



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN
MEDIA SUPERIOR**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

***Mapa mental como estrategia de aprendizaje en el
tema “La célula como unidad de los sistemas vivos”
en el nivel medio superior.***

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN DOCENCIA
PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, BIOLOGÍA.**

P R E S E N T A

Biól. Minerva Alejandra Rubio Rodríguez

Tutor (a): *Dra. Arlette López Trujillo*

Los Reyes Iztacala, Edo. de México. Junio, 2012.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 mis padres Elvia y Rubén: mil gracias por sus consejos, apoyos y esfuerzos invaluable que me brindan en todos los momentos de mi vida. Por amarme y tenerme fe. Por ser ejemplo de gran determinación, voluntad y éxito. Los amo y admiro.
- ☆ Marlene gracias por compartir nuestros anhelos, ilusiones y penas, por estar en cada momento, por tus valiosas observaciones y aportaciones a este trabajo, por los consejos, por las desveladas, por las ausencias, por despertarme todos los días, por escucharme, por tus palabras de aliento, por tu compañía, por las sonrisas, por la verdadera lucha...Te amo.
- ☆ A mis adorables sobrinos: África Marley, Ivanna Denisse y a Carlos Raúl, que son nuestro motor de felicidad, por regalarme su pequeño gran corazón sin condiciones, por compartir sus juegos, sus gritos, sus sonrisas y sus llantos. Los amo.
- ☆ A mis hermanos: Claudia Marlene, Raúl, Lizbeth Berenice, Rubén Jesús y Elvia Verónica, por los momentos que compartimos, por todo su apoyo y cariño. Siempre los tengo en mente. Los amo.
- ☆ A mis abuelitos, tíos y primos paternos y maternos, por su solidaridad y cariño que me han brindado siempre. En especial a mi tío Mario por su valiosa ayuda y cuidarme cuando he enfermado. Gracias.
- ☆ A mis innumerables amig@s que constituyen importantes pilares de mi vida.
- ☆ Al Ing. Javier Pérez Hernández por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente en una de las instituciones valiosas de nuestro país, por su constante apoyo, confianza y amistad.
- ☆ A mis compañeros de trabajo por brindarme su valiosa amistad y compartir sus experiencias de vida.
- ☆ Una vez más a esa esencia de la Vida, que solo los seres vivos en cualquiera de sus formas existentes tenemos el privilegio de experimentar.
- ☆ A mis un y mil mares....
 - ☆ Y para las personas de las que más he aprendido en el ámbito académico y por quienes esta tesis tiene su razón de ser: Mis alumnos.

Agradecimientos

- ☆ Muy especialmente a mi asesora: Dra. Arlette López Trujillo por su valiosa asesoría, tiempo, esfuerzo, paciencia, compromiso y confianza para la realización de esta tesis. Por compartirme su sabiduría, su experiencia y amistad. Gracias.
- ☆ Al Dr. Jorge Ricardo Gersenowies Rodríguez por sus valiosas observaciones, asesoría, tiempo, compromiso y confianza para la realización de esta tesis. Por compartirme su sabiduría y experiencia. Reciba mi más sincera admiración. Gracias.
- ☆ Al comité tutorial: Dra. Ofelia Contreras Gutiérrez, Dra. Norma Ulloa Lugo y Dra. Martha Juana Martínez Gordillo, por sus valiosas observaciones y comentarios que enriquecieron la presente investigación. Además por compartirme su sabiduría y experiencia. Gracias.
- ☆ A mis maestros de la MADEMS, por guiarme en mi formación profesional, por su tiempo, paciencia y entrega. Gracias.
- ☆ A Esther Nava Monroy, a Alejandra Orozco, a Gabriela Gómez y Laura Alanís Martínez por su invaluable apoyo durante los trámites del presente trabajo. Gracias.
- ☆ Al Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) Plantel-Naucalpan por el apoyo y facilidades otorgadas para la realización de este trabajo y por mi instancia durante una de las épocas más maravillosas de mi vida como estudiante. Gracias.
- ☆ A las maestras: Sandra Pérez e Isabel Enríquez por permitirme trabajar en sus maravillosos grupos. Y a cada uno de sus alumnos por su gran disposición a la realización de esta tesis. Gracias
- ☆ A la Facultad de Estudios Superiores (FES) Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por haberme formado en sus aulas y brindarme una educación profesional de excelencia. Gracias.

Reconocimiento por el apoyo como Becaria al:

Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (Conacyt).

Resumen

La presente tesis propone el uso de los mapas mentales como estrategia de aprendizaje sobre el tema “La célula como unidad de los sistemas vivos” de la materia de Biología I, en alumnos del Nivel Medio Superior, en este caso en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con el fin de buscar alternativas en la enseñanza que acerquen de alguna forma al complejo sistema de conocimiento que es la ciencia y mejorar su comprensión. Se realizó un análisis cuantitativo para considerar si existe una diferencia significativa en el rendimiento del estudiante con una exploración previa (examen diagnóstico) y posterior a la aplicación (examen final) de la estrategia mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, con la ayuda del programa STATISTICA versión 8.1. Dando como resultado que no hay diferencias pos-test menos pre-test entre los grupos, hecho que indica que las intervenciones tuvieron la misma eficacia en cuanto al proceso de enseñanza-aprendizaje que en el grupo experimental. Se denota que no existen elementos para validar la hipótesis; sin embargo, el análisis cualitativo del instrumento de evaluación de mapas mentales, sustenta que los alumnos si obtuvieron un mejor aprendizaje significativo, lo que valora a la estrategia como útil. En este instrumento se consideraron las escalas de estimación (*Nivel Alto (4 puntos), Nivel Medio (2 puntos) y Nivel Bajo (1 punto)*) con respecto a los criterios de *representatividad, análisis y síntesis, creatividad, ideas propias y evaluación de los mapas mentales*. Los antecedentes indican que estos criterios arrojan información importante sobre los mecanismos de asimilación, comprensión y procesamiento de la información, plasmados en la realización de mapas mentales originando un aprendizaje. Los resultados cualitativos son alentadores, ya que muestran un avance muy significativo en el aprendizaje de los grupos intervenidos con la estrategia; ubicándose ambas intervenciones en los niveles medio y alto en relación a cada uno de los criterios. Destacando notablemente que el 77% de los alumnos en la intervención uno mejoraron notablemente en los criterios de análisis y síntesis e ideas propias en un nivel medio, mientras que en la intervención dos los alumnos destacaron en representatividad y creatividad en un 71% y en un 79% en cartografía; ubicándose estos criterios en un nivel alto y en un nivel medio los criterios de análisis y síntesis en un 71% y 86% en la incorporación de ideas propias. De tal manera se refleja un avance significativo en el proceso del manejo de la información; determinando que la utilización del mapa mental como estrategia de aprendizaje permitió que los alumnos alcanzaran una percepción más clara sobre el tema.

Índice

Resumen.....	1
Presentación.....	2
Capítulo 1. Introducción.....	4
<i>Hipótesis.....</i>	<i>6</i>
<i>Objetivo general.....</i>	<i>6</i>
<i>Objetivos particulares.....</i>	<i>6</i>
<i>Justificación.....</i>	<i>6</i>
Capítulo 2. enseñanza y aprendizaje significativo de la ciencia.....	7
<i>Ciencia y modelo.....</i>	<i>10</i>
<i>Clasificación de los modelos.....</i>	<i>10</i>
<i>Modelos científicos en la enseñanza.....</i>	<i>11</i>
<i>Modelaje de la ciencia en el aprendizaje significativo</i>	<i>17</i>
Capítulo 3. mapas mentales como estrategia en el proceso enseñanza-aprendizaje..	23
<i>Perspectiva cognitiva.....</i>	<i>23</i>
<i>Mapas mentales en la enseñanza de la ciencia.....</i>	<i>25</i>
<i>Mapas mentales.....</i>	<i>27</i>
<i>Características de los mapas mentales.....</i>	<i>29</i>
<i>Características de un buen cartógrafo mental.....</i>	<i>29</i>
<i>Cómo leer un mapa mental.....</i>	<i>31</i>
<i>Cómo construir un mapa mental.....</i>	<i>32</i>
<i>Ventajas de la cartografía mental.....</i>	<i>36</i>
<i>Evaluación de los mapas mentales.....</i>	<i>38</i>
Capítulo 4. Antecedentes.....	40
Capítulo 5. Método.....	51
Capítulo 6. Análisis y discusión de los resultados.....	56
Conclusiones.....	76
Bibliografía.....	78
A N E X O.....	84
A# 1.....	85
A # 2.....	86
A #3.....	91
A # 4.....	105

Presentación

Este trabajo aborda los fundamentos teóricos que sirven como base para proponer los mapas mentales como una estrategia de aprendizaje; con el fin de favorecer la comprensión del tema “la célula: como unidad de los sistemas vivos”, en el nivel medio superior de educación. Se desarrolló en seis capítulos que a continuación se describen:

Capítulo 1: Constituye la parte introductoria, el planteamiento del problema, la hipótesis, el objetivo general, los objetivos particulares y la justificación.

Capítulo 2: Abarca la importancia de la enseñanza de la ciencia en el nivel medio superior y su problemática; la relación de ésta con la indagación de las ideas previas (como una alternativa para prever los conocimientos de los estudiantes); los modelos científicos, su clasificación, su función como representaciones de la realidad y como estrategias para la producción de conocimientos, los modelos mentales e imágenes como representaciones de alto nivel, esenciales para el entendimiento de la cognición humana y su vinculación con los significados de tipo biológico como es el concepto de célula. Considerándose también diversos factores que influyen en la forma en que el profesor presenta el contenido, y también cómo los estudiantes se acercan a la ciencia.

Capítulo 3: Profundiza la información sobre los mapas mentales, su relación con el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, describiendo su definición, sus características, las técnicas de cómo elaborarlos desde una perspectiva cognitiva, las ventajas en su elaboración, algunos ejemplos y su forma de evaluación.

Capítulo 4: Comprende la descripción de algunos estudios que se han realizado sobre los mapas mentales y la enseñanza-aprendizaje de la biología.

Capítulo 5: Presenta el método que se propone para el trabajo de diseño, población y muestra, técnicas y recolección de datos, la forma de su intervención en el aula y el método de análisis de datos.

Capítulo 6: Presenta los resultados y su análisis mediante la descripción y discusión de los mismos.

Y por último se presentan las conclusiones, la bibliografía y el anexo correspondiente.

Introducción

El presente siglo se inició con tres megatendencias mundiales: la globalización, la masificación de la información y la problemática ambiental. México no escapa de su influencia en prácticamente todos los sentidos (económicos, políticos, sociales, educativos, científicos, técnicos, tecnológicos, etc.) (Prawda y Flores, 2001).

En medio de esta serie de transformaciones la enseñanza de las ciencias ha transitado, en respuesta a las necesidades que le plantea un mundo tan cambiante en sus distintos ámbitos; las cuales requieren considerarse en el modelo educativo de cualquier institución; sobre todo en aspectos relacionados con la formación de un criterio biológico (Cuenca, 2007). En la actualidad, la globalización de la información y la expansión acelerada de la ciencia, tanto básica como aplicada, es llevada casi de inmediato a todos los puntos del planeta a través de internet; por lo que debe procesarse rápida y efectivamente, y así obtener el mayor beneficio posible, adecuándola y organizándola de manera útil al propio aprendizaje de los estudiantes, científicos, y demás personas interesadas en distintos temas (Tapia, 2007). Tal proceso tiene la función de incorporar nuevos elementos que refuercen los existentes o contribuir a una nueva elaboración del conocimiento (Ontoria, 2006).

La búsqueda de procesos que promueven un mayor aprendizaje lleva a considerar a los mapas mentales, que constituyen un excelente apoyo en la manera de procesar la información, considerándolos como una llave que abre las puertas del conocimiento y la memoria, y por ende se establece como una herramienta de mucho valor en el saber actual (Tapia, 2007). Fueron propuestos como una estrategia para aumentar la capacidad de aprendizaje de las personas, por Tony Buzan en 1981, con su teoría del “pensamiento irradiante”, promoviendo un aprendizaje que potencia el pensamiento creativo y, por tanto, establece una combinación de ideas o conceptos para generar otras nuevas (Ontoria, 2006). Con base en ella, los mapas mentales permiten el trabajo en forma organizada, holística, creativa, espontánea y simple (De Montes y Montes, 2002). Considerados como una técnica que estimula el cerebro eficazmente, el cual está hecho para aprender un sin fin de cuestiones y es totalmente capaz de utilizarlas después en su beneficio (Buzan y Buzan, 1996).

Estos procesos son el resultado de algunos cuestionamientos tales como: ¿por qué se presentan tantos problemas en la vida estudiantil?, ¿por qué existe tanto temor por exámenes? ¿Por qué después de cierto tiempo los estudiantes apenas recuerdan algo de

los conceptos y sólo comprenden parte de ellos? sobre todo en el terreno de la enseñanza de las Ciencias. En este ámbito se menciona que se debe a varios factores, entre ellos está el hecho que la mayoría de los maestros que enseñan ciencias requieren conocer más a fondo lo que realmente significa hablar del *conocimiento científico*, ya que la enseñanza se restringe a enumerar una serie de datos que son fundamentalmente resultados de la investigación científica; sin embargo, la enseñanza de los resultados de la ciencia no es una enseñanza científica (Camacho, 2009). Otro factor importante es la complejidad misma del conocimiento científico, el cual es el corolario de una larga cadena de investigaciones y el producto del esfuerzo de un gran número de personas. Tratándose, ante todo, de una manera de pensar, de un proceder intelectual para explicar la realidad (Camacho, 2009).

Tales factores se han observado sobre todo en las ciencias denominadas duras como la Biología, que ha experimentado intensas transformaciones a lo largo del siglo XX, generando una vasta cantidad de información, en la que los estudiantes se encuentran inmersos. Siendo común pensar que los estudiantes después de clase o de haber estudiado un texto se quedan con una idea aproximada de lo que escucharon o leyeron; sin embargo, no es así, las concepciones de los estudiantes en torno a los temas científicos muestran (en los últimos veinte años) que, por el contrario, construyen su propia interpretación y que ésta, por lo general, no coincide con lo que se pretende que adquieran a partir de su paso por la escuela. Estas ideas previas o concepciones alternativas han puesto de manifiesto que el aprendizaje es un proceso mucho más complejo y que, en particular, aquéllas que se refieren a los conceptos científicos presentan, además, una serie de características que las hacen muy difíciles de modificar, al menos por las formas tradicionales de enseñanza (Flores et al., 2001a).

Este problema que se observa para el aprendizaje de la biología, especialmente en temas como la célula, que es un concepto científico (Rodríguez, 2002), que requiere de la construcción de una imagen (funcional y estructural) o representación abstracta con relaciones y procesos complejos (Flores et al; 2000). Se trata de un concepto escolar donde el alumnado manifiesta un cierto conocimiento, pero con una noción borrosa, alejada frecuentemente del “concepto científico”, que le asigna un significado difícilmente comprensible para los estudiantes e inclusive de evidente complejidad para el profesorado (Rodríguez, 2002).

En el presente trabajo se pretende determinar si el uso de mapas mentales favorece el aprendizaje significativo del tema “La célula como unidad de los sistemas vivos” de la materia de Biología I, en alumnos del Nivel Medio Superior, en este caso en el Colegio de

Ciencias y Humanidades (CCH) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con el fin buscar y proponer alternativas en la enseñanza que acerquen de alguna forma a ese complejo sistema de conocimiento que es la ciencia y mejorar su comprensión. Lo que conlleva al planteamiento de las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Qué alcance y eficiencia puede tener el uso de mapas mentales como estrategia de aprendizaje?
- ✓ ¿Se favorecerá un aprendizaje significativo en el tema de la célula a través del uso de mapas mentales como estrategia de aprendizaje?

Hipótesis.

Si los mapas mentales son una excelente herramienta para aumentar el aprendizaje, y en particular su aplicación en biología, entonces favorecerá la comprensión del tema “la célula como unidad de los sistemas vivos”, por los alumnos del nivel medio superior, en comparación con aquellos grupos que no lo utilicen.

Objetivo General.

Analizar y aplicar el mapa mental como estrategia de aprendizaje en el tema “La célula”, en el nivel medio superior (CCH).

Objetivos Particulares.

- ✓ Identificar las ideas previas de los alumnos sobre la estructura y función de la célula.
- ✓ Utilizar el mapa mental como una estrategia de aprendizaje; para que los estudiantes alcancen una percepción más clara sobre el tema.
- ✓ Determinar si los alumnos alcanzaron un aprendizaje significativo en el tema.
- ✓ Evaluar si la estrategia realizada fue útil en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Justificación.

La labor docente requiere de estrategias efectivas que permitan transmitir a los estudiantes los conocimientos mínimos que les ayuden a desenvolverse de manera más competitiva en un medio cada vez más exigente y cambiante. De tal manera, se propone la utilización de mapas mentales como vínculo para la enseñanza y aprendizaje de los alumnos en el área de la biología.

Enseñanza y aprendizaje significativo de la ciencia

Desde diversas posiciones teóricas e investigaciones recientes por distintas disciplinas del conocimiento, se ha considerado que las ciencias han experimentado intensas transformaciones a lo largo del siglo XX; además la biología lo ha hecho en tal medida que incluso se considera que en el siglo XXI lo seguirá haciendo (Golombek, 2008). Pero a tales observaciones ¿cómo es que se representa el conocimiento científico en los niveles educativos?

