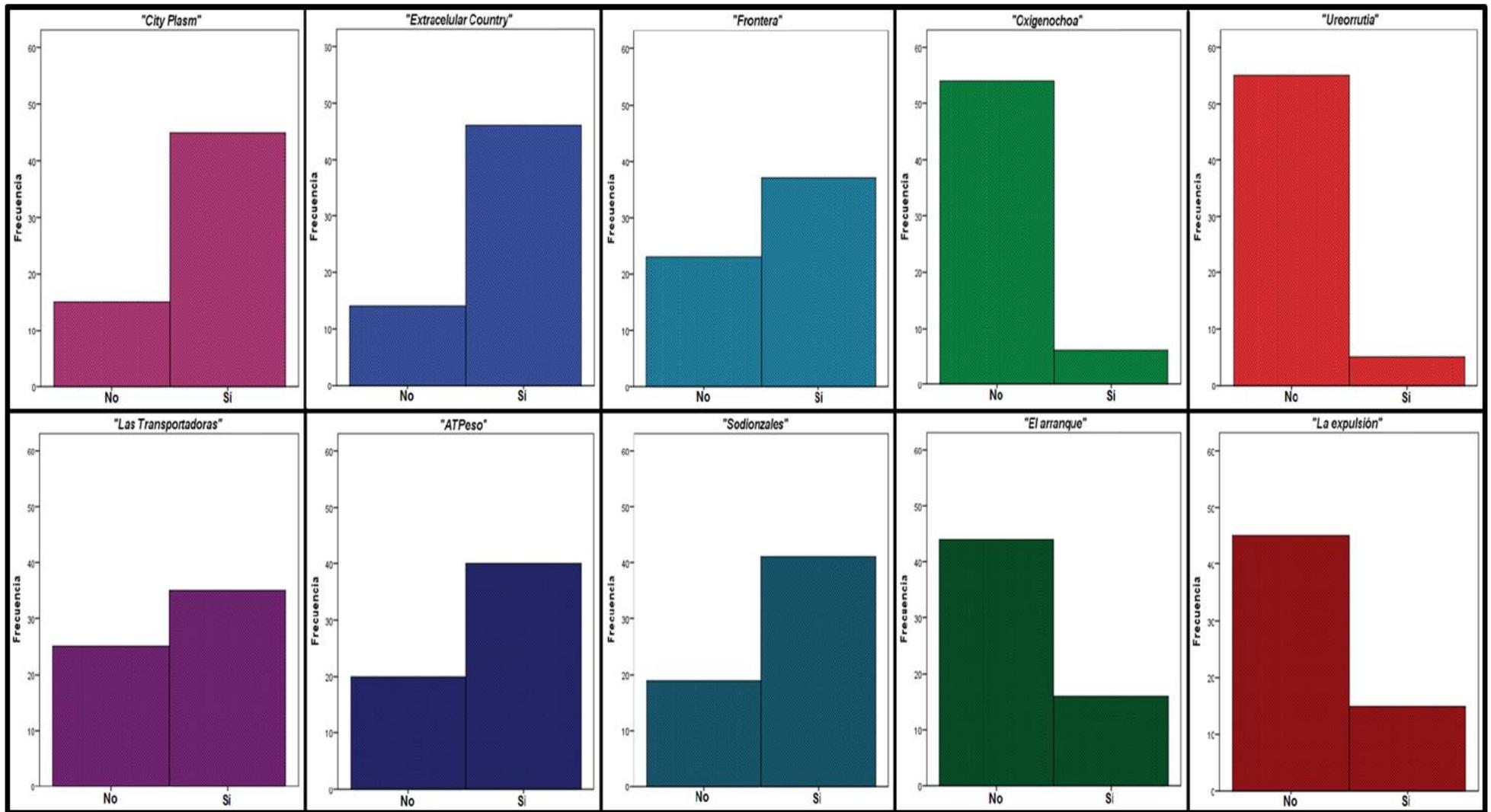


Figura 14. Histogramas de las frecuencias de las citas *ad verbatim*: *City Plasm* con el 75%, *Extracelular Country* con 76.6%, *Frontera* con el 61.7%, *Oxigenochoa* con un 10%, *Ureorrutia* con el 8.3%, *Transportadoras* con un 58.3%, *ATPeso* con 66.7%, *Sodionzales* con el 68.3%, *el arranque* con un 26.7% y la expulsión con el 75% de las frecuencias de un total de 60 historietas que representa el 100% de los alumnos participantes.

Estas analogías muestran una gran potencialidad para lograr un aprendizaje significativo ya que están relacionadas con aspectos específicos y relevantes de las estructuras cognitivas del grueso de los alumnos, como ya se mencionó en la variable de la *identificación*, la analogía de la migración ilegal bajo el cual se desarrolla de la narración de *Los tres hermanos* encaja con las ideas previas de los alumnos y al mismo tiempo funciona como una guía para llevar estos conocimientos hacia la comprensión del fenómeno biológico al cual hace referencia.

En el siguiente ejemplo:

“[...] los tres provenían de una familia no muy bien acomodada, podría decirse de clase media, o más baja que media ... los *Sodionzales* tenían que pagar un alto costo por salir del país y esto se sufragaba con una de las monedas internacionales mejor cotizadas en el mercado: el *ATPeso* [...]”

Este extracto de la narración hace referencia al transporte activo de materiales a través de la membrana celular, donde los *Sodionzales* representan a los tres iones de Na^+ que se acoplan a la proteína transmembranal y se intercambian por los dos iones K^+ del exoplasma, gracias su cambio configuracional que requirió del uso de ATP (llamado *ATPeso* en la historia).

En este punto es importante destacar que el uso de las analogías no es meramente trivial, autores como Beuchot (1997) y López (2014) señalan que estas deben guardar proporción, entendida como el equilibrio entre lo proporcional de lo universal a lo particular y viceversa, para generar una concepción equilibrada entre el sentido y la referencia, es decir, encontrar el enunciado de la semejanza. De este modo se descubre a través del lenguaje un significado directo, que lleva de lo empírico a lo

conceptual, de lo contrario puede tener repercusiones y crear ideas incorrectas o falsas, e incluso afectar de un modo no deseado las actitudes hacia el fenómeno o problemática tratada (Sontag, 2011; Hauser y Schwartz, 2014; Flusberg, *et al.*, 2017; Farinella, 2018).

El uso de estas analogías y otras figuras literarias como la metáfora, no es ajeno a la ciencia ya que se emplean con frecuencia para explicar ideas o conceptos complejos al proveer un modelo mental de entidades que suelen ser invisibles, es decir, que están fuera del contexto en el cual se desarrolla la vida cotidiana del ser humano, como en este caso, las membranas celulares, las proteínas o los iones, así las analogías, metáforas, han jugado un papel importante tanto en la educación como en la educación científica (Brown, 2003; Wolk, 2007; Farinella, 2018).

Acompañado del componente verbal, se encuentra la iconicidad en las historietas, esta representación que los alumnos realizaron a través de los recortes de personajes que se les proporcionaron, el dibujo de los escenarios y el de personajes adicionales en algunos casos, refleja una tarea cognitiva que involucra dotar de espacialidad a los eventos, reconocer y diferenciar aquellos elementos que son trascendentales en el entendimiento del proceso biológico, por lo que el docente puede encontrar en la historieta un medio o herramienta para favorecer el aprendizaje significativo en los estudiantes.

6.2.4. Contextualización

La *contextualización* se analizó a partir de las aportaciones originales que los alumnos hicieron a la historieta, éstas consistieron en analogías generadas por ellos y que hacen referencia a un concepto o una situación específica del proceso biológico del transporte de materiales a través de la membrana celular (pasivo y/o activo) que representaron (Tabla 5). No obstante, fue menos del 40% de la población estudiantil la que llegó a este nivel (38.3%), se observa que sus analogías se encuentran fundamentadas en el conocimiento biológico y aquellas historietas donde hubo una situación distinta en la que centraron a los personajes, se explica también con la base biológica del proceso.

La creación de analogías y situaciones nuevas en la adaptación de la narrativa a la historieta conlleva al alumno a realizar una reinterpretación del fenómeno biológico, en el cual, sus referentes o ideas previas se anclan a los nuevos significados que denotan la habilidad para realizar un análisis detenido del contenido y la profundización de su conocimiento, que se verifica en el lenguaje icónico de las viñetas que se aprecia en los ejemplos de la Figura 15 y Figura 16.

Tabla 5. Analogías creadas por los alumnos en las historietas

| Alumnos | Analogías originales | Concepto biológico al que hace referencia |
|----------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 | <i>Embajada</i> | Membrana celular |
| 2 | <i>Señor Canal Proteico</i> | Canal proteico |
| 3 | <i>Señor Transportador</i> | Proteína transportadora |
| 4 | <i>Pasaporte</i> | Difusión simple |
| 5 | <i>Automóvil "La Bomba"</i> | Proteína transportadora |
| 6 | <i>El túnel</i> | Canal proteico |
| 7 | <i>El túnel de ingreso</i> | Canal proteico |
| 8 | <i>Proteína Bus</i> | Proteína transportadora |
| 9 | <i>Valle Plasm</i> | Citoplasma |
| 10 | <i>Villa Extracelular</i> | Medio extracelular |
| 11 | <i>Caseta de peaje normal</i> | Difusión simple |
| 12 | <i>Caseta de peaje VIP</i> | Difusión facilitada |
| 13 | <i>La Calle</i> | Citoplasma |
| 14 | <i>La Gran Manzana</i> | Membrana celular |
| 15 | <i>The Wall</i> | Membrana celular |
| 16 | <i>El ATP (comida)</i> | Adenosín trifosfato |
| 17 | <i>Tierra 115</i> | Citoplasma |
| 18 | <i>Máquinas catapultas</i> | Proteína transportadora |
| 19 | <i>La máquina transportadora</i> | Proteína transportadora |
| 20 | <i>Jefe de seguridad</i> | Proteína transportadora |
| 21 | <i>Pollero y su camión</i> | Proteína transportadora |
| 22 | <i>Los hermanos no lograron pasar la membrana celular</i> | Fosforilación |
| 23 | <i>Los hermanos tenían ATP</i> | Fosforilación |

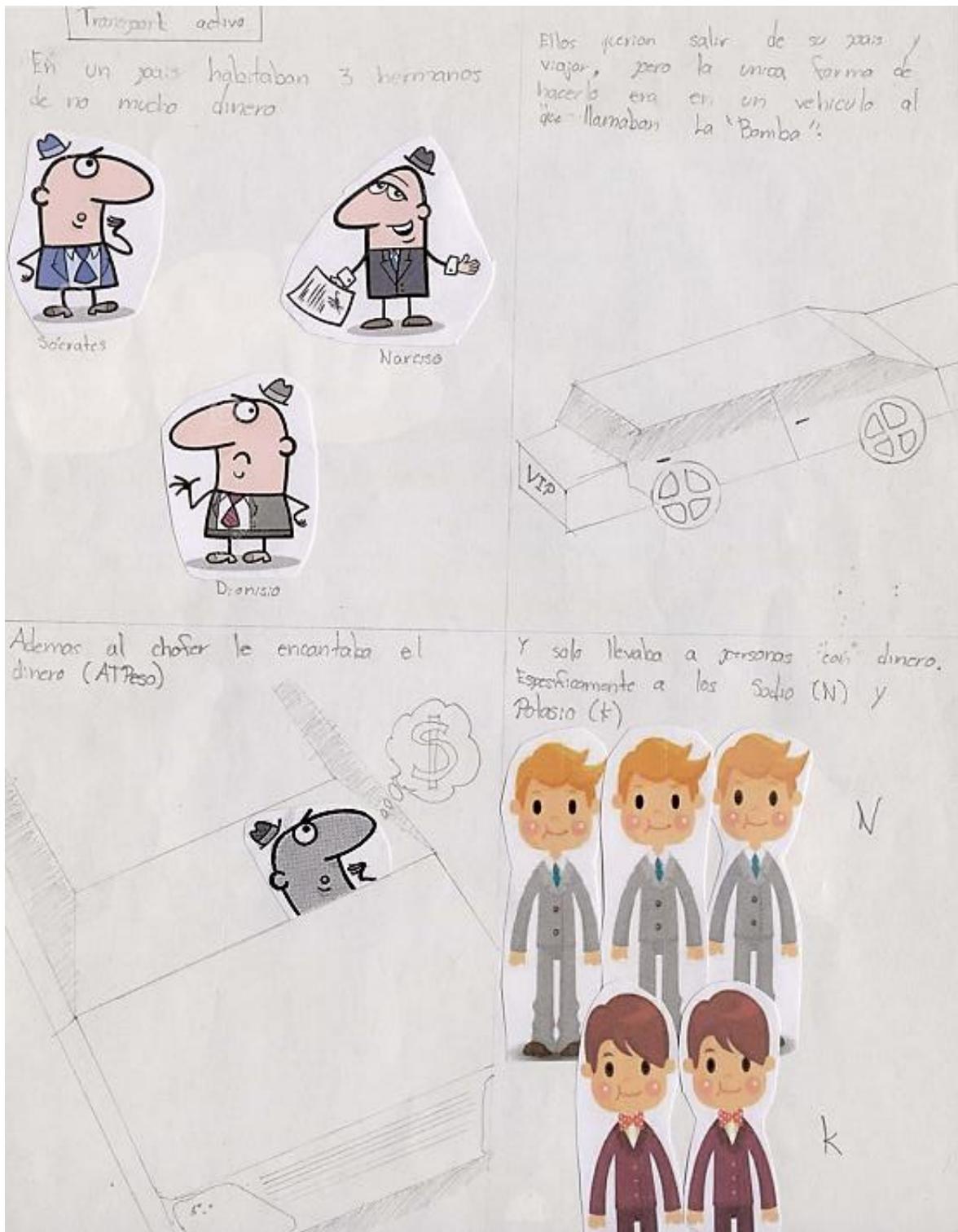


Figura 15. Ejemplo 1 de contextualización. Historieta del alumno del grupo 851, que elaboró su propia analogía de las proteínas transportadoras con el automóvil llamado *la Bomba* y el chofer que cobra los ATPesos, de los cuales explica su funcionamiento a través de la narración y su representación icónica.