Se considera que el conocimiento científico debe conformar parte de las propuestas curriculares educativas, en las que se integren los conocimientos científicos y las habilidades técnicas, que permitan promover adecuadamente una formación sólida en ciencias; porque su enseñanza es fundamental y requiere su replanteamiento; pero bien sabemos que desde esta perspectiva curricular la enseñanza de las ciencias en la mayoría de las veces se llega a limitar sólo a la transmisión de una serie de conocimientos desvinculados y muchas veces obsoletos, y el papel del alumno queda solamente en acumular tales conocimientos. En tal situación las instituciones de educación han propuesto promover un modelo de enseñanza que ayude a los alumnos a desarrollar una comprensión más coherente, flexible, sistemática y sobre todo crítica del aprendizaje de las ciencias. De tal forma que este modelo de enseñanza debe favorecer que el alumno adquiera conocimientos teóricos y conceptuales para aprender ciencia; la comprensión sobre la naturaleza de las ciencias, sus métodos de trabajo y que se concientice de las complejas interacciones entre la ciencia, tecnología y sociedad que lo rodea; y no sólo con saber sobre ella, sino implicarse en investigaciones y la resolución de los problemas científicos, con el fin de que sea capaz de proponer acciones sociopolíticas, siendo capaz de adquirir la capacidad de reaccionar de forma adecuada, responsable y efectiva en situaciones de ámbito social, económico, ambiental y ético, con compromiso y a su vez, valorar la importancia de su papel en tales situaciones.

Independientemente de todos estos aspectos, se presenta en las instituciones de educación media superior un punto débil, ya que despliegan pocas propuestas que permiten llevar al aula lo plasmado en dicho modelo educativo (Camacho, 2009). Estas instituciones asumen que existe una diferencia muy marcada entre el perfil de egreso esperado y el alcanzado; con estudiantes que carecen de aprendizajes relevantes y significativos, con bajos niveles aprovechamiento, falta de interés por la ciencia, e incluso con deserción escolar (Pacheco, 2004) que son situaciones educativas muy importantes y

que lamentablemente son cotidianas. Incluso los alumnos que tienen interés por las ciencias, que son en general una minoría en todos los países, tienen enormes dificultades de aprendizaje. Proponer soluciones para el problema no consiste solamente en hacer modificaciones a los temas que se presentan a los alumnos en el aula, y que por muy interesantes que sean, si se presentan de manera que los alumnos no aprecien qué sentido tiene aprenderlos, o bien, de manera que no se favorezca el aprendizaje, la situación actual tiende a perpetuarse (Justi, 2006).

En los últimos treinta años se ha venido desarrollando una nueva forma de abordar el problema de la enseñanza de las ciencias, relacionada con las ideas previas, donde se reconoce que los estudiantes tienen distintas formas de representar y entender la naturaleza, diferente a la explicación científica y con las cuales pueden describir y explicar gran parte de los fenómenos. Se encuentran que uno de los principales problemas para el aprendizaje de los conceptos científicos es la manera en como los estudiantes constrúan sus representaciones conceptuales, y la representación de los fenómenos naturales (Pacheco, 2004).

Bajo estas situaciones se desarrollaron programas de investigación por diversos autores en torno a las ideas previas, tal como plantea Pacheco (2004), en su análisis sobre las ideas previas en el tema de célula, de los alumnos de bachillerato, revelando que sus representaciones conceptuales previas se encuentran fraccionada; así como el hecho de que los estudiantes manifiestan ciertas confusiones y emplean términos inadecuados sobre la célula. En algunas otras se han considerando si éstas han sido elaboradas en situaciones cotidianas, o durante los años de escolarización, tanto al momento de seleccionar y organizar los contenidos que se van a enseñar y también cuando se propone una metodología de enseñanza. Además como estas ideas previas tienen sentido para los alumnos y son útiles cuando justifican las explicaciones que deben realizar, en general están firmemente arraigadas en la estructura cognitiva de los alumnos y, por tanto, son muy resistentes al cambio (Justi, 2006); al menos por las formas tradicionales de enseñanza (Flores et al., 2001a).

Estas investigaciones, realizadas en las distintas disciplinas científicas, han permitido definir cómo los alumnos modifican sus ideas previas acercándolas a las ideas científicas; por lo que se han definido estas ideas como el conjunto de representaciones conceptuales sostenidas por los estudiantes, derivadas de su interacción con los fenómenos naturales y que proporcionaron explicaciones e interpretaciones del conocimiento que reciben en la escuela (Pacheco, 2004).

Estas construcciones personales hacen alusión a la explicación, interpretación y predicción de un fenómeno que no siempre corresponden con la interpretación que da la ciencia. Son ideas elaboradas de modo espontáneo por el aprendiz en su interacción cotidiana con el mundo y por la influencia del medio escolar (Díaz-Barriga y Hernández, 2002; Pacheco, 2004).

Duit y Treagust (2003) hicieron un resumen de algunos argumentos que muestran qué elementos esenciales tienen las propuestas que tratan de favorecer el cambio en las ideas de los alumnos. Según ellos:

- ✓ Comprender las ciencias engloba conocimientos *de* conceptos y principios científicos y *sobre* ese mismo conocimiento. Por lo que los conceptos científicos no existen de forma aislada unos de otros (en muchas ocasiones, de otras áreas de la ciencia) e independientemente de los contextos sociales, ambientales y tecnológicos en que aparecen.
- ✓ No solo se debe hacer énfasis principalmente en el aspecto racional, es decir, en la estructura lógica de los contenidos de la ciencia, sino también en los aspectos afectivos y sociocognitivos del aprendizaje.
- ✓ No se debe hacer énfasis en el conflicto cognitivo, que produce el cambio conceptual mediante rápidas confrontaciones de ideas, si no también que el aprendizaje es un proceso gradual de enriquecimiento y reestructuración de las estructuras conceptuales de los alumnos (Justi, 2006).

De estos argumentos se ha contribuido a la comprensión acerca de los procesos de enseñanza-aprendizaje, procesos complejos donde es importante buscar una mayor integración de elementos en las propuestas de investigación, que traten de favorecer el aprendizaje. Cuestión que sería importante es que estuviesen también constituidas por algunos elementos metodológicos –no en el sentido de ofrecer recetas para que los profesores puedan enseñar un determinado tema, sino de orientar a estos acerca de aquellos aspectos en los que debe centrar la atención durante el proceso de enseñanza (Justi, 2006). Desde este punto de vista, se desarrolla una propuesta de enseñanza de ciencias basada en actividades de construcción de mapas mentales para favorecer el aprendizaje significativo.

Ciencia y modelos.

Se ha resaltando que la estrategia para la producción de conocimientos es la construcción, utilización y revisión permanentes de modelos, tanto por científicos individuales, como por la comunidad de pares (Conant y Hacgeland; 2002; Hempel, 2005; Giere, 1992).

Gilbert (1991) propone definir la ciencia como "un proceso de construcción de modelos conceptuales predictivos". Donde resulta imposible separar a la ciencia y a su enseñanza de los modelos, dado que éstos son productos de la ciencia y a su vez las principales herramientas de aprendizaje y enseñanza (Gilbert, 1993; citado por Felipe, et al; 2005). Se ha escrito mucho desde la historia y la filosofía sobre el papel que juegan los modelos y el modelado en el proceso científico, así como en sus producciones (Black, 1972). Sugiriéndose que los modelos representan el mejor retrato de la producción científica (Gilbert, 1991).

Durante la práctica docente es característico que se recurra al uso de tales modelos con el fin de acercar, en la medida de lo posible, a los estudiantes a algún aspecto de la realidad científica, sin embargo, es fundamental que sean capaces de generar sus propias construcciones en torno a ella; aunque se ha mencionado que éstas son de naturaleza temporal; estas construcciones cumplen un papel muy importante en la construcción del conocimiento y sobre todo en la comprensión de los fenómenos naturales, suministrándoles ideas y conceptos pertinentes dentro de una teoría que permita ayudarlos a realizar sus propias predicciones, así como describir y explicar los fenómenos naturales. Por lo tanto los modelos deben permitir simplificar fenómenos o facilitar su trabajo; aunque suele suceder que coexistan distintos modelos que se pueden utilizar para describir un mismo aspecto de la realidad, por tales bondades el uso de modelos científicos en el proceso de aprendizaje, han demostrado ser importantes ayudas para la enseñanza (Justi, 2006).

Clasificación de los modelos.

Como modelo se han definido aquellas representaciones físicas, explicaciones o ideas referidas a objetos o procesos reales. Felipe y sus colaboradores (2005) señala que Gilbert y Boulter (1995) diferencian los modelos según su papel: modelos consensuados, modelos expresados y modelos mentales (Gilbert y Boulter, 1995 en Felipe et al., 2005).

Felipe y colaboradores (2005), desarrollaron una tipología para clasificar a los modelos (según su tipo, forma y estrategia de utilización) que permita incluir, tanto a los

modelos presentes en las publicaciones científicas utilizadas por los alumnos, como otros tipos de representaciones de dichos modelos (Figura 1):



Figura 1.- Clasificación de los modelos con base en su naturaleza y criterios de elaboración (Felipe et al., 2005).

En tal clasificación cabe mencionar que para efectos del presente estudio, los modelos icónicos son de interés, ya que se caracterizan porque tratan de mantener o conservar los rasgos del fenómeno modelado en forma y/o funcionamiento, a pesar de elaborarse a determinada escala. Se pueden elaborar por magnificación (de una célula, de un órgano pequeño) o por reducción (maqueta de un barco) (Felipe et al., 2005).

Modelos científicos en la enseñanza.

La modelización ocupa un lugar importante en muchas propuestas curriculares. Entre los requisitos para una enseñanza de las ciencias acorde con la concepción contemporánea de las mismas. Jiménez y Sanmartí (1999) indican que se debería contemplar a la ciencia como construcción de modelos provisionales.

Los modelos de enseñanza juegan un papel importante en la educación científica y pueden ser definidos como modelos especialmente desarrollados para ayudar a los estudiantes a comprender modelos consensuados y a sostener la evolución de modelos mentales en determinadas áreas. Dada esta función, los modelos de enseñanza tienen un especial nivel de complejidad; esto es, deben preservar la estructura conceptual del modelo consensuado, demostrar el constante y dinámico interjuego a través de la acción en ciencia y negociar con el conocimiento previo de los estudiantes para proveer modos en los que puedan construir su comprensión personal de la ciencia (Felipe et al., 2005).

Por lo tanto “Los modelos científicos en la enseñanza de la ciencia pretenden mostrar a los alumnos, que son esencialmente modelos de consenso, esto es, que han sido aceptados dentro de la comunidad científica y para enseñar este tipo de modelos se generan los llamados modelos educativos” (Muñoz, 2009b).

Islas y Pesa (2002) señalan que la transformación de un modelo consensuado en un modelo pedagógico es realizada por los autores de los libros de texto, docentes y diseñadores del currículum (Felipe et al., 2004). Sobre la base de modelos pedagógicos se estructuran muchas actividades de las clases con el propósito de promover en los estudiantes la construcción de representaciones internas que sean consistentes con el modelo consensuado (Figura 2).

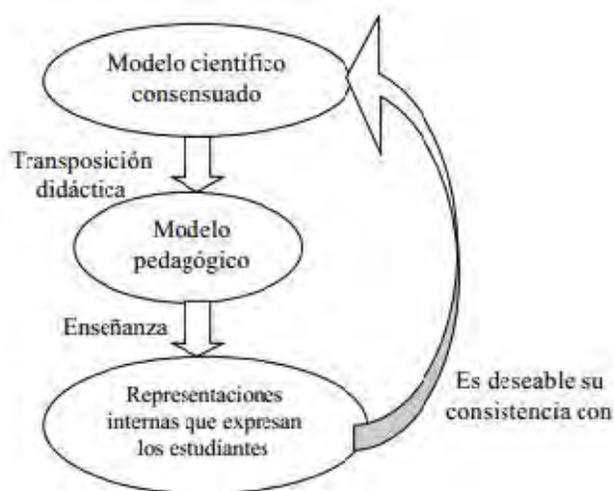


Figura 2. Representación esquemática del proceso por el cual un modelo científico es incorporado en la estructura cognitiva de los estudiantes (Felipe et al., 2004).

Los estudiantes desarrollan una amplia variedad de comprensiones en torno a la noción de modelo, en el transcurso de su educación en ciencias (Justi, 2006).

En las situaciones de enseñanza y de aprendizaje, los estudiantes pueden conocer, comprender y elaborar modelos y además desarrollar una mejor comprensión de los procesos y propósitos de la ciencia junto con los contenidos mediante la modelización (Felipe et al., 2005). Gilbert y sus colaboradores (1998), también han destacado la ventaja del aprendizaje de la modelización, al consignar que la utilización de modelos permite contar con un marco organizacional para el aprendizaje de la ciencia (Felipe et al., 2004).

Dado que el proceso de modelización es una parte significativa de los procesos y productos de la ciencia, es importante que los estudiantes obtengan algunos conocimientos sobre dichos modelos y su papel en la construcción del conocimiento científico. Los estudiantes necesitan adquirir experiencia trabajando con modelos (utilizándolos como una herramienta para resolver problemas), reflexionando sobre esas

experiencias, discutiendo las funciones de los modelos en la investigación científica (Felipe et al., 2005).

Entender a los modelos científicos y su significado, implica reconocer que los mismos son representaciones de objetos, procesos o fenómenos y que se originan a partir de una actividad mental. En su intento por comprender los conceptos científicos y utilizarlos en la resolución de problemas, los alumnos elaboran representaciones internas que, generalmente, se diferencian de los modelos científicos (Justi y Gilbert, 1999). Este cambio representacional debe incorporar la comprensión de los conceptos y los modos de elaboración de las ciencias, para la cual se evoluciona desde los modelos conceptuales hasta los teóricos. Pedagógicamente implica un cambio en la actividad docente, ya que se necesita la elaboración, evaluación y aplicación de los modelos (Zamorano et al., 2006).

Lamentablemente, la preparación de los profesores de ciencias es pobre en este aspecto y en muchos casos se comprueba que adquieren modelos conceptuales similares que sus alumnos. Debido a la falta de contenidos epistemológicos en los programas de los profesores se tiende a utilizar el modelado de forma “ad hoc”, sin advertir las limitaciones de las analogías (Zamorano et al., 2006).

La aplicación didáctica del modelo puede ser considerada como un razonamiento continuo en el cual el profesor comienza conociendo las capacidades representacionales básicas de los alumnos (modelos conceptuales) y trata de aproximarse al entramado de conocimientos científicos (modelos teóricos) (Adúriz-Bravo y Izquierdo, 2009).

Zamorano et al. (2006) han propuesto sustentar la enseñanza del nivel medio formando profesores a través de los modelados, tanto de los contenidos científicos, en la naturaleza de la ciencia, como en las estrategias necesarias para las clases, aunque encuestas realizadas a docentes de ciencias señalan una visión limitada de los modelos; se les considera meramente una representación descriptiva de los fenómenos con el fin de ser utilizada por quienes lo entienden, y dirigida a aquellos que no lo entienden, pero ésto no es lo esencial en una clase de ciencias. Los profesores tampoco tienen en cuenta su utilización para la formulación de hipótesis a pesar del énfasis puesto en el poder explicativo y predictivo de los modelos.

Zamora y sus colaboradores (2006) destacan que Van Driel y Verloop (1999) indican que las diferentes formas de concebir el modelo por parte de los profesores provienen de sus formaciones epistemológicas. La gran mayoría, de orientación constructivista, piensa que pueden coexistir distintos modelos en el estudio de un objeto específico. Otros profesores persisten en utilizar una visión positivista considerando al modelo como un

instrumento justificativo de los datos, y si el modelo resulta válido es porque está cercano a la realidad (Van Driel y Verloop, 1999 en Zamorano et al., 2006).

Paralelamente, se desaprovecha al modelo como herramienta para el conocimiento explicativo y en sus características procedimentales, así como el desarrollo de habilidades de análisis e interpretación. La actitud del docente será la clave para llevar a cabo la propuesta, ya que el profesor puede promover en sus alumnos el uso del pensamiento, ampliando un tema de debate a través de la reflexión e imaginación, o por el contrario puede eliminar esos procesos mediante una mera transmisión, con una explicación fija. Si se diera el primer caso, los recursos didácticos deberán ser elegidos por su susceptibilidad a la transformación conceptual y presentarlo como una invitación a la especulación, de tal forma que el alumno debe llegar a ser parte del proceso de interpretación y elaboración de conocimientos. El profesor deberá establecer un medio pedagógico efectivo para atravesar ambos mundos. De modo que la enseñanza basada en modelos requiere conocimiento del pensamiento de los alumnos y de sus modelos conceptuales. Su papel debe ser el de tender puentes entre las representaciones de los alumnos y los modelos científicos, por lo que debe conocer ambas visiones, las representaciones de los alumnos se conocen a través de sus preconcepciones y nociones empíricas causales. En la actividad de los científicos, además de razonamientos analógicos predominan los simbolismos y las abstracciones (Zamorano et al., 2006).

Para esto, es importante reflexionar profundamente en la modelización para transformar los contenidos de enseñanza: ¿Qué se hace al modelizar? ¿Qué es lo que esto aporta? ¿Cómo funciona esto en el pensamiento científico? ¿Con qué medios? ¿Qué sugerencias de progresiones, de ritmos de aprendizaje, pueden ser propuestos para organizar la enseñanza? (Martinand, 1986).

Justi (2006) menciona que un aspecto importante que han destacado Morrison y Morgan (1999) es que los modelos son instrumentos mediadores entre la realidad y la teoría, porque son autónomos con relación a ambos. Según estas autoras, los elementos que contribuyen a tal autonomía están relacionados con:

- ✓ El proceso de construcción de modelos. Los modelos se construyen a partir de una mezcla de elementos, tanto de la realidad modelada como de la teoría, y también de otros elementos externos a ellos. Además su construcción siempre implica simplificaciones y aproximaciones que han de ser decididas independientemente de requisitos teóricos o de condiciones de los datos.
- ✓ La función de los modelos. Son instrumentos que adoptan formas distintas y tienen muchas funciones diferentes.

- ✓ El poder de representación de los modelos. Permite que los modelos funcionen no solamente como instrumentos, sino que además enseñen algo sobre lo que representan. Funcionando como una herramienta de investigación en la predicción.
- ✓ El aprendizaje. El aprendizaje puede tener lugar en dos momentos del proceso: en la construcción y en la utilización del modelo. Cuando se construye un modelo, se crea un tipo de estructura representativa, se desarrolla una forma científica de pensar. Por otro lado cuando se utiliza un modelo, aprendemos sobre la situación representada por el mismo (Morrison y Morgan, en Justi, 2006).