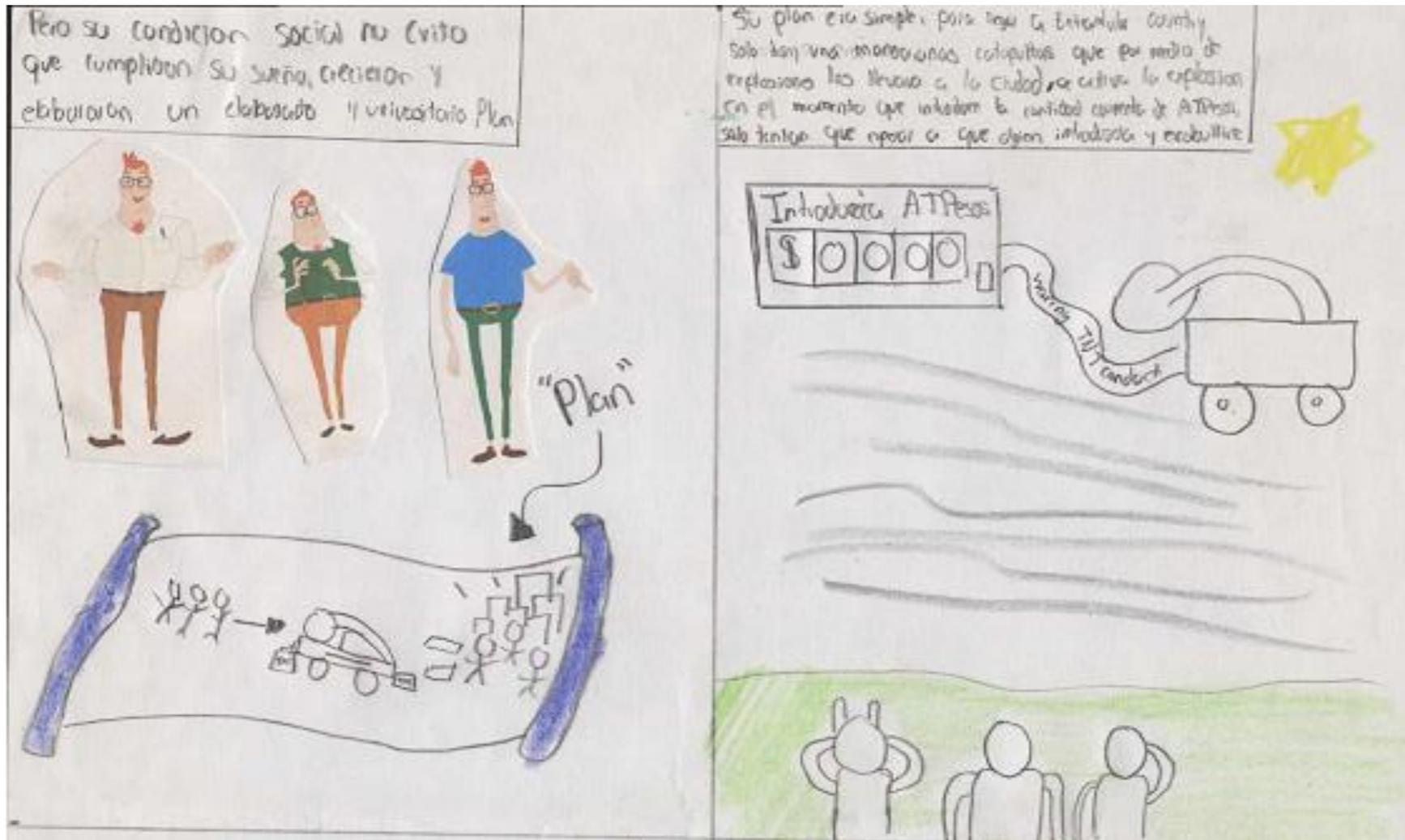


Figura 16. Ejemplo 2 de contextualización. Historieta del alumno del grupo 851, que elaboró su propia analogía de las proteínas transportadoras con las máquinas catapultas, de las cuales explica su funcionamiento a través de la narración y su representación icónica.

En los trabajos de Negrete (2014) y Ortiz López (2016), se enfatiza a la *contextualización* como una de las variables que implica una tarea cognitiva compleja donde el sujeto aplica el conocimiento adquirido a través del material narrativo a una situación novedosa en la cual se hacen explícitos los principios activos o conceptos fundamentales relacionados con el fenómeno que se esté abordando. Particularmente Ortiz López (2016), encontró que un 20% de 20 estudiantes lograron la *contextualización*, lo cual indicó que el carácter abstracto de los conceptos fue difícil de simbolizar por los alumnos.

Para esta investigación el 38.3% de los 60 alumnos que crearon sus propias analogías, representan un incentivo hacia la función de la historieta como herramienta pedagógica para promover el aprendizaje significativo ya que al plasmar en sus viñetas de manera simplificada los fenómenos biológicos del transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular, tuvieron que otorgarles un significado a sus conocimientos previos.

Con base en la teoría de Ausubel (1983), para emplear conceptos en la creación de un lenguaje con significado, como puede ser el caso de las analogías, el individuo debe de realizar una equivalencia y homogenización de sus ideas de anclaje y de los nuevos significados, de modo que se hace posible se retengan estos nuevos conocimientos de forma más eficaz y que formen parte de un cuerpo organizado de conocimientos, que a la vez puedan ser manipulados, interrelacionados y reorganizados para la generación y comprobación de hipótesis y, en consecuencia, en la resolución significativa de problemas.

6.3. La evaluación de la historieta con el método RICC y su relación con el aprendizaje significativo: una visión integral

La historieta como herramienta pedagógica para buscar un aprendizaje significativo del tema: transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular, se enfocó a proporcionarle a los estudiantes una terminología disciplinar a través de analogías tangibles en la narrativa *Los tres hermanos*, la cual se diseñó en concordancia con el programa de estudios de 2003 de biología I de la ENCCH (DGIRE, 2016), y que además se desarrolló considerando el grado cognitivo de una población de adolescentes entre los 16 y 18 años.

Esta narración pretendió atrapar al estudiante, comprometiéndolo y relacionándolo con su contexto e incluso con alguna experiencia de vida propia, a través de diversas analogías que se conjugaron con los principios activos del tema biológico para crear un equilibrio entre el lenguaje coloquial y conceptos científicos disciplinares, los cuales que pusieron a prueba la capacidad de los estudiantes para extraer la idea o ideas biológicas principales, facilitando el análisis del problema dentro de su entorno, a un grado de profundidad acorde con los objetivos del programa de estudio, además el uso de analogías comprometió el pensamiento del estudiante para simplificar un concepto complejo, lo cual es indispensable a nivel de la ciencia escolar para el aprendizaje significativo.

Otro punto para destacar, es que en las historietas las variables del RICC: *recuento*, *identificación*, *citas ad verbatim* y *contextualización*, se articulan con los objetivos conceptuales planteados en la estrategia didáctica, como la identificación de los componentes celulares que participan en el transporte pasivo y activo de materiales

a través de la membrana celular, además de los procedimentales como sus habilidades de expresión verbal y gráfica para la representación de estos procesos biológicos en la historieta y al reconocer la importancia de estos mismos en el funcionamiento integral de un ser vivo, se refleja un objetivo actitudinal.