Enseñar ciencia en la escuela implica ayudar al alumnado a construir modelos significativos para ellos. Estos modelos serán relevantes si se conectan con fenómenos familiares sobre los que puedan pensar, hablar y actuar. Pensar a través de modelos supone establecer relaciones entre “lo real” y “lo construido”, y desarrollar una visión multicausal considerando simultáneamente más de una variable, con la finalidad de poder predecir y explicar. Se llama modelizado al proceso de construcción de estas relaciones que se consideran clave para aprender ciencias, puesto que a través de él los estudiantes aprenden a “dar sentido” a los hechos de su mundo, utilizando modelos cada vez más complejos (García, 2005).

Justi (2006) define a la ciencia como un proceso de construcción de modelos con distintas capacidades de previsión. Esta definición une los procesos (de elaboración de modelos y de utilización de los mismos como herramientas del pensamiento científico) y los productos (modelos generados para tales procesos) de la ciencia. Plantea la construcción de modelos como un aspecto fundamental en el proceso dinámico y no lineal de construcción del conocimiento científico (Justi, 2006).

Tal proceso como un tejido de conceptos y preposiciones interrelacionados que permiten explicar y prever fenómenos, más que como algo independiente de las observaciones o evidencias de los mismos (Hodson, 1998 en Justi, 2006).

Por otro lado se menciona que la capacidad de construir modelos es una destreza tácita, que debe de ser aprendida y no enseñada. Siendo una de las destrezas esenciales para que alguien construya un modelo es la creatividad, por ello la construcción de un modelo puede ser considerada también como un arte (Morrison y Morgan, 1999; en Justi, 2006).

Justi (2006) integra elementos de distintos trabajos, que organizados producen un modelo cognitivo de la ciencia; en forma de esquema discute el proceso que siguen los científicos en la construcción de modelos en general. Propone un modelo cognitivo de la ciencia, apoyándose en esquemas más simples propuestos por Clement (1989),

complementándolos con nuevos elementos y haciendo explícitas las relaciones adicionales entre todos los elementos. Este modelo se presenta en la Figura 3.

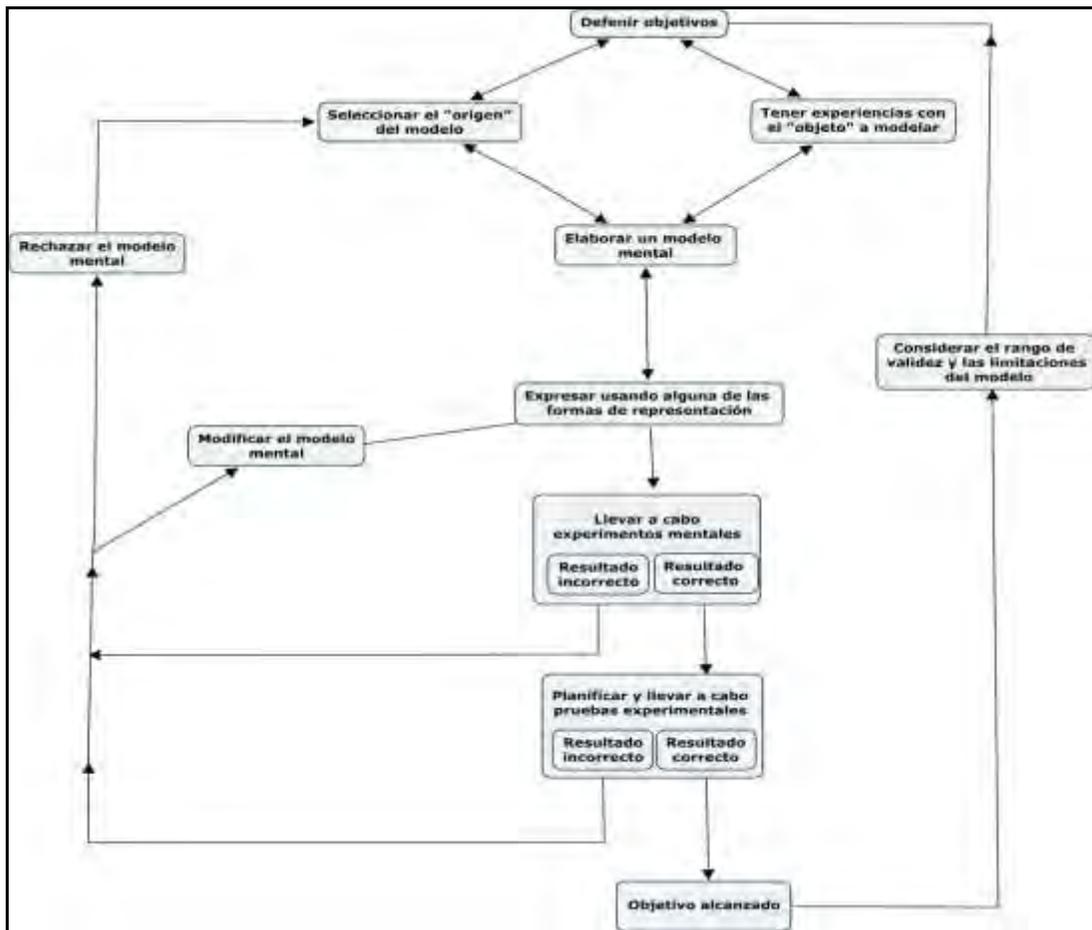


Figura 3. Un modelo para el proceso de construcción de modelos (Justí y Gilbert, 2002a).

La propuesta que presenta Justí y Gilber, (2002a), se basa en la utilización, por parte del profesor, del modelo de construcción de modelos, en las etapas de planificación y puesta en práctica de la enseñanza, por lo que se espera que, a medida que los alumnos se vean inmersos en actividades planificadas desarrollen también una forma de pensar que incluya por lo menos los principales elementos del modelo y que puedan utilizarse en otras situaciones, relacionadas o no con las ciencias; es decir, de aprender el modelo curricular, que el profesor pretende enseñar a partir de su propias ideas.

La perspectiva de la utilización del modelado en la enseñanza concuerda con la evidencia de que los primeros razonamientos de los niños están contenidos dentro de una amplia variedad de dispositivos representacionales, los que inicialmente involucran imágenes visuales y alguna otra forma de simbolización del mundo externo (Zamorano et al., 2006).

Modelaje de la ciencia en el aprendizaje significativo.

Los estudiantes llegan al aula con modelos espontáneos, básicamente útiles aunque no necesariamente verdaderos desde el punto de vista científico (Zamorano et al., 2006), con los cuales se explican el mundo antes de ir a la escuela. Estos modelos les permiten hacer predicciones y decidir las acciones a tomar, Laird (1983) los denomina modelos mentales, definidos como una representación de un cuerpo de conocimientos que satisface a las siguientes condiciones (Zamorano et al., 2006):

- ✓ Su estructura corresponde a la situación que representa.
- ✓ Consisten de elementos que corresponden a entidades perceptibles que pueden ser concebidas como imágenes.
- ✓ No contiene variables, pues representa entidades específicas.

Comprender un estado de las cosas del mundo natural, un evento físico cualquiera, o un concepto de las ciencias naturales, implica tener un modelo mental de ellos. Es decir, cualquier individuo capta los fenómenos del mundo natural construyendo modelos mentales; está a través de los modelos conceptuales que funcionan como instrumentos de enseñanza y a su vez los modelos mentales como instrumentos de aprendizaje; originando un proceso de modelado (Zamorano et al., 2006).

Enseñar y aprender ciencia no es una tarea fácil, ya que no consiste en llenar la mente de los estudiantes con conocimiento que se considera útiles. En este proceso están involucrados una serie de factores que contribuyen a la paulatina construcción del conocimiento; un aprendiz no se vuelve experto en unos cuantos meses, así como tampoco un estudiante construye sus conceptos científicos en poco tiempo; para ello requiere de un largo proceso donde están presentes sus “propias ideas” sobre los conceptos, que por lo regular satisfacen sus explicaciones; sin embargo, muchas veces estas ideas constituyen un verdadero obstáculo que le impiden seguir avanzando en su comprensión de conceptos más abstractos, ya que cuando el alumnado llega a las clases de ciencias ya representó al mundo físico cotidiano, inicialmente a través de los modelos mentales contruidos por percepción, por experiencia directa con el mundo, o por analogía con otros modelos generados, y posteriormente a través de esquemas de asimilación u otros constructos cognitivos estables. Estos modelos mentales pueden ser deficientes en varios aspectos, con significados erróneos o contradictorios, pero que a su vez le son funcionales y pueden ser precursores de representaciones mentales estables. Pueden también generar modelos mentales híbridos (Greca y Moreira, 1998).

Desafortunadamente, en las clases de ciencias lo que se ve es que los alumnos tienden a trabajar con preposiciones aisladas, memorizadas de manera literal y arbitraria.

Las ecuaciones, leyes y definiciones de la Física, Química y Biología son representaciones proposicionales que están articuladas en modelos conceptuales y que exigen, por parte de quienes quieren comprenderlas, la construcción de modelos mentales. Sin este proceso estas representaciones proposicionales carecen de significado, ya que solo pueden adquirirlo a luz de modelos mentales (Moreira et al., 2002).

Los inicios del estudio de modelos mentales que acontecen durante los procesos de aprendizaje fueron propuestos por Laird (1983) donde plantea una teoría de modelos mentales. Propone que para la comprensión del concepto de modelo mental es necesario empezar con el concepto de representación que se refiere a cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que representa alguna cosa que es típicamente algún aspecto del mundo exterior o interior (o sea, de nuestra imaginación) en su ausencia. La palabra muñeca o el dibujo de una muñeca son representaciones externas que permiten evocar el objeto muñeca en su ausencia (Moreira et al., 2002).

Las *representaciones mentales* son representaciones internas, son maneras de “representar” internamente, de volver a presentar en nuestras mentes, el mundo externo (Moreira et al; 2002; Rodríguez, 2004; Tamayo et al., 2003).

Se puede distinguir entre representaciones mentales analógicas y proposicionales. La imagen visual es la representación analógica prototípica, pero hay otras como las auditivas, olfativas o táctiles. El perfume de una rosa puede ser evocado a través de una imagen olfativa, lo que significaría que estaría internamente representado por una imagen olfativa también en nuestras mentes. Las imágenes son representaciones mentales concretas, formas de “ver” las cosas, los fenómenos, a las que se recurre para recuperar y captar la esencia de las mismas, cuanto menos, los detalles que han resultado relevantes al individuo que las construye (Moreira et al., 2002).

Retomando a Johnson-Laird (1983), cabe mencionar que postuló en un principio al menos tres tipos de representaciones mentales: *representaciones proposicionales* (cadenas de símbolos), *modelos mentales* (análogos estructurales del mundo) e *imágenes* (perspectivas de un modelo mental), todas ellas necesarias para poder explicar las maneras en que las personas razonan, hacen inferencias, comprenden lo que los otros hablan y entienden el mundo.

Para la presente investigación sólo se enfocará a las categorías de los modelos mentales e imágenes. Un modelo mental *representa* un estado de cosas, y consecuentemente su estructura no es arbitraria, tal y como lo es una representación proposicional (por ejemplo, la frase anterior, “el libro está sobre la mesa”, puede referirse

a cualquier libro, abierto, cerrado, nuevo, viejo, sobre cualquier mesa, en la medida en que es abstracta y puede representarse de maneras diversas); el modelo mental desempeña un papel representacional analógico estructural y directo. Su estructura refleja aspectos relevantes del estado de cosas, correspondientes en el mundo real o imaginario. Dichos modelos pueden ser básicamente analógicos (por ejemplo: basados principalmente en imágenes) (Moreira et al., 2002).

A diferencia de las representaciones proposicionales, los modelos mentales no tienen estructura sintáctica; su estructura es tal y como se percibe o se concibe la realidad. Así, los modelos mentales, por su carácter dimensional, pueden ser manipulados más libremente, de manera controlada sólo por las propias dimensiones del modelo. Los modelos mentales pueden tener dos o tres dimensiones, pueden ser dinámicos e, incluso, pueden tener un número mayor de dimensiones en el caso de individuos con talento. Un modelo mental de una molécula de grafito puede tener dos o tres dimensiones, y puede ser dinámico, permitiéndole al sujeto explorar, por ejemplo, las deformaciones que sufre el material cuando es afectado por altas presiones. Un modelo mental de célula puede representarla en un plano o con volumen y puede atribuirle su funcionamiento característico o sólo abordar y dar cuenta de su estructura (Moreira et al., 2002).

Las *imágenes*, para Johnson-Laird (1983), son producto tanto de la percepción como de la imaginación. Representan aspectos perceptibles de los objetos correspondientes del mundo real. Un ejemplo claro puede ser el concepto “célula” para el que muchos estudiantes generan una imagen simple, estática, “huevo frito”, que opera en sus mentes de manera aislada, proposicionalmente, pero a la que no le atribuyen ningún sentido, ningún significado, no suponiendo la construcción de un modelo mental subyacente como análogo de lo que una célula es conceptualmente (Moreira et al., 2002).

Las imágenes, así como los modelos mentales, son altamente específicas; por ejemplo, no se puede formar una imagen de un plano inclinado en general, sólo de planos inclinados específicos; sin embargo, si existiera un modelo subyacente, éste tendría todas las relaciones necesarias para definir plano inclinado y decidir si alguna figura o alguna afirmación respecto a ello es verdadera o falsa (Moreira, et al., 2002).

También las imágenes son susceptibles de continuas transformaciones, tales como rotaciones, traslaciones o expansiones. Lo que Johnson-Laird (1983) dice al revisar este concepto es que algunas personas razonan con ellas, usándolas en sus modelos mentales, pero no todas y no necesariamente supone una mayor eficacia en los procesos de razonamiento, aunque parece haber ciertos indicios de ello (Moreira et al., 2002).

Los modelos mentales y las imágenes pueden ser diferenciados no sólo a nivel estructural – tal como ha sido indicado hasta ahora – sino también a nivel funcional. Según Johnson-Laird (1983), los modelos mentales y las imágenes son representaciones de alto nivel, esenciales para el entendimiento de la cognición humana (Moreira et al., 2002).

Aunque en su nivel básico el cerebro humano pueda computar las imágenes y los modelos en algún código proposicional (“mentalés”), el uso de modelos e imágenes libera la cognición humana de la obligación de operar proposicionalmente en “código de máquina”. Dichas representaciones de alto nivel pueden compararse con los lenguajes de programación de computadoras. En un último análisis, la computadora trabaja en un código binario, pero el programador no: usan lenguajes de alto nivel que le permiten pensar sobre lo que tiene que hacer el ordenador utilizando el código binario. Los lenguajes de programación de alto nivel son traducidos por los ordenadores en código binario cuando son compilados (Moreira et al., 2002).

Análogamente, las imágenes y los modelos mentales serían traducidos por la mente en algún código proposicional propio, que correspondería al código de ceros y unos del ordenador. La metáfora del ordenador, la mente como un sistema de cómputo, es básica en Psicología Cognitiva, pero eso *no significa* que la mente opere también en un código binario. (¡Las metáforas tienen sus peligros!). La mente tiene su código propio, “mentalés”, que no es consciente, al cual no se tiene acceso ni se necesita tenerlo pues se opera muy bien con proposiciones, imágenes y modelos mentales, todos en el sentido de Johnson-Laird (Moreira, 1997).

En los últimos años han sido de interés los trabajos dedicados a la investigación de las representaciones y su influencia en los procesos educativos. Algunos de estos estudios han mostrado que en el proceso de aprendizaje, los alumnos crean algún tipo de construcción simbólica con el fin de codificar y relacionar la información y, así, hacerla más significativa (Chamizo y Márquez, 2006).

La atribución de significado biológico, de vida, a la entidad “célula” se demoró dos siglos en los que básicamente se trabajaba con su imagen; ese sentido vivo, ese conjunto de procesos que lo permiten supone un conocimiento altamente estructurado en términos conceptuales de difícil aprehensión por parte del alumnado, cuya comprensión exige la construcción de un modelo mental explicativo y predictivo, que dé sentido a ese funcionamiento característico de la materia viva (Rodríguez, 2002).

Es fundamental que un estudiante se apropie de la lógica y el lenguaje de la disciplina en la cual quedará inmerso, o que por alguna razón requiere para acreditar una

materia en cualquier nivel de estudios. Por ello es importante establecer como los estudiantes decodifican la información, y luego cómo la recodifican vía la representación, utilizando modelos mentales (Muñoz, 2009b).

En este sentido, conceptualizar a la célula es muy importante debido a que constituye la base sobre la cual al alumno construirá conceptos más complejos, como los relacionados con la genética, entre otras disciplinas (Pacheco, 2004).

“Célula” es un concepto científico introducido por la escuela, ya que no forma parte del conocimiento cotidiano de sentido común (Caballer y Giménez, 1992); se trata de un concepto que ha evidenciado serios problemas de comprensión en su aprendizaje, no sólo en biología celular, sino también al conocimiento relativo a los seres vivos en general (Rodríguez, 2000b). Y es un concepto necesario en la formación de los jóvenes del siglo XXI, por cuanto se ha constituido en un elemento estructurante y básico para comprender el comportamiento de los organismos, el concepto mismo de “ser vivo” como tal (Rodríguez et al., 2001). Es un concepto complejo y abstracto para los alumnos (Calixto, 2009).

El aprendizaje del tema de la célula, es un proceso complejo porque “requiere de la construcción de una imagen (funcional y estructural) o representación abstracta con relaciones y procesos complejos” (Flores et al., 2001a).

Además, se han establecido diferentes problemas conceptuales sobre: “...el entendimiento de la célula como un organismo autónomo y las funciones que desempeña hasta las dificultades en sus representaciones espaciales y métricas, resultando en confusiones entre células, átomos y moléculas,...para los estudiantes quiénes no son capaces de integrarlos dentro de una imagen total” (Flores et al., 2001b).

Al realizar investigaciones sobre el tema de célula con estudiantes de bachillerato, Pacheco (2004) señaló que la dificultad de la idea de entender a la célula como objeto tridimensional, “puede deberse a varios factores entre los que destacan: la actitud con la que se enfrenta la tarea, las habilidades de cada alumno para dibujar, cómo se obtuvo la muestra, cómo se preparó la iluminación y el enfoque, pero además...existen otras causas que tienen que ver con las destrezas de observación del estudiante, es decir la capacidad de reconocer las estructuras cuando cambia la orientación y las destrezas analíticas” .

Muñoz (2009b), señala que las imágenes deberían ser centrales en la práctica educativa cotidiana del aprendizaje de la biología; no sólo porque son la forma convencional que utilizan los científicos para modelar, comunicar, intercambiar, sintetizar y construir conocimiento, sino porque el uso de las imágenes y texto, genera la posibilidad

de almacenar información en la memoria de largo plazo (Rodríguez, 2004), ayuda a organizar la información espacialmente y a entender procesos, temporalmente, porque ofrece la posibilidad de generar imágenes mentales visuales, que en otro momento, crearán las condiciones que ayudarán a comprender fenómenos más complejos y de mayor profundidad. Situaciones que dependerán en gran medida de la forma en que los profesores se comprometan a realizar una adecuada selección de los materiales (entre éstos las imágenes) que utilizan para modelar los contenidos, ya que para comprender un cierto contenido y explicar cómo los conceptos pueden estar interrelacionados, interconectados u organizados con respecto a otros, se debe representarlos mentalmente.

Desde los años sesenta del siglo pasado, los investigadores, psicólogos cognitivos, comenzaron a aseverar que la imaginación mental era una forma de representación fundamentalmente distinta de otras. La imaginación tiene la bondad de ayudar a “dibujar” mentalmente un proceso, no en el sentido de fantasía, si no de creatividad, como una capacidad de los individuos para sistematizar y combinar libremente sus pensamientos y acciones en un todo dinámico a partir de lo que ya existe; en el que resulta un producto original y novedoso con un amplio campo de aplicación, de gran utilidad y dirigido hacia una meta adaptable a la realidad (Ramos, 2003; Sambrano y Steiner, 2000). En ese marco, pudiera parecer que las representaciones a través de los modelos mentales no son importantes, sin embargo, la mayoría de las personas cuando no entienden algo, se basan en las creencias y no en nuestros conocimientos, suelen generar modelos alternos o construir modelos pobres o incompletos; en ese sentido, las ideas previas son parte de los marcos ingenuos o explicaciones que poseen acerca de un tema (Galagosvky, 2004), y en el plano ideal, estas ideas deberían ser transformadas hacia una interpretación de la realidad, cercana a la científica. Algunos estudios han mostrado que en el proceso de aprendizaje los alumnos crean algún tipo de construcción simbólica, como una imagen, con el fin de codificar y relacionar la información y, así, hacerla significativa. Se ha mencionado que las imágenes individualizan las experiencias y le dan significado a los pensamientos, ayudando o impidiendo la habilidad de razonamiento (Chamizo y Márquez, 2006).

Mapas mentales como estrategia en el proceso enseñanza-aprendizaje

Perspectiva cognitiva.

El origen y desarrollo de los mapas mentales está conectado con el movimiento de la ciencia cognitiva o de la “revolución cognitiva”, que surge en la década de los cincuenta del siglo pasado. Se corresponde con la orientación que configura a la sociedad, caracterizada por Ontoria, (2006):

- ✓ La información (sociedad de la información).
- ✓ Por el conocimiento (sociedad del conocimiento).
- ✓ Y por el aprendizaje (sociedad del aprendizaje).

Conceptos que se convierten en el eje de la ciencia cognitiva debido a la intencionalidad de comprender el funcionamiento de la mente humana (Ontoria, 2006).

La evolución del pensamiento cognitivista se refleja en el cambio progresivo del interés temático por el procesamiento de la información, adquisición y significado. Entendiéndose que inicialmente los estudios sobre memoria tuvieron mucha relevancia por priorizar la adquisición de la información. Posteriormente, fueron incrementándose los estudios sobre las capacidades y el “aprender a aprender”, centrados fundamentalmente en la comprensión del significado y su interiorización, es decir, en la creación de estructuras cognitivas y, por consiguiente, en las estrategias de aprendizaje (García, 2004; Ontoria, 2006; Ramírez, 2006; González y Solano (2007); Tapia, 2007; Candia, 2009, Muñoz, 2009a).

Las estrategias de aprendizaje se caracterizan por dos componentes: la secuencia de acciones u operaciones mentales orientadas a la mejora del aprendizaje; y otro, la existencia de una intencionalidad que implica un plan de acción y toma de decisiones para conseguir los objetivos de aprendizaje; que es conciente y planificada (Ontoria, 2006).

Desde esta perspectiva cognitivista, se define el aprendizaje como un proceso de adquisición, reestructuración y cambio de las estructuras de conocimiento, en el que la percepción, atención y memoria, a partir de la interpretación dinámica de los fenómenos, juegan un papel importante (Ontoria, 2006):

- ✓ **Percepción:** facilita la adaptación al contexto y, por consiguiente, ayuda a seleccionar e interpretar los significados de los estímulos sensoriales. Por lo tanto

es un proceso de absorción de información, cuya selección esta influenciada por las ideas, motivaciones e intereses previos.

- ✓ **Atención:** constituye la orientación selectiva hacia los estímulos sensoriales. La actividad se focaliza y concentra en determinados elementos de estimulación.
- ✓ **Memoria:** representa el proceso de retener y recordar los conocimientos adquiridos, y se relaciona con el proceso de comprensión, distinguiéndose dos procesos: a corto plazo y a largo plazo según el tipo de temporalización en la retención y evocación.

Teniendo en cuenta estas ideas, de acuerdo a Ortiz (2002) (Ontoria, 2006), se destacan las siguientes conclusiones en relación con el proceso de enseñanza-aprendizaje:

- ✓ La percepción, atención y memoria son unidades vitales para el proceso de la información.
- ✓ El procesamiento de la información se ve condicionado por las necesidades y motivaciones de los que aprenden, debido a su carácter activo.
- ✓ Los factores socioculturales facilitan o retardan el desarrollo cognitivo del alumnado.
- ✓ Durante la enseñanza es necesario conectar los contenidos con la vida real para que el aprendizaje se convierta en una experiencia significativa.
- ✓ La implicación del alumnado en el proceso de aprendizaje lo lleva a convertirse en un proceso de metacognición en el que toma conciencia de que el aprendizaje es una experiencia del yo.

Sobre estas líneas se sitúa el planteamiento del constructivismo piagetiano, el sociocognitvismo de Vigotsky y el aprendizaje significativo de Ausubel, que implica una relación de la nueva información con los conocimientos organizados que el alumno posee (Ontoria, 2006).

Se incluyen a los mapas mentales dentro de las estrategias cognitivas, porque sirven para aprender, comprender, codificar y recordar la información ordenada hacia una clase de aprendizaje propuesto. Dentro de ésta, los mapas mentales sintonizan con las *estrategias de elaboración y de organización*: con la elaboración, porque una de las funciones de los mapas mentales es integrar y conectar la nueva información con las estructuras de conocimiento interiorizadas y almacenadas en la memoria; y con las

estrategias de organización, porque tratan de combinar todas las ideas personales y las nuevas seleccionadas para conseguir una nueva estructura de organización. Integrándose dentro de un aprendizaje significativo, un proceso de implicación del alumnado en la selección de la información relevante, en la organización coherente y en la integración o reorganización de las estructuras existentes. Su función como *estrategia metacognitiva**, si éstas facilitan la conciencia de los procesos mentales que se ponen en práctica en el proceso de aprendizaje (personas, tareas y estrategias), los mapas mentales constituyen una forma apropiada para conseguirlo, pues es una de sus ideas-base es que el alumnado se percata de sus capacidades para pensar y de sus posibilidades como persona total para el aprendizaje. Una *estrategia creativa*, ya que son el soporte y expresión del pensamiento irradiante, que busca la integración de la persona total en el proceso de aprender (García, 2004; Ontoria, 2006; Ramírez, 2006; Tapia, 2007; Candia, 2009; Muñoz, 2009a).

Los mapas mentales son una estrategia o técnica que potencia las habilidades de estudiar, de aprender y de pensar, y se adapta a la construcción individual y colaborativa del conocimiento (Buzan y Buzan, 1996). Introducir y usar la técnica de mapas mentales es experimentar una forma diferente de explicación y exposición de las clases que llamen la atención de los alumnos y les sea además novedosa y práctica (sin perder su carácter serio y formal) (Ponce, 2006).

Mapas mentales en la enseñanza de la ciencia.

Muñoz (2009b) resalta que el uso de las imágenes vía el mapa mental es una forma de hacer explícito el pensamiento, “es una expresión del pensamiento irradiante y, por tanto, una función natural de la mente humana. Es una poderosa técnica gráfica... para acceder al potencial del cerebro” (Buzan y Buzan, 1996; Muñoz, 2009b).

Los mapas mentales crean la posibilidad de entender dónde se ubica cognitivamente un alumno y acercarlo o apoyarle en la construcción de su conocimiento biológico, ya que los mapas mentales utilizan la capacidad cognitiva para simbolizar ideas, conceptos e imágenes mentales o virtuales, en un contexto determinado.

Así las imágenes permiten atender, percibir, retener o recuperar información, básicamente porque emplean ambos hemisferios del cerebro (Muñoz, 2009a; Ramos, 2003).

*Las estrategias metacognitivas hacen referencia a la planificación, control y evaluación por parte de los estudiantes de su propia cognición. Son un conjunto de estrategias que permiten el conocimiento de los procesos mentales, así como el control y regulación de los mismos con el objetivo de lograr determinadas metas de aprendizaje (Díaz-Barriga, 2002).

porque “requiere de la construcción de una imagen (funcional y estructural) o representación abstracta con relaciones o proceso complejos” (Flores et al; 2001a).

Los mapas mentales pueden apoyar a los estudiantes en sus procesos de visualización y construcción de conocimiento (Ponce, 2006). Mientras los docentes pueden utilizarlos para retroalimentar a los estudiantes y apoyarles en el proceso de construcción de conocimiento biológico, y a abatir o atenuar el problema de la falta de interconexión entre la estructura y función de los organelos celulares, y entender a la célula como un todo activo interactuante y dinámico (Muñoz, 2009b).

La elaboración de un mapa mental ofrece distintas bondades, por ejemplo en una sola hoja o pantalla es posible ver plasmada una cantidad importante de información, de manera creativa, con el sello personal del que lo elabora, y la posibilidad de actualizarlo continuamente, para generar conocimiento e inclusive emplearlo como estrategia de repaso para un examen. Son creativos en el sentido de que cada persona tiene la oportunidad de emplear sus propios códigos para representar información, ello facilitará su recuperación o interconexión. Los mapas mentales se basan en palabras clave, usan una idea o palabra central, a partir de la cual inicia toda una serie de ramas o ideas secundarias, de las que derivan otras menos importantes, pero que están adheridas a ramas superiores. En realidad se trata de una estructura nodal que puede estar altamente ramificada. Las palabras clave deben estar sobre las ramas, las cuales serán más gruesas si están cercanas a la idea central, y más delgadas si se alejan de ella. Se pueden utilizar colores, símbolos, códigos, flechas, tridimensionalidad e inclusive propiciar la idea de movimiento. Es necesario organizar bien el espacio de la hoja de manera horizontal, a fin de lograr organizar la información que puede provenir de las propias ideas, de un libro o para la planeación de una conferencia, entre otros (Muñoz, 2009b; Aguirre, 2007; Ponce, 2006).

En este trabajo se concibió al modelaje como una serie de actividades, en las cuáles los estudiantes utilizarán mapas mentales como forma de representación de los conceptos desarrollados en el tema “La célula como unidad de los sistemas vivos” para formular descripciones y explicaciones de la misma, y analizarán críticamente los modelos utilizados (señalando su utilidad y sus limitaciones).

Mapas mentales.

Los mapas mentales fueron elaborados por el psicólogo inglés Tony Buzan (1996) a mediados de los años setentas del siglo pasado, ideando una técnica específica para cartografiar el pensamiento; con su afán de enseñar a usar todo el cerebro creó un sistema que moviliza el pensamiento irradiante, tomando en cuenta los aspectos básicos de los hemisferios cerebrales, tanto la parte verbal como la parte creativa de las imágenes (Sambrano y Steiner, 2000; Muñoz, 2009a).

Buzan considera que son un instrumento que permite tomar notas en forma más efectiva que por los métodos tradicionales y que son, también, una herramienta para desarrollar múltiples aptitudes de pensamiento en el aprendizaje (De Montes y Montes, 2002).

A continuación se despliegan algunas definiciones que permiten observar los distintos posicionamientos o perspectivas de los mapas mentales con el fin de obtener un panorama más amplio sobre ellos:

- ✓ **Expresión de pensamiento irradiante:** “Es una expresión del pensamiento irradiante y, por tanto, una función natural de la mente humana. Es una poderosa técnica gráfica que ofrece una llave maestra para acceder al potencial del cerebro” (Ontoria, 2006).
- ✓ **Técnica gráfica:** “El mapa mental es una poderosa técnica gráfica que aprovecha toda la gama de capacidades corticales y pone en marcha el auténtico potencial del cerebro” (Ontoria, 2006).

Desde el punto de vista técnico, es un organigrama o estructura gráfica donde se reflejan los puntos o ideas centrales de un tema, estableciendo relaciones entre ellas, y utiliza, para ello, la combinación de formas, colores y dibujos. Trata de crear un modelo en el que se trabaje de una manera semejante a como el cerebro procesa la información (Ontoria, 2006).

- ✓ **Método:** “El mapa mental es un método que destila la esencia de aquello que conocemos y lo organiza de forma visual” (Ontoria, 2006).
- ✓ **Técnica mnemotécnica:** “El mapa mental es una técnica mnemónica multidimensional que utiliza las funciones inherentes al cerebro para grabar en él, de manera más efectiva, los datos y la información” (Ontoria, 2006).

Por lo tanto son una representación gráfica de un proceso holístico en su concepción y percepción, siendo aplicables a cualquier ámbito de la vida, desde el estudio de una asignatura, como herramienta de ayuda para la toma de decisiones vocacionales, la preparación de una ponencia o el desarrollo de proyectos de seguridad y el análisis de casos de investigación criminal, inteligencia y de prevención del delito, entre otros (De la Parra, 2002; Caballero et al., (2006); Ramírez, 2006; Tapia, 2007, Candia 2009 Muñoz, 2009a). Facilitando:

- ✓ Recuerdo.
- ✓ Toma de notas.
- ✓ Repasos efectivos.
- ✓ Unificar y separar conceptos para analizarlos y sintetizarlos secuencialmente, en una estructura creciente y organizada.

Todos los mapas mentales tienen algo en común: su estructura natural compuesta por ramas que irradian de una imagen central, y el uso de colores, símbolos, dibujos y palabras que se enlazan según un conjunto de reglas básicas, sencillas y amigables (De la Parra, 2002; Ramírez, 2006).

Estas bases teóricas se fundamentan en el modelo del proceso del aprendizaje, tomando en cuenta nuevos aportes de la neurofisiología y muy específicamente, en como procesar la información de los hemisferios cerebrales (izquierdo y derecho) (Sambrano y Steiner, 2000). Los mapas mentales tienen como base las imágenes, colores y demás habilidades que poseen ambos hemisferios (Ramírez, 2006; Tapia, 2007).

Características de los mapas mentales.

El mapa mental como reflejo de la actividad mental está constituido por una serie de elementos que asociados e interconectados entre sí, permiten extender el pensamiento en una estructura creciente compuesta de: palabras-imágenes-colores-formas-líneas-flechas-números-símbolos y códigos, etc. (Tapia, 2007). El mapa mental tiene cuatro características esenciales (Buzan y Buzan, 1996):

- a. El asunto o motivo de atención, se cristaliza en una imagen central.
- b. Los principales temas de asunto *irradian* de la imagen central en forma ramificada.
- c. Las ramas comprenden una imagen o una palabra clave impresa sobre una línea asociada. Los puntos de menor importancia también están representados como ramas adheridas a las ramas de nivel superior.
- d. Las ramas forman una estructura nodal conectada.