Así, la historieta muestra una gran potencialidad como herramienta pedagógica en la enseñanza, en la que el docente, además de facilitar el aprendizaje significativo en los estudiantes, puede encontrar un instrumento de evaluación formativa o sumativa para distintos tipos de aprendizajes esperados de una secuencia didáctica. Esto es posible ya que las características narrativas e icónicas de la historieta permite abstraer temas complejos a un lenguaje sencillo que pueda acoplarse con las ideas previas de los alumnos y formar nuevos conocimientos, es decir, se alcance el aprendizaje significativo.

Como docente es importante considerar que esta herramienta pedagógica es perfectible e idealmente deberá adaptarse conforme a las necesidades de enseñanza-aprendizaje, por ello, es deseable considerar la opinión de los alumnos para conocer cuáles son los puntos de oportunidad de esta, así como aquellos destacables. De tal forma, en este trabajo, se les pregunto a los alumnos al final de haber realizado la historieta cuál era la percepción que tenían hacia ella con la siguiente pregunta: “¿qué te pareció la historieta para explicar el tema?”.

Sus respuestas fueron de manera anónima con la siguiente escala: excelente, muy buena, buena, mala; y aquellos que no participaron se les contabilizó como alumnos *sin respuesta* (Figura 15).

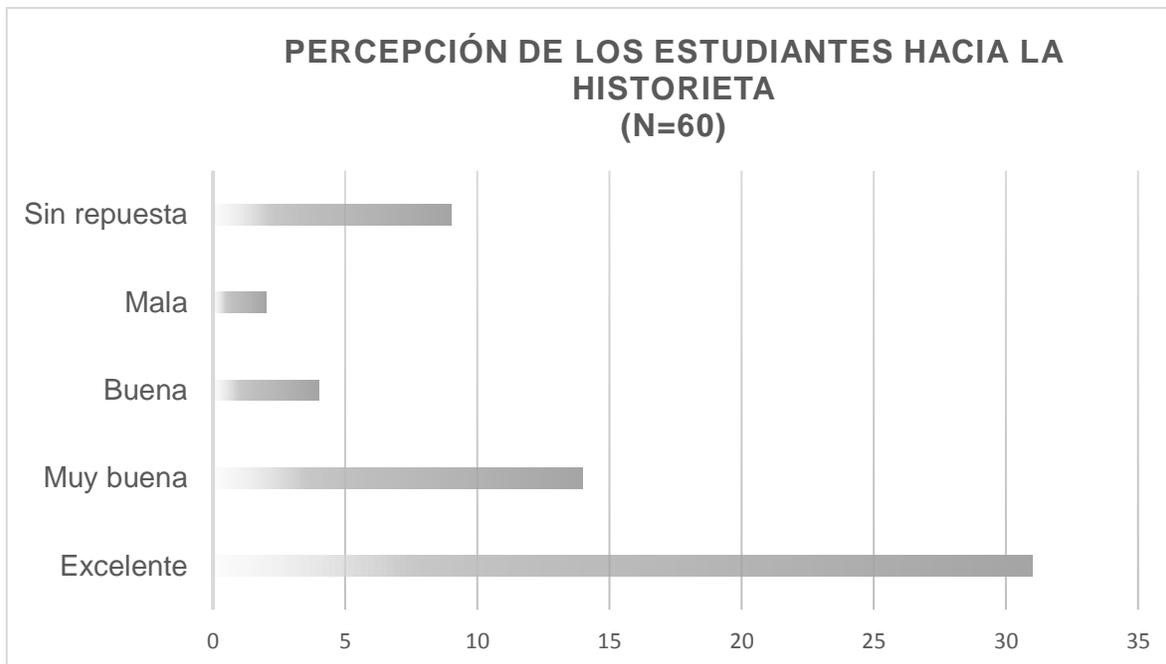


Figura 17. Histograma de frecuencias de percepción de los estudiantes hacia la historieta, donde el 81.66% la valora de *buena* a *excelente*.

El 81.66% de los alumnos consideraron en la escala de “buena” a “excelente” el uso de la historieta para abordar el tema de transporte (pasivo/activo) de materiales a través de la membrana celular, lo cual indica una buena recepción de esta herramienta pedagógica. De modo general, puede afirmarse que es un medio de comunicación favorecedor que provee al docente y al estudiante una alternativa original y creativa, que si se conduce adecuadamente se puede llegar a lograr aprendizajes significativos.

7. CONCLUSIONES

La historieta como herramienta pedagógica para facilitar el aprendizaje significativo del tema: *transporte de materiales a través de membrana celular: procesos pasivos y activos*, resultó favorecedora al ser acompañada de la narrativa *Los tres hermanos*, la cual se estructuró a través de analogías que explicaban los conceptos científicos del proceso biológico. Estas hicieron accesible el lenguaje abstracto del tema, a uno amigable y adecuado al nivel cognitivo de los estudiantes de la ENCCH, pero sin perder el sustento científico, así, ubicada la narrativa en un contexto social familiar como la migración ilegal, se logró la relación con los conceptos previos de estos, los cuales fueron guiados hacia la adquisición de nuevos conocimientos o significados con el apoyo del componente icónico de la historieta.

Las variables que componen al método RICC: *recuento, identificación, citas ad verbatim y contextualización*, que se analizaron a través de los elementos verbales e icónicos de las historietas, mostraron una incidencia del 85% de 60 alumnos, para las tres primeras, las cuales indicaron que se logró cumplir con tareas cognitivas que van desde la identificación, discriminación, hasta la relación de las analogías con el fenómeno biológico, mientras que para la última, que es la *contextualización*, solo se encontró en el 38.3% de las historietas, esta es la tarea cognitiva más compleja que involucra la extracción de la información científica para la creación de nuevas analogías, lo cual reafirma que se obtuvo un nuevo aprendizaje significativo.

Para lograr que se lleve a cabo este objetivo de la historieta como una herramienta que promueva el aprendizaje significativo, el docente tiene que guardar un equilibrio entre el componente científico y el ficticio de la narración que cree o utilice para este fin, ya que aún, con su guía los alumnos pueden desviarse hacia la fantasía y dejar totalmente de lado la temática original. En el presente estudio, el 16.7% de los 60 alumnos que participaron, representaron en sus historitas solo la ficción, lo cual es un indicio de que la narrativa *Los tres hermanos* cumple con esta proporción adecuada, lo cual contribuyó también a propiciar el aprendizaje significativo.

Finalmente, poner en práctica esta herramienta pedagógica como docente para la enseñanza-aprendizaje, involucró varios aspectos relevantes que van desde el dominio del tema en particular, el conocimiento psicopedagógico, la creatividad para la elaboración de la narrativa y su traslado a la historieta a través de una estrategia y secuencia didáctica y una planeación didáctica exhaustiva, hasta ponerla en práctica con los alumnos, para últimamente analizarla y evaluarla con el método RICC. Así, como experiencia se vuelve algo sumamente enriquecedor que aporta numerosos aprendizajes para la mejora continua de la práctica docente.

8. RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS

- 1) Explorar la noción previa de ser vivo antes de aplicar la estrategia didáctica.
- 2) Separar en dos narrativas distintas el transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular, y que el alumno decida utilizar una u otra o unir las en su historieta.
- 3) Hacer más explícitas las analogías que explican el transporte pasivo de materiales a través de la membrana celular.
- 4) Dar más énfasis a la explicación en la parte procesual.
- 5) Aplicar una segunda vez la estrategia didáctica pasado un semestre para corroborar si se mantienen los aprendizajes.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akesson, B. y Oba, O. (2017). Beyond words: comics in the social work classroom. *Journal of Social Work Education, 54*(4), 585-606.

Álvarez, T. O. D. (2011). *Incidencia de las representaciones múltiples en la formación del concepto transporte celular en estudiantes universitarios* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales, Colombia.

Ángeles, C. A. (2013). *Motivación y aprendizaje en la enseñanza de la biología celular: Propuesta didáctica para el bachillerato de la UNAM* (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Arango, J. J. A; Gómez, S. L. E. y Gómez, H. M. M. (2009). El cómic es cosa seria. *Anagramas, 7*(14), 13-32.

Ardila, R. (2013), Los orígenes del conductismo, Watson y el manifiesto conductista de 1913. *Revista Latinoamericana de Psicología, 45*(2), 315-319.

Ausubel, D. P. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Barrero, M. (2002). *Los cómics como herramientas pedagógicas en el aula*. Colombia: Jornadas sobre la Narrativa Gráfica.

Bazan, C. I. y Miño, R. (2015). La imagen corporal en los medios de comunicación masiva. *Psicodebate, 15*(1), 1515-2251.

Berrocal, S. D. (2013). Análisis crítico de la pedagogía constructivista. *Investigación Educativa, 17*(2), 97-104.

- Beuchot, M. (1997). *Tratado de hermenéutica analógica*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Brown, T. L. (2003). *Making Truth: Metaphor in Science*. United States of America: University of Illinois Press.
- Caballer, M. J. y Giménez, I. (1992). Las ideas previas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las ciencias*, 10(2), 172 – 180.
- Campanario, J. y Moya, A. ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
- Campbell, N. A y Reece, J. B. (2007). *Biología*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Comisiones especiales para la Actualización de los Programas de Estudio de las Materias, CAPEM. (2012). *El Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cooper, M. y Hausman, R. (2011). *La Célula*. Madrid, España: Marbán.
- Coordinación del Colegio de Ciencias y Humanidades. (1996). *Plan de Estudios Actualizado*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Correa, G. P. (2012). *Semiótica*. México: Red Tercer Milenio S.C.
- DGAE – Dirección General del Administración Educativa. (2016). Página en línea: <https://www.dgae.unam.mx/planes/bachillerato.html>

DGCCH – Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades. (2006). *Orientación y Sentido de las Áreas del Plan de Estudios Actualizado*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

DGIRE – Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios. (2016).
Página en línea: http://www.dgire.unam.mx/contenido_wp/planes-de-estudio-y-programas-operativos/plan-y-programas-indicativos-colegio-de-ciencias-y-humanidades/

Díaz, B. F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. México: Mc Graw-Hill.

Díaz, G. M. La investigación didáctica de la historieta como herramienta de aprendizaje en la enseñanza de adultos. *Opción*, 32(7), 559-582.

Farinella, M. (2018). The potential of comics in science communication. *Journal of Science Communication*, 17(01), 1-17.

Feinstein, S. (2009). *Secretos del cerebro adolescente*. México: Grupo Editorial Patria.

Flores, C. F., Tovar, M. M. E., Gallegos, C. L, Velázquez, M. M. E., Valdés, A. S, Saitz, C. S., Alvarado, Z. C. y Villar, C. M. (2000). *Representación e ideas previas acerca de la célula en los estudiantes del bachillerato*. México: Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades.

Flusberg, S. J.; Matlock, T. y Thibodeau, P. H. (2017). Metaphors for the War (or Race) against Climate Change. *Environmental Communication*, 11(6), 769-783.

- García, M. I. (2013). *El cómic como recurso didáctico en el aula de lenguas extranjeras* (tesis de maestría). Universidad de Cantabria, España.
- García, M., Jiménez, C., Fonfría, J., Fernández, J. y Torralba B. (2002). Evolución de conceptos relacionados con la estructura y función de membranas celulares en alumnos de Enseñanza Secundaria y Universidad. *Anales de biología*, (24), 201-207.
- Glenberg, A. M. y Langston, W.E. (1992). Comprehension of illustrated texts: Pictures help to build mental models. *Journal of Memory & Language*, 31(2), 129-15.
- Gómez, G. A. (2009). Construcción de explicaciones científicas escolares. *Revista de Educación y Pedagogía*, (18)45, 73-83.
- Gutiérrez, L. I. A. (2009). El devenir de la educación media superior en México. El caso del Estado de México. *Tiempo de Educar*, 10(19), 171-204.
- Hauser, D. J. y Schwarz, N. (2014). The War on Prevention: bellicose cancer metaphors hurt (some) prevention intentions. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 41(1), 66-77.
- Jiyoon, K., Min, S. C., Hae, G. J. y Beom, S. C. (2017). The use of educational comics in learning anatomy among multiple student groups. *Anatomical Science Education*, 10, 79-86.
- Johnson, A. A., Salazar, G. E., Hernández, G. M. (2009). El cómic es cosa seria. *Anagramas*, 7(14), 13-32.

- Kaptan, F. e Izgi, Ü. (2014). The effect of to use concept cartoons attitudes of first grade Elementary students towards science and technology course. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 116, 2307-2311.
- Kennedy, T. y Thomsen, J. (2013). Comics as composition: navigating production and consumption. *Book Reviews*, 64, 183-192.
- León, A. (2007). ¿Qué es la educación? *Educere*, 11(39), 595-604.
- Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C. A., Krieger, M., Bretscher, A., Ploegh, H., Amon, A. y Scott, M. P. (2015). *Biología celular y molecular*. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
- López, H. F. A. (2014). *La hermenéutica analógica de Mauricio Beuchot: una aportación a la filosofía contemporánea*. México: Enciclopedia de la filosofía mexicana.
- Mas, M. I., Rodríguez, B. A., Montoya, V. N., Morales, M. F., Lopes, E., Añanos, E., Peres, R., Martínez, M. E. y Grau, A. (2015). Valores percibidos en la publicidas de alimentos por jóvenes con y sin trastornos de la conducta alimentaria. *Salud Colectiva*, 11(3), 423-444.
- Maturano, C., Aguilar, S. y Núñez, G. (2009). Propuestas para la utilización de imágenes en la enseñanza de las ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 49(4), 1-11.
- Mayer, R. (1985). *Materiales y técnicas del arte*. Madrid, España: Hermann Blume.