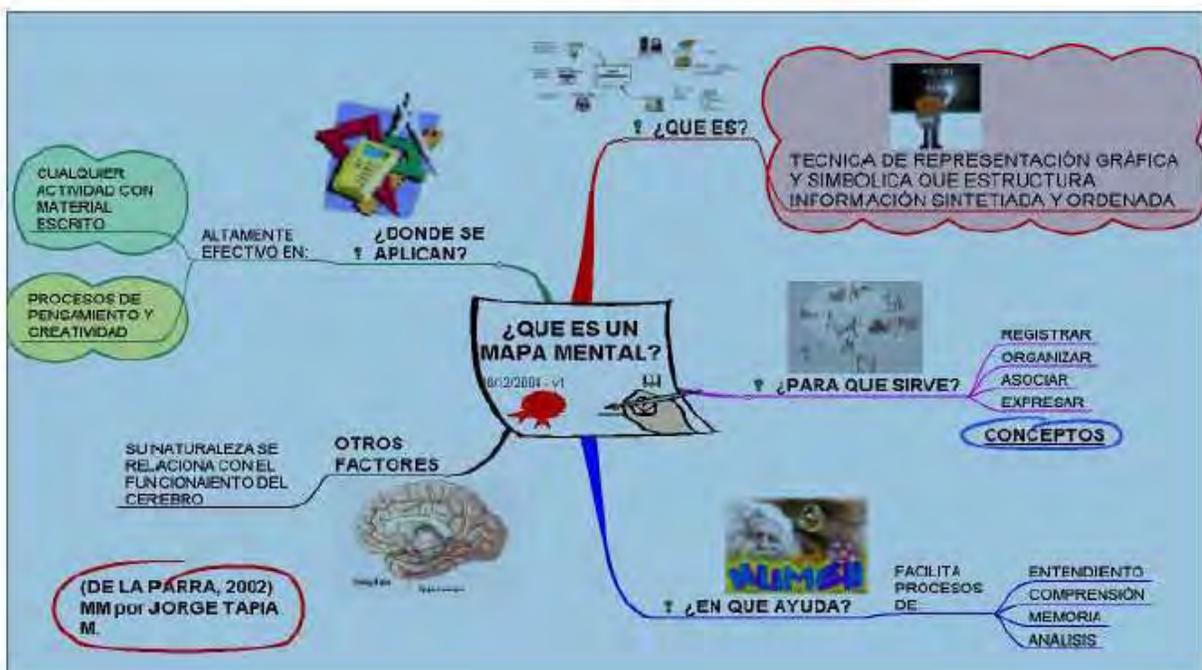
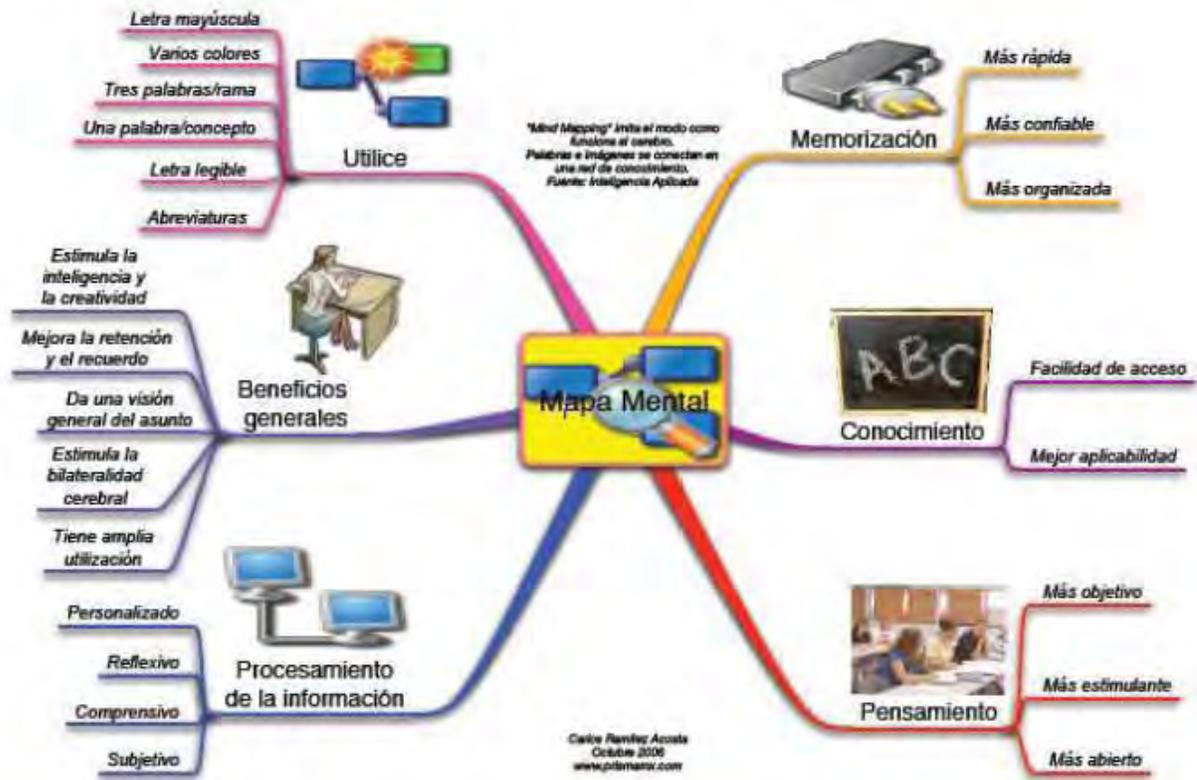
El mapa mental debe ser representativo de lo que se está haciendo. A su vez debe tener un análisis de la situación y una síntesis de la misma (Buzan y Buzan, 1996).

Características de un buen cartógrafo mental (Buzan y Buzan, 1996):

- ✓ Expresar al máximo la creatividad
- ✓ Ser claro
- ✓ Desarrollar un estilo personal
- ✓ Generar ideas propias dentro de la cartografía
- ✓ Tener asociaciones y conexiones ricas parecidas a las redes neurales
- ✓ Tener ideas organizadas básicas
- ✓ Encontrar palabras clave adecuadas.

A continuación se muestran ejemplos de la representación de un mapa mental (De la Parra, 2002) (Tapia, 2007):

EJEMPLOS DE MAPAS MENTALES



Cómo leer un mapa mental

Antes de profundizar en el tema, es necesario dar una breve explicación de cómo se lee y funciona un mapa mental; con el fin de familiarizarse con ellos en la mayor medida posible. De la Parra (2002) y Ramírez (2006) resaltan algunos consejos:

- 1) Se utiliza un mínimo de palabras posible, prefiriendo:
 - ✓ Palabras clave.
 - ✓ Imágenes.
 - ✓ Claves.
 - ✓ Lluvia de ideas, etc.

- 2) Se inicia en el centro de la hoja, colocando ahí la idea central o el objetivo del trabajo o tema a desarrollar.

- 3) A continuación se lee la primera rama o bloque que surge del centro a la parte superior derecha, esto es, como si fuera un reloj de manecillas; a la una (1:00 hrs.), iniciando con la idea principal se irán desarrollando ideas secundarias, ya sea por lluvia de ideas, o ideas relacionadas si es que las tiene.

- 4) Se continúa leyendo siguiendo la dirección de las manecillas del reloj.

Cómo construir un mapa mental.

En seguida se presentan las reglas básicas a considerar cuando se elabora un mapa mental de acuerdo a Buzan y Buzan (1996):

Dichas leyes se dividen en dos grupos: Las leyes de la técnica y las leyes de la diagramación:

Las técnicas:

1) Utilizar el énfasis (Buzan y Buzan, 1996):

- ✓ Usar siempre una imagen central.
- ✓ Usar imágenes en toda la extensión de tu mapa mental.
- ✓ Usar al menos tres colores por cada imagen central.
- ✓ Usar la tercera dimensión en las imágenes y alrededor de las palabras.
- ✓ Usar la *sinestesia* (fusión de los sentidos).
- ✓ Variar el tamaño de las letras, las líneas y las imágenes.
- ✓ Organizar bien el espacio.
- ✓ Usar un espaciado apropiado.

2) Utilizar la asociación (Buzan y Buzan, 1996):

- ✓ Tener presentes las siete columnas metodológicas.
- ✓ Utilizar flechas cuando se quiera establecer conexiones dentro del diseño ramificado y a través de él.
- ✓ Utilizar colores.
- ✓ Utilizar códigos.

3) Expresarse con claridad (Buzan y Buzan, 1996):

- ✓ No usar más que una palabra clave por línea.
- ✓ Escribir todas las palabras con letra de imprenta.
- ✓ Escribir las palabras clave sobre las líneas.
- ✓ La longitud de las líneas debe ser igual a la de las palabras.
- ✓ Unir las líneas entre sí, y las ramas mayores con la imagen central.
- ✓ Conectar las líneas con otras líneas.

- ✓ Las líneas centrales deben ser más gruesas y con forma orgánica.
- ✓ Conseguir que los límites enlacen con la rama de la palabra clave.
- ✓ Hacer las imágenes tan claras como sea posible.
- ✓ Mantener el papel dispuesto horizontalmente.
- ✓ Escribir con letras de imprenta tan rectas como sea posible.

4) Desarrollar un estilo personal (Buzan y Buzan, 1996):

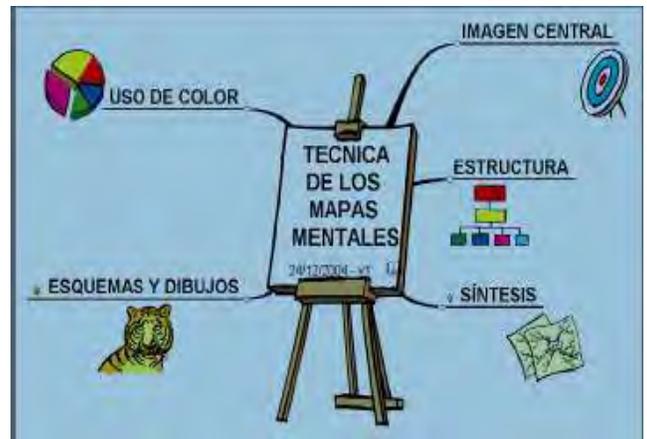
La diagramación:

- 1) Utilizar la jerarquía.**
- 2) Utilizar un orden numérico.**

De igual manera, Buzan anexa unas recomendaciones a las leyes anteriores:

- a.** Romper los bloqueos mentales.
- b.** Reforzar (revisar y verificar el mapa mental).
- c.** Preparar (crear un contexto o marco ideal para la elaboración del mapa mental).

De la Parra (2002) y Ramírez (2006) Ramos (2003) describen **siete pasos de cómo dibujar un mapa mental** los cuales son los siguientes:



1. **Empieza en el centro de una hoja en blanco.** ¿Por qué? Porque ello da al cerebro la libertad de moverse en todas las direcciones y expresarse más naturalmente.
2. **Dibuja en el centro de la hoja una imagen que simbolice tu idea principal.** ¿Por qué? Porque una imagen vale más que mil palabras y potencia tu imaginación. Una imagen central es un núcleo de interés, facilita la concentración y despierta el cerebro.
3. **Utiliza muchos colores.** ¿Por qué? Porque los colores excitan tu cerebro. Como las imágenes, los colores añaden vitalidad, frescura y diversión a los mapas mentales, además de proporcionar energía positiva al pensamiento creativo.
4. **Partiendo de la imagen central irradia hacia el exterior las palabras clave y las ideas más importantes relacionadas con el tema escogido.** Conecta todas las ideas mediante líneas o ramas. ¿Por qué? Porque el cerebro trabaja mediante asociaciones. Se vinculan todas las ideas mediante líneas finas a medida que se aleja del centro, será más fácil recordarlas.
5. **Traza líneas curvas en lugar de rectas.** ¿Por qué? Porque las líneas rectas cansan al cerebro. Las líneas curvas y asimétricas son más atractivas y capturan la atención de los ojos con mayor facilidad.
6. **Utiliza palabras clave por línea.** ¿Por qué? Porque los núcleos individuales de palabras clave proporcionan al mapa mental más flexibilidad y contundencia. Cada palabra o imagen tiene un efecto multiplicador y contiene en sí misma un amplio abanico de asociaciones y conexiones. Cuando se utilizan por separado las palabras clave, se confiere a cada una más libertad para irradiar nuevas ideas y pensamientos.
7. **Utiliza muchas imágenes.** ¿Por qué? Porque cada imagen, como la imagen central, vale más que mil palabras. Esto significa que si se utilizan 10 imágenes dentro de un mapa mental, se habrá alcanzado, Metafóricamente hablando, la misma elocuencia de diez mil palabras.

Para la realización de los mapas mentales en forma práctica, De la Parra (2002) y Ramírez (2006) sugieren la aplicación de dos tiempos (imagen 3).

Tiempo A (20 a 30 minutos):

- ✓ Dar vistazo general a un texto para crear la imagen central que se colocará en el mapa.
- ✓ Fijar los objetivos y empezar a marcar con algún color las palabras clave para las ramas principales.
- ✓ Hacer una cartografía mental del conocimiento existente sobre la imagen central y ramales.

Tiempo B (20 a 30 minutos; o un mayor tiempo dependiendo del material estudiado):

- ✓ Añadir las ramas principales del mapa mental con las palabras clave.
- ✓ Llenar los detalles del mapa mental utilizando varios colores para destacar ideas.
- ✓ Hacer una revisión general y dar el acabado final del mapa mental.

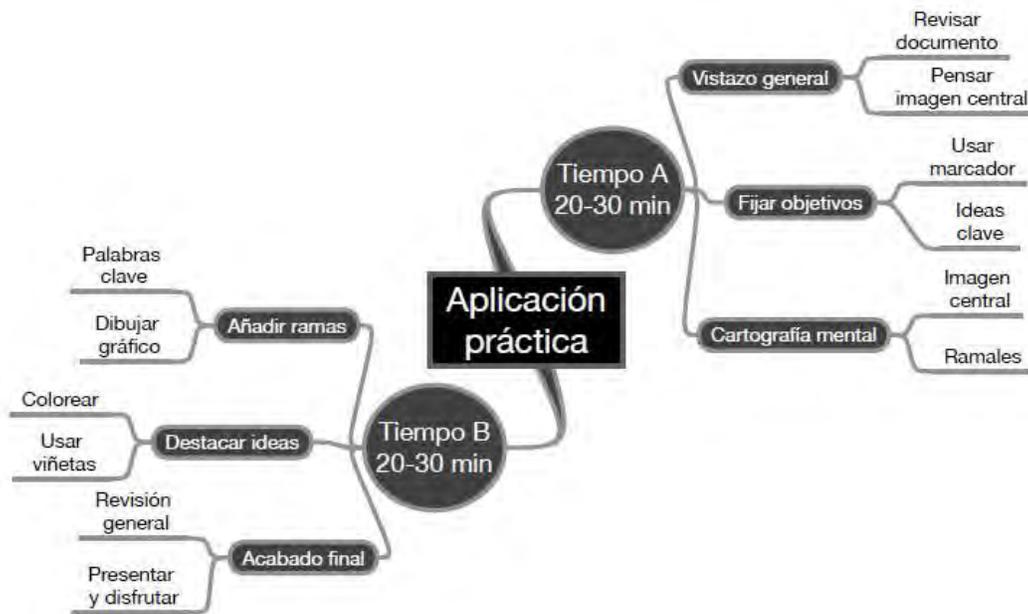


Imagen 3. Muestra mapa mental sobre la aplicación práctica de los mapas mentales (Ramírez, 2006).

Ventajas de la cartografía mental sobre el sistema lineal de preparar-tomar notas (Aguirre, 2007, Alcántara 2005; Ramos, 2003; Rivera, 2004; Tapia, 2007):

- a. Se ahorra tiempo al anotar solamente las palabras que interesan.
- b. Se ahorra tiempo al no leer más que palabras que vienen al caso.
- c. Se ahorra tiempo al revisar las notas del mapa mental.
- d. Se ahorra tiempo al no tener que buscar las palabras claves entre una serie.
- e. Aumenta la concentración en los problemas reales.
- f. Las palabras claves se yuxtaponen en el tiempo y en el espacio, con lo que mejoran la creatividad y el recuerdo.
- g. Se establecen asociaciones claras y apropiadas entre las palabras claves.
- h. Al cerebro se le hace más fácil aceptar y recordar los mapas mentales.
- i. Al utilizar constantemente todas las habilidades corticales, el cerebro está cada vez más alertado y receptivo.
- j. Se estimula la metacognición y la metacompreensión de textos orales o escritos.
- k. Se estimula la capacidad de visualización, organización y producción de textos.

Ramírez (2006) y Rivera (2004) describen una serie de beneficios de la enseñanza con mapas mentales (imagen 4):

- ☆ Despiertan automáticamente el interés de los estudiantes, consiguiendo que éstos se vuelvan más receptivos y cooperativos.
- ☆ Hacen las lecciones y presentaciones más espontáneas, creativas y placenteras, tanto para el facilitador como para los estudiantes.
- ☆ En vez de mantenerse relativamente rígidas a medida que pasan los años, las notas del facilitador son flexibles y adaptables. En estos tiempos de cambios constantes y evolución acelerada, es una ventaja poder introducir, de forma rápida y fácil, alteraciones y adiciones a las notas de clase.
- ☆ Los mapas mentales sólo presentan el material necesario, de forma clara y susceptible de ser recortado, por lo que los estudiantes tienden a obtener mejores notas en los exámenes.
- ☆ A diferencia del texto lineal, los mapas mentales muestran hechos y relaciones que hay entre ellos, proporcionando así una comprensión más profunda del tema.
- ☆ Se estimulan las habilidades superiores de pensamiento y la creatividad.
- ☆ El volumen de notas de lectura se reduce de forma espectacular.

- ☆ La cartografía mental resulta especialmente útil para personas con dificultades de aprendizaje, en particular, con dislexia.



Imagen 4. Muestra mapa mental sobre los beneficios de los mapas mentales en la enseñanza (Ramírez, 2006).

De Montes y Montes (2002) nos hacen unas importantes recomendaciones de lo que no se debe de hacer cuando realizamos un mapa mental:

- ✓ **Usar papel en posición vertical:** limita el aprovechamiento del espacio, ya que la escritura natural es horizontal y por lo tanto, se necesita suficiente espacio para el mismo, también porque al tratar de visualizar el mapa completo tienen que girarlo para leer con facilidad, lo que impide una visión global del contenido.
- ✓ **Dejar líneas sin unir:** uno de los principales objetivos del mapa es que todo esté relacionado y asociado. Dejar líneas sin unir implicaría información flotante, no asociada al tema y sin relaciones jerárquicas. Limita la producción de nuevas ideas.
- ✓ **Usar letra corrida:** dificulta la lectura y visualización de las palabras. No ayuda al recuerdo y ocupa más espacio.
- ✓ **Usar pocos colores o muy similares:** cada color debe ser asociado a una idea o subcentro. También lo contrario sería contraproducente el exceso de colores crearía confusión entre los subcentros.
- ✓ **Dejar de usar símbolos o imágenes:** Este haría que el mapa mental consistiera sólo en líneas y textos, haciéndolo monótono y simple. Las imágenes y los colores que utilizas en él son el imán de atracción del mapa para activar el hemisferio derecho, la creatividad y la imaginación.

Evaluación de los mapas mentales.