- McCloud, S. (1993). *Understanding Comics: The invisible Art*. Northampton, England: Kitchen Sink Press.
- Mora, G. H. V. y Carranza, R. C. V. (2011). *El cómic como herramienta pedagógica en la escuela básica primaria* (tesis de licenciatura). Universidad Libre, Colombia.
- Negrete, Y. A. (2013). Constructing a comic to communicate scientific information about sustainable development and natural resources in Mexico. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 103, 200-209.
- Negrete, Y. A. (2014). *La ciencia de contar cuentos y el método RIRC*. México: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM.
- Ocaña, O. A. (2013). *Modelos pedagógicos y teorías del aprendizaje*. Santa Marta, Colombia: Ediciones de la U.
- Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe OREALC. (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Chile: Oficina Regional de Educación de la UNESCO.
- Ortiz, G. D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia*, (19), 93-110.

- Ortiz, L. P. (2016). *Diseño de una secuencia didáctica que incorpora la representación narrativa para la enseñanza del tema reproducción en el bachillerato* (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Otero, M. R. (2003). Investigación en imágenes en la educación en ciencias. Imágenes, palabras y conversaciones. Memorias del IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ABRAPEC.
- Paczkowski, M., Monti H. A., Galagovsky, L., Stella, C. y Alonso, M. (2010). Concepciones de los estudiantes de primer año de la universidad acerca de la termodinámica de los gradientes de concentración en sistemas biológicos. IX Jornadas Nacionales y IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología.
- Pantoja, J. C. y Covarrubias, P. (2013). La enseñanza de la biología en el bachillerato a partir del aprendizaje basado en problemas. *Perfiles Educativos*, (35)139, 93-109.
- Pozo, J. I. (1899). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid, España: Morata.
- Ramírez, G. G. S. (2011). *Estrategias de enseñanza - aprendizaje que favorecen el aprendizaje significativo en el tema niveles de organización ecológica en el bachillerato* (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rivera, H. M. (2008). Constructivismo y Pedagogía: Un análisis crítico para potenciar el diálogo. *Revista Paideia Puertorriqueña*, 3(1),1-16.

- Robles, P. J. (2013). Los insectos como estrategia didáctica en la enseñanza de la ecología, a través del cómic. *Bio-grafía*, 6(10), 11-21.
- Santofimio, B. L. P. (2013). *Diseño de una estrategia de enseñanza para el aprendizaje significativo de la estructura y función de la membrana celular para estudiantes de educación básica secundaria* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Sarabia, B. (1992). El aprendizaje y el valor de las actitudes. En C. Coll, J. I. Pozo, B. Sarabia y E. Valls. Los contenidos en la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. Madrid, España: Santillana.
- Savater, F. (1997). El valor de educar. México: Grupo Editorial Planeta.
- Serra, C. y Añanos, E. (2016). Comportamientos derivados de la publicidad de estética corporal en los adolescentes. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Shacter, D. L. (2001). *The seven sins of memory. How the mind forgets and remembers*. Boston, United States of America: Houghton Mifflin.
- Solomon, E. P., Berg, R. L. y Martin, W. D. (2013). *Biología*. México: Cengage Learning Editores, S.A de C.V.
- Sontag, S. (2011). *Illness as a Metaphor and AIDS Its Metaphors*. United Kingdom: Macmillan.
- Totorikaguena, I. L. (2013). *Los errores conceptuales y las ideas previas del alumnado de ciencias en el ámbito de la enseñanza de la biología celular*.

Propuestas alternativas para el cambio conceptual (tesis de licenciatura).
Universidad del País Vasco, España.

Tuncel, G. y Ayva Ö. (2010). The utilization of comics in the teaching of the “human rights” concept. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 1447-1451.

Velasco, R. S. y Navarro, T. M. El papel de la imagen en la enseñanza. Análisis de las ilustraciones del proceso de meiosis en fuentes de consulta utilizadas por alumnos de Biología del CCH Vallejo. *Nuevos Cuadernos del Colegio*, 3, 1-33.

Williams, M. I. (2012). Graphic medicine: comics as medical narrative. *Medical Humanities*, 38, 21-27.

Wolk, D. (2007). *Reading Comics: How Graphic Novels Work and what They Mean*. Boston, United States of America: Da Capo Press.

10. ANEXOS

I) Propuesta narrativa

Los tres hermanos

Existe un universo que por sí sólo tiene la propiedad de mantener todo el tiempo una intensa actividad y entonces se considera que absolutamente vivo está. A diario cada uno de nosotros lo podemos ver, desde que despertamos y nos miramos al espejo o cuando vemos a otros con amor o con desdén. Sucede que no solo con los ojos abiertos podemos percatarnos de él, sino que en sueños también lo podemos hacer. En este universo un número incalculable de planetas existe, dividido en fronteras a manera de países, cada uno con sus habitantes alegres o tristes.

Así nuestra historia se ubica en un país muy poco o casi nada celebrado, que tiene un nombre bastante peculiar y con el cual sus habitantes se divierten al jugar, cambian las letras unas por otras o las mueven de lugar. Lo nombraron al final, de manera popular *City Plasm*, porque al atardecer, en el cielo aprecia una composición sin igual de colores, entre azules, violetas y rosas, que incluso da impresión si con atención lo miras, de tener textura, sí, una textura granular.

Aquí vivían tres jóvenes hermanos, *Sócrates*, *Dionisio*, y *Narciso Sodionzales*, los dos primeros eran gemelos y los mayores y el último, el más pequeño, al que molestaban siempre diciendo que solo era una mera abreviación de ellos. Estos tres provenían de una familia no muy bien acomodada, podría decirse de clase media, o más baja que media. Ellos se caracterizaban por ser en extremo fantasiosos, pareciera que se la pasaran siempre flotando en *City Plasm*, tenían también un modo muy peculiar de nombrarse entre ellos, y le pedían a cada persona que conocían, los llamaran: *So*, *Dio* y *Na*.

A pesar de las constantes burlas a su hermano menor, no pasaba de ser un juego, nunca se separaban y compartían el mismo gran sueño: viajar a *Extracelular Country*, país que se dice es de una dimensión inmensa, y que una vez estando ahí, podrías moverte con mayor facilidad a otros países. Los tres querían recorrer el planeta entero, incluso transitar a otras galaxias de ser posible, motivados siempre por las aventuras que leían e imaginando que eran como Ulises u Odiseo, como Gulliver o el Quijote, su único deseo era ser como ellos, unos legendarios aventureros. Sin embargo, para llegar a *Extracelular*

Country no era fácil, e incluso estando ahí, no significaba que pudieras pasar libremente entre los otros países.

Ese privilegio sólo estaba reservado para unos cuantos que tenían por derecho propio una visa internacional al pertenecer a alguna de las familias élite, como las de apellido *Oxígenochoa*, que se rumora son agradables, o sea, que son de sangre muy ligera, como gas. Otro de estos linajes privilegiados eran los *Ureorrutia*, que se cuenta son bastante delgados, tanto que hasta se les podría calcular un peso molecular bajo. Novela muy contraria a la que protagonizaban los demás pobres mortales como los *Sodionzales* o los *Potasioanchez*, que tenían que pagar un alto costo por entrar o salir de cualquier país, y esto se sufragaba con una de las monedas de mayor costo: el *ATPeso*, y es ahí donde el sueño de viajar de los hermanos se resquebrajaba al existir esa frontera siempre maldecida.