En la evaluación de los mapas mentales se debe de tomar en cuenta las estrategias que el alumno utilizó para cartografiar su pensamiento, los mecanismos de asimilación, comprensión y procesamiento de la información plasmados en su realización. Para ellas, el aprendizaje que se realiza a través de los mapas mentales, requiere ser visto como un entramado sucesivo y globalizador de elementos que se proyectan en el papel y que tiene que ver con el proceso que ocurre en el cerebro. Esto puede ser medido por un instrumento que fue creado por dos educadoras venezolanas: Luisa Suárez y María García (Sambrano y Steiner, 2000), y contempla varios parámetros como: representatividad-claridad-nivel de asociaciones-creatividad.

Elas recomiendan (Sambrano y Steiner, 2000):

1. Observar el mapa mental como una expresión particular de cada alumno, no pretender que en él aparezcan ideas tal y como lo haría usted...Al evaluarlo, véalo desde una perspectiva amplia.
2. Detectar qué nivel de aprendizaje de mapas mentales posee el alumno y qué nivel de comprensión y análisis del contenido que se pretende plasmar en el mapa, maneja “Un alumno puede saber mucho sobre un tema y no representa adecuadamente el mismo en un mapa. Probablemente porque no conoce las leyes de la cartografía. También podría darse el efecto contrario, conoce como elaborar los mapas mentales, pero no conoce el tema.
3. El mapa mental como parte de la expresión de los aprendizajes del alumno puede ser incorporado como una manera de evaluar los mismos. Elementos a considerar:
 - ✓ Darle a los alumnos la oportunidad para familiarizarse con la técnica.
 - ✓ Comunicarles los progresos que vayan realizando.
 - ✓ Establecer criterios flexibles para la calificación, y dárselos a conocer.
 - ✓ Elaborar un mapa mental de los criterios a evaluar.
 - ✓ Considerar la singularidad de cada alumno. Cada mapa es diferente porque cada modo de pensar es diferente.
 - ✓ Calificar sin descalificar. Cuando se observen fallas de categorización o de cualquier otro aspecto, hacer las observaciones por medio de preguntas específicas y sugerirle mayor elaboración.

A continuación se muestra los criterios y el instrumento de evaluación del mapa mental, según Suarez y García en 1999 presentado en Sambrano y Steiner (2000) (Cuadro 1).

CRITERIOS PARA EVALUAR UN MAPA MENTAL.	INSTRUMENTO PARA EVALUAR MAPAS MENTALES.																																				
<p>El presente instrumento se utilizará para evaluación de un mapa mental construido por estudiantes al lograr los objetivos</p> <p>_____ de la unidad _____ de la asignatura _____ del grado _____ año _____ semestre _____.</p> <p>Los criterios de evaluación son los siguientes: (Se considera si...)</p> <p>REPRESENTATIVIDAD: Los estudiantes seleccionaron las teorías/conceptos fundamentales de la unidad temática seleccionada.</p> <p>ANÁLISIS Y SÍNTESIS: Los estudiantes extrajeron de manera jerárquica las ideas ordenadoras básicas de la información.</p> <p>CREATIVIDAD: Los estudiantes al realizar el mapa, utilizan el punto anterior como trampolín para el pensamiento creativo.</p> <p>IDEAS PROPIAS: Los estudiantes establecen conexiones entre las teorías y conceptos y sus propias ideas.</p> <p>CARTOGRAFÍA: Los estudiantes usan estrategias de la cartografía tales como color, símbolos, flechas, etc.</p> <p>Para evaluar el mapa se utilizará la siguiente escala de estimación: NIVEL ALTO: 4 puntos NIVEL MEDIO: 2 puntos NIVEL BAJO: 1 punto</p>	<p>ESCALA DE ESTIMACIÓN:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">ASPECTOS</th> <th style="width: 12.5%;">NIVEL ALTO (4)</th> <th style="width: 12.5%;">NIVEL MEDIO (2)</th> <th style="width: 12.5%;">NIVEL BAJO (1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Representatividad</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Análisis y Síntesis</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Creatividad</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ideas propias</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cartografía (color, símbolos, flechas, etc.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SUMA INTEGRAL</td> <td>X1=</td> <td>X2=</td> <td>X3=</td> </tr> </tbody> </table> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Total: (X1+X2+X3)=</p> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Ubicación en las categorías de cada mapa mental de acuerdo al puntaje obtenido.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Excelente</th> <th style="width: 25%;">Bueno</th> <th style="width: 25%;">Regular</th> <th style="width: 25%;">Malo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>18 a 20</td> <td>15 a 17</td> <td>10 a 14</td> <td>01 a 09</td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;">Resultado de la evaluación del mapa mental ____.</p> <p>Autor _____</p> <p>Juicio Cualitativo _____</p>	ASPECTOS	NIVEL ALTO (4)	NIVEL MEDIO (2)	NIVEL BAJO (1)	Representatividad				Análisis y Síntesis				Creatividad				Ideas propias				Cartografía (color, símbolos, flechas, etc.)				SUMA INTEGRAL	X1=	X2=	X3=	Excelente	Bueno	Regular	Malo	18 a 20	15 a 17	10 a 14	01 a 09
ASPECTOS	NIVEL ALTO (4)	NIVEL MEDIO (2)	NIVEL BAJO (1)																																		
Representatividad																																					
Análisis y Síntesis																																					
Creatividad																																					
Ideas propias																																					
Cartografía (color, símbolos, flechas, etc.)																																					
SUMA INTEGRAL	X1=	X2=	X3=																																		
Excelente	Bueno	Regular	Malo																																		
18 a 20	15 a 17	10 a 14	01 a 09																																		

Cuadro 1. Muestra los criterios y los instrumentos para la evaluación de un mapa mental (Sambrano y Steiner, 2000).

Antecedentes

En este apartado se describen algunos estudios que se han realizado en nuestro país y en otros, entorno a los procesos de enseñanza-aprendizaje y a los mapas mentales; algunos con temas de relevancia para la biología.

Referentes a los procesos de enseñanza-aprendizaje:

A continuación se describen algunos trabajos enfocados al estudio de los procesos de enseñanza-aprendizaje, que puntualizan los aportes pedagógicos que fundamentan esta investigación. Y sea utilizada a futuro por otros investigadores que asuman como estudio la temática planteada; brindando las herramientas pedagógicas e ideas acerca de cómo abordar los problemas que guardan una estrecha relación con la línea de investigación educativa.

Ámbito internacional:

Caballer y Giménez (1992), realizaron un trabajo sobre las ideas del alumnado con relación al concepto de célula al finalizar la educación general básica (EGB); planteando que para los alumnos de esos grados escolares, la idea de célula llega a ser nebulosa y poco definida; siendo una idea adquirida superficialmente como instrumento para comprender la estructura (no el funcionamiento) de los seres complejos, pero sin entender realmente su funcionamiento, puesto que los procesos bioquímicos y biofísicos que constituyen realmente los atributos del ser vivo no pueden ser descritos en términos del conocimientos científicos a estas edades y mucho menos a nivel celular. El estudio lo desarrollaron con 94 alumnos y alumnas de seis centros (8° EGB, entre 13-14 años), primero a través de la elaboración de unos cuestionarios escritos que fueron propuestos a una población pequeña. Los resultados de cuestionarios se categorizaron y analizaron y con ello se elaboraron uno nuevo que fue contestado por una muestra mucho más amplia de población, el cual permitió la obtención de respuestas más relevantes, categorizables y útiles. De las cuales analizaron la significancia de cada una, sacando porcentajes en función a la variabilidad de las respuestas. Concluyen que el 52% de los estudiantes parecen entender la célula como una unidad viva, formadora de otros seres vivos; o plana en un 26%. Encontrando que cuando se les plantean cuestiones o problemas e incluso preguntas directas que deberían poner en juego este conocimiento, se descubren fuertes

contradicciones. Ya que no recuerdan y ni identifican los orgánulos ni ninguna estructura interna celular y ni funciones asociadas a esa estructura. Atribuyendo esto posiblemente a la validación, los errores y las dudas al responder; mencionan que se deben al desconocimiento de los procesos físico-químicos de la respiración, la absorción de agua, la reproducción, etc.; otorgando a las células funciones de organismos superiores en unos casos (por ejemplo: sentir frío o dolor). Datos que concuerdan con las hipótesis de otros autores acerca de las características que definen las representaciones mentales de los alumnos: inseguridad, elevado grado de contradicción y fuerte arraigamiento.

Rodríguez y colaboradores (1997), realizaron una revisión bibliográfica exhaustiva, relativa al aprendizaje de la biología centrada en el papel que tiene la comprensión del contenido celular. Incluyendo referencias generales de enseñanza de las ciencias que permiten entender mejor los enfoques de la investigación educativa en relación al tema celular. Analizaron diecinueve investigaciones utilizando como criterios: objeto, muestra, instrumento, resultados y conclusiones relevantes; así mismo, incluyeron ocho revisiones bibliográficas sobre aprendizaje de conceptos biológicos centradas en objeto y conclusiones de las mismas. La información obtenida la sistematizaron a través de tablas y de una V epistemológica de Gowin* que refleja la síntesis realizada. Concluyendo la importancia que tiene el concepto “célula” en la conceptualización biológica e indicando además la necesidad de realizar más indagación desde los referentes teóricos que atienden más al nivel psicológico y que dan pautas para la mejora de los procesos de aprendizaje y de enseñanza del contenido biológico que supone la comprensión de los seres vivos.

Clement (2000), presenta un marco de referencia para la reflexión sobre los factores cognitivos involucrados en la construcción de un modelo que pueda ayudar a la organización de los problemas de investigación en el campo educativo. Con el fin de realizar una conexión entre las ideas preconcebidas, los procesos de aprendizaje, habilidades de razonamiento, los modelos de consenso de expertos y poder lograr un cambio conceptual que pueda servir de guía a los maestros en la forma de instrucción de los principios. Resaltando que aunque la cognición individual no es único factor determinante para el aprendizaje, es una característica para que se lleve a cabo.

Rodríguez (2000b), ha enfocado sus investigaciones con base a lo que se hace referencia en la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird; por medio del análisis

*La V epistemológica de Gowin ha mostrado ser un instrumento útil para el análisis del currículo, la evaluación y como recurso de enseñanza y aprendizaje., así como una herramienta útil para el análisis epistemológico de enfoques en resolución de problemas (Escudero y Moreira, (1999).

de los dibujos realizados por estudiantes de biología del curso de orientación previo a la universidad (COU); como representaciones externas, con el fin de establecer deducciones e inferencias sobre los posibles modelos mentales que se generan para la elaboración de las representaciones hechas por los estudiantes del curso. Para ello, analizaron las formas de ver a la célula que genera el alumnado; esto en comparación con lo que se plasma en los libros de texto. Deduciendo en sus investigaciones que efectivamente se generan esas representaciones icónicas entre los estudiantes; las cuales son diversas, concluyendo que lo que ofrece los materiales curriculares pueden estar ejerciendo una influencia negativa en las formas de construir esas representaciones internas que se generan en torno a la célula.

Rodríguez y Marrero (2003), realizaron un análisis documental en torno a los contenidos de biología celular en los cuales propusieron una organización de estos contenidos; haciendo uso de dos modelos teóricos diferentes, la teoría de la elaboración y la teoría del aprendizaje significativo, enmarcados en la tradición curricular "Top Down". Analizaron el contenido temático relativo a célula y estructuraron una tabla de seis pasos que conducen a una estructuración de la enseñanza de la célula y su funcionamiento; derivando un epítome correspondiente para articular las secuencias de enseñanza; que permitieron evaluar los presupuestos de la teoría de la elaboración y encontrar una respuesta coherente, útil y aplicable como herramienta eficaz. También elaboraron una secuencia de mapas conceptuales que permite entender la estructura y funcionamiento celular; de manera superpuesta de acuerdo con lo que la teoría del aprendizaje significativo postula, evaluando que permite dar una solución o una salida al problema de la organización del contenido celular para su enseñanza. Concluyendo que ambos modos de abordar la compleja tarea docente son útiles como herramientas, dando pautas que promueven la reflexión sobre la naturaleza y el sentido del contenido biológico incorporado en el currículum.

Rodríguez (2004), realizó una investigación documental con base a la Teoría del aprendizaje Significativo. Para ello, analizó y evaluó la caracterización de la teoría como tal, delimitó sus conceptos clave y analizó el constructo "aprendizaje significativo", desde la perspectiva ausubeliana, aumentando su comprensión y su aplicabilidad; con la finalidad de aclarar y especificar su potencialidad en el aula. También analizó algunas consecuencias derivadas de la consideración de esta teoría y revisándola a la luz de la teoría de los modelos mentales (Johnson-Laird, 1983) y de la teoría de los campos conceptuales (Vergnaud)*. Concluyó que la teoría del aprendizaje significativo es aún hoy

un referente explicativo de gran potencialidad y vigencia, que da cuenta del desarrollo cognitivo generado en el aula.

Justi (2006), realizó una investigación documental sobre la enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos, donde discute una propuesta para planificar la enseñanza de las ciencias y su puesta en práctica de actividades, orientada a disminuir el énfasis que se ha venido haciendo en la transmisión de conocimientos. En su propuesta plantea que se trata de poner a los alumnos en disposición de comprender los modelos científicos (así como la naturaleza de la ciencia y sus formas de pensamiento asociados) y a la vez ser capaces de manejar con sentido crítico situaciones relacionadas con las ciencias. Esta propuesta surge de la constatación de que para elaborar estrategias de enseñanza se necesita tomar en consideración a la vez aspectos de diferente naturaleza, así como un modelo cognitivo de la ciencia que se fundamente en la construcción de modelos. La estrategia de enseñanza propuesta ha sido analizada y evaluada en algunas intervenciones investigadas por la autora; las cuales han contribuido al aprendizaje de los alumnos.

Ámbito nacional:

Flores y sus colaboradores (2000), construyeron un modelo de representación de la célula a partir de las ideas previas y de los problemas conceptuales de los estudiantes de bachillerato. En su investigación confirmaron algunos de los aspectos que ya habían sido encontrados por otros autores y aportaron otros como el hecho de que los estudiantes:

- No comprenden los aspectos básicos de la célula y tienen dificultad en representar las dimensiones espaciales y métricas de la célula.
- Muestran dificultad en comprender la relación entre las estructuras celulares y sus funciones (Caballer y Giménez, 1993), ya que no logran integrarlas como parte de un conjunto por lo que el estudiante no puede construir una visión integral de la célula.
- No atribuyen el funcionamiento de los organismos multicelulares a los correspondientes procesos celulares.

* La construcción teórica de Vergnaud es una teoría psicológica que se ocupa de los mecanismos que conducen a la conceptualización de lo real, con el objeto de entender cuáles son los problemas de desarrollo específicos de un campo de conocimiento (Rodríguez, 2004).

- Persiste en ellos la visión antropomórfica de la célula (esto les impide comprender los procesos y estructuras a nivel celular). Los estudiantes no logran hacer la diferencia entre los procesos que se llevan a cabo en la célula de aquellos efectuados en los organismos multicelulares.
- Trasladan el ciclo de vida de los organismos macroscópicos para explicar el ciclo de vida de la célula.
- Conciben a la célula como una entidad simple la cual no realiza las funciones básicas de los organismos multicelulares.
- No reconocen a la célula como una entidad con estructuras y funciones que la hacen independiente.
- Aplican el concepto de organismo sólo a los seres multicelulares.

Flores y sus colaboradores (2001a), en su investigación sobre ¿Qué representación de la célula tienen los estudiantes? presentan algunos aspectos sobre este tema en alumnos de bachillerato; mostrando como los alumnos comprenden y representan la célula y algunos procesos, presentando sus ideas previas y cómo su comprensión del funcionamiento de organismos pluricelulares como animales y plantas son un factor determinante para su representación de ésta, lo que les lleva a elaboraciones conceptuales que se alejan del conocimiento científico e impone serios obstáculos para la comprensión de este tema importante de la biología. La investigación se llevó a cabo con 1200 estudiantes del bachillerato de primero a tercer año. A través de un cuestionario con los temas de reproducción, respiración y alimentación; se validó con aplicaciones previas, con comentarios de expertos y criterios estadísticos de confiabilidad. Además, se aplicó un guión de entrevista para analizar en detalle algunas de las respuestas de los alumnos. Evaluando las principales y más significativas ideas previas o concepciones alternativas de los alumnos en los cuestionarios para cada tema con la finalidad de que sean útiles para la enseñanza básica. Concluyendo con tres consideraciones generales para la enseñanza, las que pueden ser aplicadas a un tema como la célula:

1. No todos los conceptos científicos deben ser tratados de la misma forma.
2. Creación de un ambiente de cobertura.
3. El cuidado en las explicaciones y analogías.

Pacheco (2004), realizó su investigación documental de tesis, donde establece una estrategia didáctica introductoria para la enseñanza del tema de la célula en el bachillerato; fundamentando que los estudiantes de nivel medio superior construye sus representaciones sobre la célula a partir de las ideas previas que poseen. Su análisis se enfocó en la búsqueda de textos especializados en la investigación de las ideas previas

de los alumnos a este nivel (artículos, libros e Internet), identificó y clasificó las ideas previas en torno al tema considerado. Y a su vez realizó un análisis del plan de estudios del CCH (UNAM) y procedió a realizar un análisis exhaustivo de las representaciones y problemas conceptuales encontrados en los estudiantes, evaluando que la información previa de los estudiantes se encuentra fraccionada, ya que aún no se tiene un panorama suficientemente amplio que permita establecer los diferentes modelos de pensamiento de los alumnos en torno a la célula. Además que los alumnos del bachillerato poseen conocimientos insuficientes, manifestando ciertas confusiones; proponiendo una estrategia didáctica general basada en las ideas previas de los estudiantes, que les introduce al tema y cuyo fin es sugerir a los profesores cómo superar algunos problemas conceptuales encontrados, en aras de aproximar al alumno a la construcción de conceptos de célula más detallados y abstractos.