Para poder cruzar aquella frontera *La Membrana*, que se encontraba franqueada por vallas fuertemente entrelazadas en cuyos extremos tenían unas estructuras fabricadas con fosfato que por su forma redonda asemejaban cabezas, y eran entonces las *cabezas de fosfato*, *So*, *Dio* y *Na* pensaban en la forma de poder cruzar sin pagarle a una de las *Proteínas* apellidadas *Transportadoras* que se encontraban en puntos estratégicos de la Membrana para pasar a los que pudieran pagar su boleto al *otro lado*. Es así como se dieron a la tarea de analizar por un buen tiempo como era el mecanismo de transporte para llegar al otro lado de la frontera y se dieron cuenta de que las *Transportadoras* llevaban a aquellos que podían pagar, en vehículos especiales que se parecían a un famoso juego mecánico, que bien conocían, un tal *Kilauea*, el cual los catapultaba de manera explosiva, cual si fuera una *bomba*, hacia el exterior, hacia *Extracelular Country*. Pero en aquél medio de transporte sólo tenían sólo tres lugares disponibles, y eran especiales para los *Sodionzales*, y no más, porque existían otros dos lugares, pero estaban reservados de forma exclusiva para los *Potasioanches* y que era un viaje que los traerían sólo de vuelta a *City Plasm*, cuando dejaran a los primeros en *Extracelular Country*.

No sólo se dieron cuenta de eso, sino que había un breve momento donde las *Transportadoras* se distraían al cobrar los *ATPesos*, y una vez recibido el dinero era prácticamente imposible parar el vehículo que los transportaría, pensaron entonces, que justo ese era el tiempo que podían aprovechar y colarse antes que los otros *Sodionzales*. Es así como a los tres hermanos *So*, *Dio* y *Na*, después de un largo estudio y fraguar un

meticuloso plan, les llegó el momento esperado, ansiosos estaban por estar cada vez más cerca de realizar aquél preciado sueño. Tenían el blanco a la vista, todo estaba completamente calculado, la Transportadora estaba por recibir los ATPesos

- “¡A la cuenta de tres, hermanos!”. Dijo Sócrates.
- “¡Una, dos, tres!”. Gritaron los tres al mismo tiempo.

Los tres se lanzaron cual estampida, corriendo lo más rápido que sus fuerzas les dieron, corrieron como jamás antes en su corta vida habían hecho, la Proteína los vio dirigirse hacia ella, pero se dio cuenta demasiado tarde, ya estaban colocados en los lugares, ella ya había cobrado los ATPesos ya se había *encendido* el motor de arranque de aquél vehículo catapulta, enseguida se escuchó el “¡pum!”, no había nada que hacer, Sócrates, Dionisio y Narciso habían sido literalmente expulsados a *Extracelular Country*. Mientras veían cómo cruzaban a *La Membrana*, aquella frontera que por muchos años les pareció inalcanzable, corrieron por sus mejillas unas cuantas lágrimas de felicidad, lo habían logrado, estaban en donde siempre habían querido.

Ahora podían ver desde el otro lado como los *Potasioanchez* entraban en esos dos únicos lugares que tenía cada una de las Transportadoras en su vehículo y eran llevadas a *City Plasm*, les dio un poco de nostalgia al recordar su país, pero eran más felices, aunque sin no tener un dejo de culpa por haber cruzado de una forma ilegal, pensaron que éste sólo era el comienzo de una nueva vida y un sin número de aventuras por vivir, los tres se entrelazaron en un fraternal abrazo, dieron la espalda a la vista de la frontera y se marcharon sin mirar ni por un segundo atrás. Ésta, como miles de historias más que en el universo que todos vemos sin realmente observar podemos encontrar, estos fueron tres hermanos que burlando los medios lograron la Membrana pasar.

II) Especificaciones para la realización de la historieta

1. Deberá contar con cuatro viñetas por cada página, distribuidas conforme tu criterio.
2. Contará con:
 - Diálogos (delimitados por globos).
 - Acotaciones donde las consideres pertinentes (delimitadas por cuadros al inicio o al final de la viñeta).
 - Personajes
 - Escenarios
 - Uso mínimo de dos páginas y máximo de cuatro.

III) Serie de personajes a elegir y para ser usados en la historieta

Serie A)



Imagen de dominio público. Recuperada de: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/cartoon-charming-young-man-icon-78155254>

Serie B)

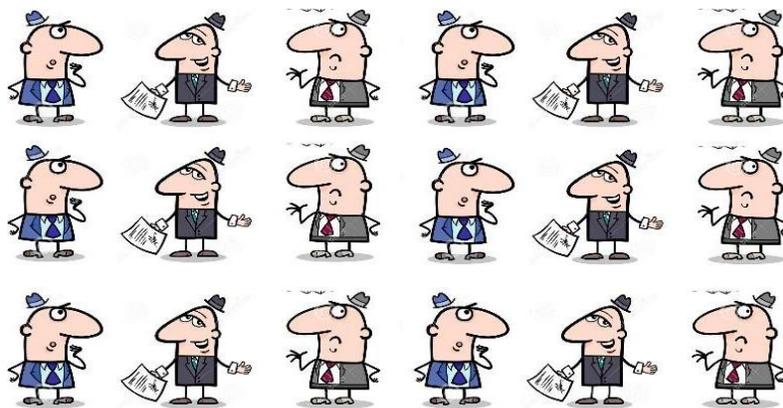


Imagen de dominio público. Recuperada de:

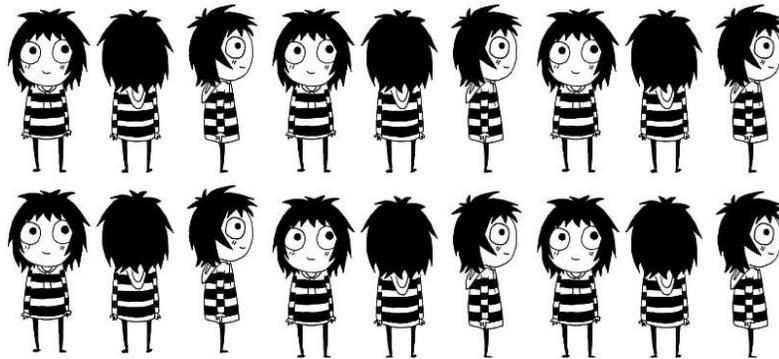
<https://www.istockphoto.com/mx/vector/occupations-cartoon-set-gm627035866-110958745>

Serie C)



Imagen de dominio público. Recuperada de: <https://graphicriver.net/item/cartoon-characters-set/19720251>

Serie D)



Sarah Andersen ©. Recuperado de: <https://www.skillshare.com/classes/Creating-Webcomics-From-Sketches-to-Final-Comic/1713621443/project-guide>

Serie E)



Imagen de dominio público. Recuperada de: https://static.pixton.com/_v3_/img/fixed/splash/slide-3-2.png

Serie F)



Imagen de dominio público. Recuperada de: <https://carles68.files.wordpress.com/2014/05/creacion-pjs.jpg>

Serie G)



Imagen de dominio público. Recuperada de: http://www.menguao.com/wp-content/uploads/2012/10/12_09_30_a.jpg

Serie H)



Imagen de dominio público. Recuperada de: <https://abeon-hosting.com/images/cartoon-teenage-girl-1.jpg>