Calixto (2009), aborda el papel que tiene el profesor y el manejo conceptual que debe poseer para una adecuada organización y presentación de los contenidos. Analizando las aportaciones que tiene el desarrollo histórico de la teoría celular, como un medio para superar los obstáculos epistemológicos que se dan en la enseñanza del concepto de célula en biología, con el propósito de resaltar la importancia de su enseñanza en la educación básica. El documento comprende tres apartados: antecedentes, postulados de la teoría celular y funciones celulares. Concluye que la teoría posibilita construir una visión integral de los organismos, a través de ésta se pueden explicar las características de todos los organismos vivos, desde los más sencillos hasta los más complejos. Para comprender el funcionamiento de un organismo entonces, se requiere un análisis de los fenómenos celulares. Y que esto será posible en la medida que los profesores logren plantear explicaciones coherentes, acertadas y cercanas a los alumnos. En este sentido para lograr el compromiso de los estudiantes, primero el profesor ha de lograr una comprensión de la teoría y conceptos de la materia que enseña, como la teoría celular en el caso de la biología.

Referentes a mapas mentales:

A continuación se describen algunos trabajos enfocados al estudio de los mapas mentales. Cabe señalar que la información sobre mapas mentales aún es escasa tanto en otros países, así como en México. Tal motivo realza la importancia, relevancia y justificación de esta investigación, porque a través de los aportes teóricos y la propuesta del uso de mapas mentales como estrategia metodológica permite favorecer la formación de los alumnos de manera integral, incidiendo de manera positiva en su aprendizaje. Así mismo es trascendental porque contribuye a estudiantes y docentes interesados en comprender su estudio como estrategia y fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje.

La utilización de los mapas mentales se ha encaminado a distintas esferas del conocimiento como por ejemplo: algunos en economía, geografía, administración, tecnología, biología y pedagogía; de las cuales la mayoría son investigaciones descriptivas.

Ámbito internacional:

Taboada (2011), determinó como el mapa mental influye en el rendimiento académico de las alumnas del quinto grado del nivel secundario, del Colegio Emblemático “Santa Ana” de Chincha, Perú”. En una muestra constituida por 200 alumnas del turno matutino en la que se desarrolló la técnica de observación directa de los mapas mentales, la aplicación de una encuesta (constó de 23 ítems, con tres opciones en escala de tipo Likert, valoradas de 1 a 3 cada una) y un examen del rendimiento académico (constó de 30 preguntas, para medir la variable dependiente, cada uno con 10 puntos de cada área, donde la respuesta correcta vale 1 punto). Realizó un tipo de investigación descriptivo-correlacional a través de un análisis cualitativo (mapa mental: medición ordinal) y cuantitativo (rendimiento académico: medición continua; así como el uso de medidas de tendencia central y de dispersión) que permitió describir las características y condiciones del mapa mental y su influencia en el rendimiento académico. Los resultados confirmaron que la hipótesis general de la investigación es aceptada, por lo tanto existen correlaciones significativas, entre el mapa mental y el rendimiento académico. Concluye que existe una influencia significativa en el rendimiento académico en el área de matemática, comunicación e historia, geografía y economía al 95% de seguridad estadística en las alumnas del quinto grado de educación secundaria del colegio emblemático santa Ana-Chincha -2011.

Ámbito nacional:

Aguirre (2007), realizó una investigación descriptiva sobre mapas mentales como una herramienta de captura de atención en la clase de economía para los alumnos de ingeniería industrial del tecnológico de estudios superiores de Cuautitlán Izcalli, proponiendo que los mapas mentales ayudan a evitar la dispersión de atención de los estudiantes y coadyuvan al proceso de la clase. Señala que es un instrumento para la enseñanza que se puede emplear en la asignatura de economía, en la medida que enfatiza el aprendizaje activo, significativo, por medio de conceptos, habilidades y actitudes de los estudiantes, respecto a la asignatura. Resalta que no necesariamente son la panacea del proceso de enseñanza aprendizaje, son solo un artefacto más para captar la atención de los estudiantes, siendo además junto con los mapas, indispensables otros recursos de apoyo, que son intermediarios materiales y no materiales como: libros, modelos, imágenes, videos, prácticas de campo, investigaciones documentales, publicaciones periódicas, entre otros. Reporta que la construcción de mapas mentales en el salón de clase, da un desarrollo multilateral de los estudiantes ventajas-beneficios, porque profundiza en el conocimiento de palabras, categorías, conceptos, desarrolla habilidades ortográficas, de lectura y escritura, y exige un mayor esfuerzo de atención y aprendizaje. El desarrollo de mapas mentales permite a los estudiantes, relacionarse e interactuar con sus conocimientos previos y los nuevos, reconociendo y estableciendo vínculos entre dos o más rasgos, características, aspectos, movimientos o variables de agentes económicos, tomados como referentes básicos de los esquemas y el estudio de la asignatura. Concluye que con el uso de los mapas mentales se fortalecen las siguientes actitudes: el fomento de la atención, disminuye la dispersión, incremento de la curiosidad y el deseo en los estudiantes por estudiar la economía, para estimular en ellos una postura reflexiva y crítica, propiciando actitudes de respeto y disposición, para relacionar lo entendido con acontecimientos sociales, políticos, culturales, históricos, económicos, que les permite comprender, y verse en su entorno económico, como un agente de transformación y cambio, socialmente productivo.

Tapia (2007), realizó un estudio documental sobre los mapas mentales en el aprendizaje de la Geografía. Obteniendo información de libros, revistas, periódicos, conferencias, cursos, talleres y sitios de internet. Con el fin de aportar información de cómo coadyuvar en la memorización de conceptos geográficos. Desarrolló un taller con base a su investigación destinada al aprendizaje de esta técnica en la carrera de Lic. en geografía, refiriendo que el uso de los mapas mentales en geografía permite utilizar

armónicamente el cerebro, plasmar los conceptos en palabras claves que invitan al cerebro a irradiarse en una lluvia de ideas en direcciones múltiples, los colores junto con las imágenes activan el hemisferio cerebral derecho, el creativo, el holístico, el integrador, como lo es el geográfico. Como instrumento de enseñanza, son excelentes, pero en su contexto, al integrarse al trabajo geográfico, se torna algo más que un utensilio, a pesar de la simplicidad de los mapas son toda una tecnología para el desarrollo como estudiante y profesional de geografía, puesto que desde el principio de la formación como geógrafos, con el apoyo de ellos, se podría empezar a comprender por este medio, el concepto de interrelación, causalidad y efecto de los elementos por separado y en su conjunto, como aspectos integradores que impera en el medio geográfico. En cada hecho o fenómeno, por tanto, no hay un solo causal y un solo efecto, existen diversidad de estos que el profesional de la geografía tiene necesidad de desenmarañar, separar y entender, para así llegar a la síntesis, que es una característica de esta ciencia. Dado que la geografía tiene un carácter "multidireccional", necesita técnicas específicas de investigación como el uso de cartografía de mapas mentales. Por ello la importancia de desplegar, crear y entender los mapas mentales desde el inicio de la carrera, siendo una herramienta de aprendizaje, como de iniciación de la comprensión de la síntesis, multifactorialidad de los procesos que integran el medio geográfico. Concluye que los mapas mentales son una excelente herramienta para variados aspectos del aprendizaje como es una planeación, organización, y diferentes circunstancias de la vida, tanto en lo personal, social y profesional. Son una excelente ayuda en Geografía, no como algo que resolverá los problemas geográficos, pero si como un valioso instrumento que favorezca el aprendizaje y la comprensión, así como diferentes aspectos de su desarrollo, es decir, organizar y planear el espacio que es su área de estudio. Son la llave de la memoria humana, que da la puerta de entrada a los conocimientos ya adquiridos y permiten tener a la vista los diferentes aspectos del análisis geográfico presentes a cada momento en un espacio (hoja de papel, etc.) permitiendo una visión global de lo que se pretende estudiar.

Candia (2009), realizó un estudio sobre los mapas mentales y nociones tecnológicas, una herramienta para el aprendizaje de la educación permanente; en el laboratorio 5 del edificio G de la carrera de Mantenimiento Industrial (MI) de la Universidad Tecnológica de Tecamachalco (UTT). Constituido por 83 alumnos divididos en 4 grupos. Establece un proceso para desarrollar nociones tecnológicas por medio de mapas mentales en una serie de pasos a seguir. En sus resultados muestra que en el primer momento de aplicación de la estrategia se deben hacer observaciones propias del nivel cognitivo, ya que no hay homogeneidad en la realización de los mismos, tal como debe de

ser, puesto que es una representación personal del aprendizaje de los conceptos estudiados o por estudiar. De esta manera se deben agrupar las características de los mapas en variables de referencia, para tener una concepción aproximada del nivel cognitivo, que presentan los trabajos. Por lo anterior los criterios de análisis utilizados fueron de acuerdo a criterios de la escala Liekert: Aprendiz 2, Intermedio 3, Avanzado 4, Experto 5. Y de esta forma hacer referencia con ayuda de las ilustraciones a presentar las características que se deben cuidar en la realización de un mapa mental y de esta manera fomentar el aprendizaje significativo, al revisar, observar y analizar el contenido de los mapas de forma adecuada. Concluye que este tipo de actividades se deben incluir dentro de la planeación docente, como herramientas e instrumentos de generación de conocimientos y aprendizaje significativo. Enumera algunas de las características que le permitieron identificar las debilidades y oportunidades como docente, hace una importante mención en lo grato que resulta darse cuenta que el aprendizaje nunca se termina, siendo parte de una mejora continúa de métodos y estrategias, para facilitar el conocimiento y promover activamente la formación permanente.

Muñoz (2009), propone las imágenes metales y la simulación como una estrategia pedagógica integral para la construcción de conocimiento biológico, ya que menciona que los profesores del área químico-biológica y de la salud, saben que ciertos temas exigen del estudiante entender fenómenos en escalas espacio-temporales. La muestra de la población comprendió un total de 197 alumnos en los grupos 501, 502 (con 42 y 45 alumnos respectivamente) considerados como controles: que no usaron mapas mentales y los grupos 526 y 534 (con 53 y 57 alumnos respectivamente) considerados como intervención, que llevaron a cabo la construcción de mapas mentales en Escuela Nacional Preparatoria (ENP) plantel 5 "José Vasconcelos" de la UNAM. Analizó y evaluó sus resultados a través de pruebas estadísticas sencillas: como promedio, moda, mediana y error estándar. Obtuvo que el rendimiento académico de los estudiantes que emplearon mapas mentales (526 y 534) fue significativo, dado que sus promedios incrementaron de 6.24 y 7.02 respectivamente a 8.24 y 7.49 después del empleo de mapas mentales. Lo que mostró como las imágenes, plasmadas por estudiantes en mapas mentales, apoyan la construcción de su conocimiento biológico. Concluyó que el uso de imágenes y texto, genera la posibilidad de almacenar información en la memoria de largo plazo, ayuda a organizar información espacialmente y a entender los procesos, temporalmente; para posteriormente comprender fenómenos más complejos y de mayor profundidad.

Solórzano (2009), aplicó mapas mentales para la educación en emprendimiento, con el fin de ayudar y guiar a emprendedores para el arranque y éxito de sus negocios;

iniciándolos en el conocimiento del tipo de empresas y ubicación de éstas; para esto diseñó un curso a través de la aplicación sencilla y práctica de métodos de aprendizaje, como el uso de mapas mentales didácticos y creativos. Llevó a cabo la combinación de técnicas del manejo de mapas mentales que siguen principalmente el modelo de Buzan, junto con el desarrollo creativo de un collage, para llegar a la explicación visual de un contenido, ejecutado bajo un esquema de competencia y trabajo bajo presión, donde se premiaron las presentaciones más creativas y explícitas. Resalta que este tipo de talleres ha sido exitosamente utilizado en clases de emprendimiento con estudiantes a nivel de pregrado, en talleres de formación de formadores, en emprendimiento y en talleres sobre desarrollo de planes de negocios, orientados a participantes de la comunidad. Para el caso de estudiantes de pregrado, la aplicación de esta técnica, consistió en motivarlos sobre la oportunidad que tendrán de crear su propio negocio, basados principalmente en ideas innovadoras relacionadas con sus fortalezas y el conocimiento del área de profesionalización en que se encuentren, orientándolos a conocer de la manera más simple posible, como identificar cuáles son los tipos de empresas existentes y cómo estructurar su organización, relacionándolas en el camino que deben seguir para su creación, de acuerdo a la naturaleza del negocio que tienen en mente. Concluye que de acuerdo a los métodos de investigación utilizados, los resultados fueron exitosos en su aplicación en el emprendimiento, en: clases con estudiantes de pregrado, en talleres de formación de formadores en emprendimiento, en talleres sobre desarrollo planes de negocios orientados a participantes de la comunidad y en talleres de creatividad, dictados a profesores en entrenamiento. Reflejándose en todos los casos un porcentaje superior al 95% que concluye la elaboración de sus proyectos, identificando clara y acertadamente los tipos de empresa que deben ser seleccionados y su conformación, por lo que concluye que: el uso de mapas mentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre temas relacionados con emprendimiento, es una de las más valiosas herramientas creativas para apoyar esta preparación.

Método

Escenario de intervención y población.

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados*, la aplicación del presente proyecto se llevo a cabo durante el semestre 2010-2, en las instalaciones del CCH- Naucalpan, que es una de las dos instituciones que integran el sistema de educación media superior de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y tiene como objetivos fundamentales, que el alumno como miembro de la sociedad, se desarrolle de forma integral, esto a través de un ciclo de aprendizaje, combinando el estudio en las aulas y el laboratorio, para lo cual la institución proporciona formación académica indispensable para el aprovechamiento de las alternativas profesionales (Cárdenas, 2005).

La muestra estuvo constituida por 60 alumnos distribuidos en tres grupos que cursaban la materia de Biología 1 de 3^{er} semestre; con una edad promedio entre 16 y 18 años. El 1er grupo (constituido por 20 alumnos; 13 hombres y 7 mujeres) se tomó como testigo al cual se denominó como "A". Y el 2° y 3^{er} grupo (ambos constituidos por 20 alumnos; 11 hombres y 9 mujeres) fueron seleccionados para llevar a cabo la propuesta y se les denominó como "B" y "C" (Intervención 1 y 2).

Diseño de Investigación.

En todos los grupos (A, B y C) se realizó la determinación de los conocimientos previos a través de un cuestionario inicial sobre las concepciones que tienen los estudiantes en relación a la estructura y función de la "célula como unidad de los sistemas vivos"; de acuerdo al contenido curricular del programa de Biología I, que se incluye en el Anexo #1 (ver tabla1). El cuestionario fue elaborado de acuerdo a las recomendaciones metodológicas para el diseño de un cuestionario, propuestas por García (2008), el cual consta de 10 preguntas por triplicado y se aplicó una prueba preliminar con el fin de investigar con claridad la redacción de las preguntas y su grado de dificultad (ver anexo # 2).

* Se enfocan al desarrollo de una propuesta de enseñanza basada en actividades de construcción de mapas mentales, que ayuden a los alumnos a desarrollar una comprensión más coherente, flexible, sistemática y sobre todo crítica del aprendizaje significativo de la ciencia.

Estrategia didáctica empleada:

Posteriormente se llevó a cabo la estrategia didáctica que permitió promover la modelación de la estructura y función de la célula a través de la elaboración de mapas mentales; la cual consistió, en primera instancia en:

- A.** La enseñanza de la técnica de los mapas mentales a los grupos B y C en un curso-taller (para entrenar a los grupos B y C en la elaboración de mapas mentales, el taller se diseñó con base a los criterios** por Buzan y Buzan (1996), para introducir los mapas mentales en el aprendizaje de estudiantes) con una duración de 1 hora a través de una presentación Power Point sobre “Mapas Mentales” (ver anexo #3) (ver tabla 1); con el fin de que comprendieran la base psicológica, neurobiológica y didáctica de éstos en su aprendizaje; como una forma de organización gráfica de su pensamiento y organización de la información.
- B.** Una vez terminada la explicación sobre mapas mentales en el curso-taller, se solicitó a los estudiantes de los grupos B y C que elaboran sus representaciones gráficas iniciales (individualmente) sobre la lectura “El estudio de los seres vivos y la teoría celular” de Lomelí, 1995 (ver anexo #4) (ver tabla 1).
- C.** Mientras que al grupo A no se le impartió dicho curso-taller de mapas mentales (ver tabla 1).

Este curso taller se desarrolló durante las dos primeras sesiones de trabajo, posterior a la aplicación del cuestionario diagnóstico.

- D.** Después se impartió el tema de “La célula como unidad de los sistemas vivos” tanto al grupo A, B y C por parte de los profesores titulares correspondientes; de acuerdo a las temáticas del programa de Biología 1 del CCH (ver Anexo # 1). En todos los grupos se cerró la temática vista a través de un mapa conceptual por parte de los profesores titulares, debidamente estructurado, que integró la descripción morfológica y estructural de la célula; como una forma de plasmar la organización del tema esquemáticamente de acuerdo a lo que se plantea en los contenidos. Además la explicación se apoyó de la presentación de figuras representativas sobre modelos celulares establecidos

** Revisar Cómo construir un mapa mental. 30-35 págs.

de libros de texto, en publicaciones científicas y de preparaciones microscópicas de distintos tipos celulares, las cuales sirvieron para que los estudiantes compararan sus representaciones con las presentadas por distintas fuentes. Permitiendo discutir los límites de los modelos como generalizaciones, establecer comparaciones entre modelos y analizar las concepciones celulares enseñadas (ver tabla1).

Se acordó con el profesor titular la forma en que se procedería a impartir los temas de acuerdo a los elementos encontrados en las preconcepciones de los estudiantes en el cuestionario inicial, el material de apoyo que se utilizaría (lecturas, preparaciones microscópicas, ilustraciones, presentaciones power point, etc.), la forma de trabajo y manejo de los estudiantes individualmente y por equipo; centrándose las actividades en el desarrollo de los mapas mentales.

La estructura temática fue la siguiente:

Tema 1. La célula como unidad de los sistemas vivos.

- ✓ Formulación de la teoría celular y sus aportaciones.
- ✓ Moléculas presentes en las células: Función de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.
- ✓ Estructuras celulares y sus funciones.
- ✓ Semejanzas y diferencias entre células procariotas y eucariotas.