IV) Planeación didáctica

| Datos generales de la intervención docente | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Plantel: CCH Sur | Asignatura: Biología | Semestre: VI | Ciclo escolar: 2017-2 |
| Grupos: 851 / 635 | Horario: ma-jue 15:00-17:00 h / lun-mie 7:00-9:00 h | Sesiones: 2 / 2 | |
| Supervisor docente: Rosa Margarita Pacheco Hernández | | | |
| Tema: transporte de materiales a través de la membrana celular: procesos pasivos y activos. | | | |
| Ubicación del tema en el programa de estudios: Biología I Segunda Unidad <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se lleva a cabo la regulación de los seres vivos? Tema I <ul style="list-style-type: none"> • Procesos de regulación <ul style="list-style-type: none"> ○ Transporte de materiales a través de la membrana celular: procesos pasivos y activos. | | | |
| Objetivos de aprendizaje del programa de estudios: Conceptuales <ul style="list-style-type: none"> • Relaciona los componentes de la membrana celular con algunos procesos de regulación. • Comprende la importancia de los procesos de regulación, conservación y reproducción, como parte de lo que requiere un sistema para mantenerse vivo y perpetuarse. Procedimentales <ul style="list-style-type: none"> • Aplica habilidades, al llevar a cabo actividades documentales y experimentales que contribuyan a la comprensión de los procesos de regulación. Actitudinales <ul style="list-style-type: none"> • Aplica actitudes y valores al llevar a cabo actividades documentales y experimentales que contribuyan a la comprensión de los procesos de regulación. | | | |
| Temas antecedentes en el programa de estudios: La célula como unidad de los sistemas vivos <ul style="list-style-type: none"> • Moléculas presentes en las células: función de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. • Estructuras celulares y sus funciones. • Concepto e importancia de la homeostasis. • Función de los componentes de la membrana en la comunicación y reconocimiento celular. | | | |
| Temas subsecuentes en el programa de estudios: Procesos de conservación <ul style="list-style-type: none"> • Concepto e importancia del metabolismo: anabolismo y catabolismo como procesos bioenergéticos. • Fotosíntesis: aspectos generales de la fase luminosa, la fase oscura, e importancia. • Respiración: aspectos generales de la glucólisis, ciclo de Krebs, cadena de transporte de electrones, e importancia. | | | |

Planeación - Sesión 1 (Grupos: 851 / 635)

Propósito: el alumno será capaz de identificar los elementos que participan en el proceso de transporte pasivo y activo de la membrana celular.

Objetivos de aprendizaje

Conceptuales:

- Identifica los componentes celulares (estructuras) y su función en los procesos que dan lugar al transporte a través de la membrana celular.
- Distingue los dos tipos de transporte (pasivo y activo) a través de la membrana celular.

Procedimentales:

- Hace uso de sus habilidades manuales, artísticas y estéticas para la elaboración de su historieta.
- Expresa en forma escrita y gráfica cómo se llevan a cabo los procesos pasivos y activos del transporte de materiales a través de la membrana celular, por medio de la historieta.

Actitudinales:

- Reconoce la importancia de los procesos de transporte de materiales a través de la membrana para el funcionamiento y mantenimiento integral de un ser vivo.

Estrategias de enseñanza - aprendizaje

Apertura (20 minutos):

1. Saludo y bienvenida por parte del profesor practicante.
 2. Presentación de los objetivos esperados de aprendizaje para la sesión.
 3. Actividad I. Diagnóstica
- Preguntas a los alumnos:
- Enlista algunos componentes de la membrana celular.
 - ¿Qué entiendes por transporte pasivo?
 - ¿Qué entiendes por transporte activo?
4. Discusión grupal de las respuestas de algunos alumnos.

Desarrollo (90 minutos):

1. Clase expositiva con apoyo de presentación de diapositivas en *Power Point*®
- Parte I. Generalidades de la membrana celular y los tipos de transporte (pasivo y activo).
2. Retroalimentación grupal. Resolución de dudas de los estudiantes durante y después de la presentación.
 3. Actividad II. ¡Hagamos una historieta!
- Se le proporcionará a cada alumno la narrativa base para la elaboración de la historieta, así como las especificaciones para ser entregada (ANEXO I y II).
 - El material necesario se entrega individualmente (recortes de personajes, hojas, etc.). Ver ANEXO III.

Cierre (10 minutos):

1. Conclusión de la actividad.
2. Indicaciones para la próxima clase.

Evaluación

Diagnóstica:

- Análisis cualitativo de las preguntas realizadas en la apertura.

Formativa:

- Análisis cualitativo de la participación de los alumnos.

Sumativa:

- No aplica.

Material didáctico para utilizar: pizarrón, plumones, presentación *Power Point*®, proyector, narrativa (base para la historieta), hojas blancas tamaño carta, recortes de personajes, pegamento en barra, lápiz, colores.

Planeación - Sesión 2 (Grupos: 851 / 635)

Propósito: el alumno será capaz de identificar y relacionar los elementos que participan en el proceso de transporte activo y pasivo de materiales a través de la membrana celular, con su función, así como su relación con fenómenos de su vida cotidiana.

Objetivos de aprendizaje

Conceptuales:

- Identifica los componentes celulares (estructuras) y su función en los procesos que dan lugar al transporte pasivo y activo a través de la membrana celular.
- Distingue los dos tipos de transporte a través de la membrana celular.
- Relaciona fenómenos presentes en su cotidianeidad con los procesos del transporte activo y pasivo de materiales a través de la membrana celular.

Procedimentales:

- Usa habilidades de expresión verbal, para divulgar a sus compañeros de clase el contenido de su historieta.

Actitudinales:

- Reconoce la importancia de los procesos de transporte de materias a través de la membrana para el funcionamiento y mantenimiento integral de un ser vivo.
- Valora la importancia de desarrollar la comunicación con sus compañeros, así como las críticas constructivas alrededor de su trabajo (historieta).

Estrategias de enseñanza - aprendizaje

Apertura (10 minutos):

1. Saludo y bienvenida por parte del profesor practicante.
2. Presentación de los objetivos esperados de aprendizaje para la sesión.
3. Breve recapitulación de la clase anterior.

Desarrollo (80 minutos):

1. Actividad I. Breve exposición de las historietas de algunos alumnos seleccionados (de 5 a 10 alumnos).
 - Retroalimentación grupal.
 2. Clase expositiva con apoyo de presentación de diapositivas en *Power Point*®
 - Parte 2. Ejemplos prácticos del transporte pasivo y activo de materiales a través de la membrana celular.
 - Retroalimentación grupal.
- Resolución de dudas de los estudiantes durante y después de la presentación.

Cierre (30 minutos):

1. Conclusión del tema y de la sesión por parte del profesor.
2. Evaluación de los alumnos al profesor (ANEXO V).
3. Evaluación del supervisor docente al profesor practicante (ANEXO VI).
4. Agradecimiento a los alumnos por su participación.

Evaluación

Diagnóstica:

- No aplica

Formativa:

- Análisis cualitativo de la participación de los alumnos.

Sumativa:

- Rúbrica para la actividad "¡Hagamos una historieta!" (ANEXO IV).

Material didáctico para utilizar: pizarrón, plumones, presentación *Power Point*®, proyector.