E. A partir de la explicación sobre mapas mentales en el curso-taller, sobre el tema la célula y sobre las representaciones visuales de ésta; la los estudiantes de los grupo B y C se les pidió que elaboraran individualmente un mapa mental por cada subtema (con la finalidad de practicar y perfeccionar su técnica) (ver tabla 1).

F. El seguimiento fue continuo y tuvo como fin la calidad en la participación de los alumnos y además la verificación de la utilidad de las actividades y acciones para la concreción de los objetivos planteados. Se prestó especial atención a la comprensión de las consignas de trabajo y de materiales utilizados, al registro de las producciones de los alumnos, su habilidad para interpretar sus ideas e integrarlas, en la elaboración de sus descripciones y explicaciones (ver tabla 1):

Fuentes de datos	Actividades didácticas	Objetivos de aplicación
Cuestionario inicial	Elaboración y aplicación del cuestionario diagnóstico a los grupos A, B y C	Determinar y evaluar las preconcepciones.
Enseñanza de la técnica de los mapas mentales y elaboración de un mapa mental inicial.	Presentación power point titulada: "Mapas mentales", solo a los grupos B y C. Invitación a la elaboración de un primer mapa mental con la Lectura "El estudio de los seres vivos y la teoría celular" de Lomelí, 1995 (ver anexo #4) a los grupos B y C.	Comprender que los mapas mentales tienen una base psicológica, neurobiológica y didáctica. Observar y evaluar como es la selección y uso de los conceptos, capacidad explicativa y asociación conceptos/imágenes de mapas mentales al inicio.
Explicación del tema "La célula como unidad de los sistemas vivos" y observación de imágenes y de preparaciones microscópicas.	Explicación e investigación apoyada en libros de texto, lecturas y publicaciones científicas, preparaciones microscópicas de distintos tipos celulares a los grupos A, B y C. Utilización de imágenes, presentaciones power point y mapas conceptuales a los grupos A, B y C.	Integrar ideas previas e información nueva. Practicar la elaboración de mapas mentales con cada subtema de forma individual.
Elaboración de mapas mentales (individual y por equipo) al final.	Elaboración de una lista de conceptos mínimos del tema. Integración de equipos y seguimiento continuo de las actividades. Exhortación a los grupos B y C a la elaboración de mapas mentales; integrando la explicación sobre mapas mentales en el curso-taller, la temática, las representaciones visuales y aportaciones de ideas.	Analizar la capacidad de representar gráficamente los elementos y complejidad de los niveles biológicos seleccionados y representados en los mapas mentales finales. Observar y evaluar la aplicación de conceptos y capacidad interpretativa (identificación de estructuras), e inferencia de relaciones estructura/función (asociación conceptos/imágenes). Y posibilidad de elaborar proposiciones derivadas de los mapas mentales finales.
Cuestionario final	Aplicación del cuestionario al final de las sesiones a los grupos A, B y C.	Evaluar los niveles de aprendizaje significativo de los estudiantes en función al tema.

Tabla 1.- Fuentes de datos para el monitoreo y la evaluación.

G. Se elaboró una lista de los conceptos mínimos que los estudiantes deben aprender durante el curso de Biología I sobre el tema de la célula, y sirvieran de referencia para la evaluación posterior de sus mapas mentales.

H. Una vez acabado el curso se organizaron los estudiantes por equipos y se les pidió que plasmaran su conocimiento adquirido en un solo mapa mental por equipo, aportando cada uno sus ideas; con ayuda de sus mapas mentales individuales y lo visto en las clases (ver tabla 1).

I. Finalmente se evaluó los niveles de aprendizaje significativo de los estudiantes en función a su capacidad modelizadora del tema “La célula como unidad de los sistemas vivos”; a través de la aplicación del cuestionario final*** (para todos los grupos A, B y C) y a través de la evaluación de los mapas individuales y en equipo***.

Posterior a la estrategia se procedió a la evaluación de la misma a nivel cuantitativo, determinando si existía una diferencia significativa en la comprensión del tema, con respecto al cuestionario inicial y el cuestionario final aplicado. Mediante la prueba de comparaciones Múltiples de Kruskal-Wallis.

El análisis estadístico de los resultados se realizó utilizando el programa STATISTICA ver. 8.1.

Las hipótesis que se sometieron a prueba son las siguientes:

H₀: Si $p \geq 0.05$ no hay diferencias en las calificaciones del pre-test entre los grupos control, intervención 1 e intervención 2.

H_a: Si $p < 0.05$ al menos existen diferencias entre alguno de los grupos en las calificaciones del pre-test.

Para la evaluación de los mapas mentales se utilizó como instrumento una escala de estimación de los mapas mentales de acuerdo a los criterios para evaluar un mapa mental propuesto por Suarez y García (1999) esquematizada en la página 43.

***Cabe mencionar que para futuras investigaciones es necesario considerar cómo prevenir algunos factores no controlables que acontecieron durante la aplicación del presente trabajo y qué se observaron directamente en la apreciación de los cuestionarios y mapas mentales iniciales y finales, como: no se presentaron al curso-taller, la inasistencia durante el tema evaluado, el horario de clases (turno vespertino), contestaron al azar, desinterés para elaborar las actividades propuestas en clase y en casa.

Análisis y discusión de los resultados

6.1.- Análisis de normalidad.

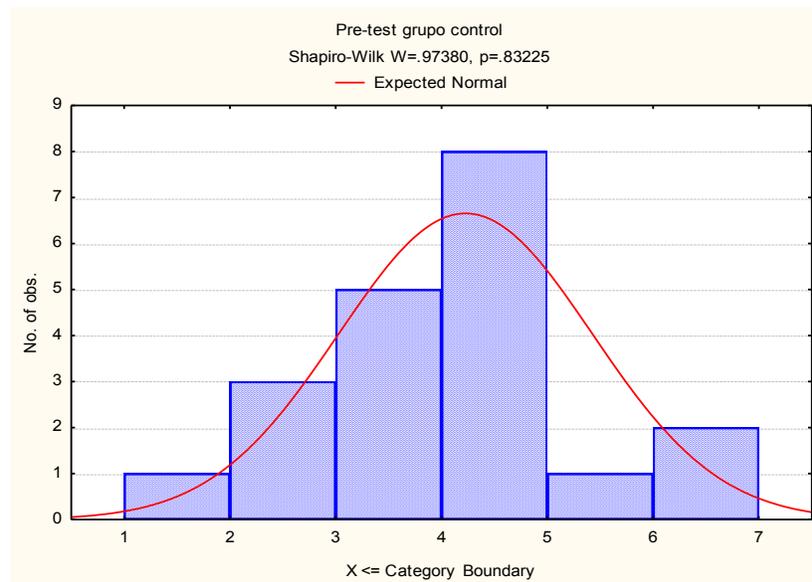
Para decidir que prueba estadística utilizar se procedió a llevar a cabo la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, utilizando el programa STATISTICA ver. 8.1. Se contrastaron las siguientes hipótesis:

Ho: Si $p \geq 0.05$ los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

Ha: Si $p < 0.05$ los datos no se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

6.1.1.- Análisis de la normalidad del pre-test del grupo control.

Al aplicar el análisis de Shapiro-Wilk al pre-test del grupo control se obtuvo el resultado que se muestra en la siguiente gráfica 1:

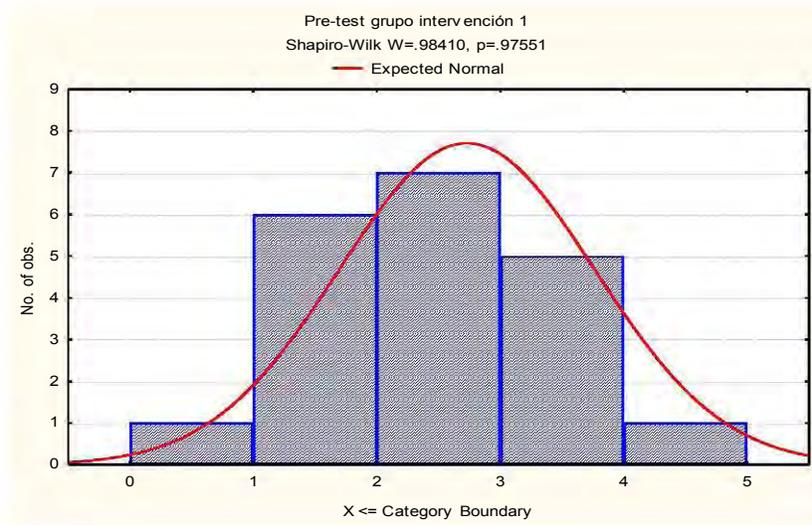


Gráfica 1. Muestra la normalidad del pre-test del grupo control.

En ésta se puede ver que la probabilidad observada es igual a $p=0.83225$, la cual es mayor a 0.05, esto significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

6.1.2.- Análisis de la normalidad del pre-test del grupo con intervención 1.

Al aplicar el análisis de Shapiro-Wilk al pre-test del grupo con intervención uno se obtuvo el resultado que se muestra en la siguiente gráfica 2:

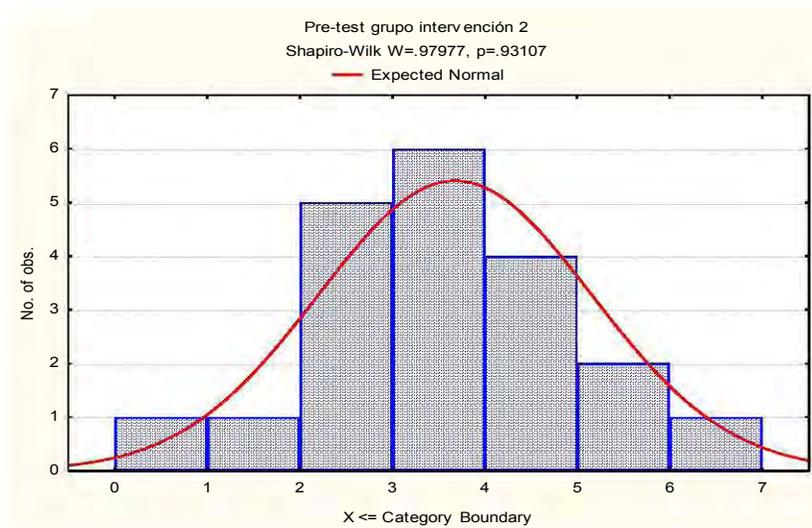


Gráfica 2. Muestra la normalidad del pre-test del grupo con intervención 1.

En ésta se puede ver que la probabilidad observada es igual a $p=0.97551$, la cual es mayor a 0.05, esto significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

6.1.3.- Análisis de la normalidad del pre-test del grupo con intervención 2.

Al aplicar el análisis de Shapiro-Wilk al pre-test del grupo con intervención dos se obtuvo el resultado que se muestra en la siguiente gráfica 3:

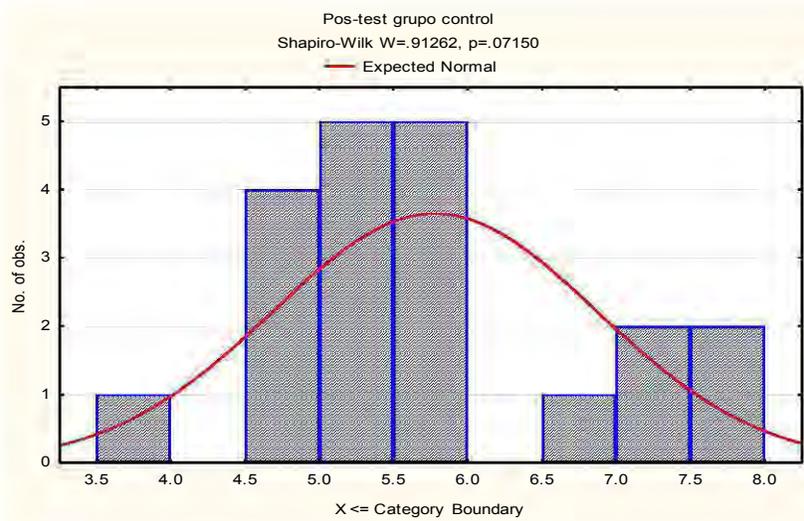


Gráfica 3. Muestra la normalidad del pre-test del grupo con intervención 2.

En ésta se puede ver que la probabilidad observada es igual a $p=0.93107$, la cual es mayor a 0.05, esto significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

6.1.4.- Análisis de la normalidad del pos-test del grupo control.

Al aplicar el análisis de Shapiro-Wilk al pos-test del grupo control se obtuvo el resultado que se muestra en la siguiente gráfica 4:

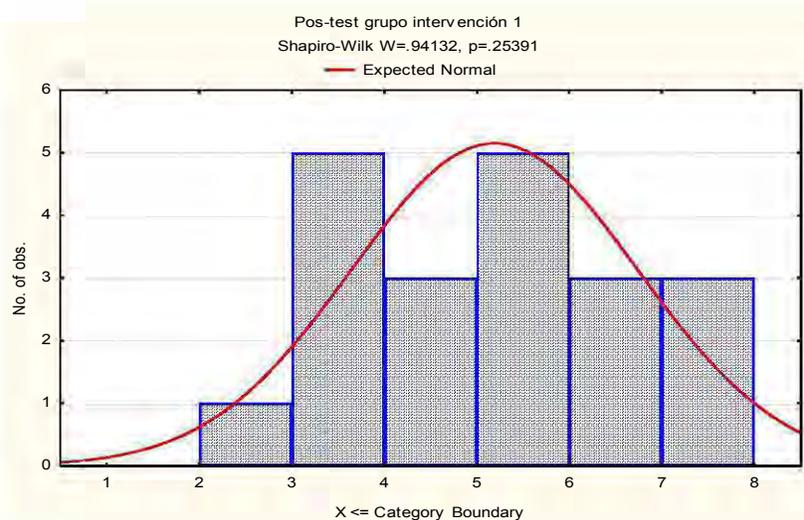


Gráfica 4. Muestra la normalidad del post-test del grupo control.

En ésta se puede ver que la probabilidad observada es igual a $p=0.07150$, la cual es mayor a 0.05, esto significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

6.1.5.- Análisis de la normalidad del pos-test del grupo con intervención 1.

Al aplicar el análisis de Shapiro-Wilk al pos-test del grupo con intervención uno se obtuvo el resultado que se muestra en la siguiente gráfica 5:

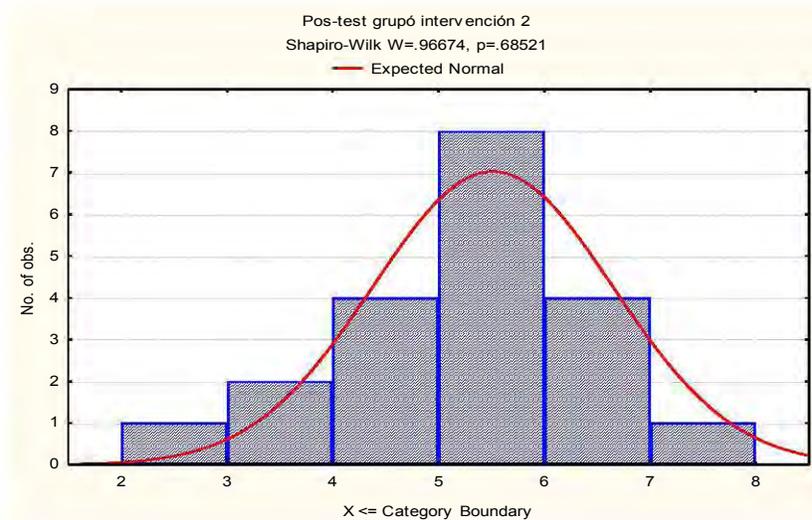


Gráfica 5. Muestra la normalidad del post-test del grupo con intervención 1.

En ésta se puede ver que la probabilidad observada es igual a $p=0.25391$, la cual es mayor a 0.05, esto significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

6.1.6.- Análisis de la normalidad del pos-test del grupo con intervención 2.

Al aplicar el análisis de Shapiro-Wilk al pos-test del grupo con intervención dos se obtuvo el resultado que se muestra en la siguiente gráfica 6:

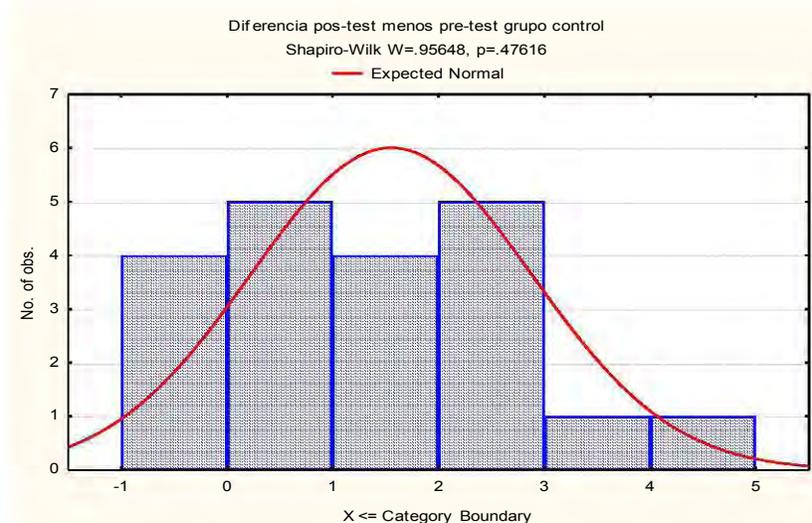


Gráfica 6. Muestra la normalidad del post-test del grupo con intervención 2.

En ésta se puede ver que la probabilidad observada es igual a $p=0.68521$, la cual es mayor a 0.05, esto significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

6.1.7.- Análisis de la normalidad de la diferencia pos-test menos pre-test del grupo control.

Al aplicar el análisis de Shapiro-Wilk a la diferencia pos-test menos pre-test del grupo control se obtuvo el resultado que se muestra en la siguiente gráfica 7:

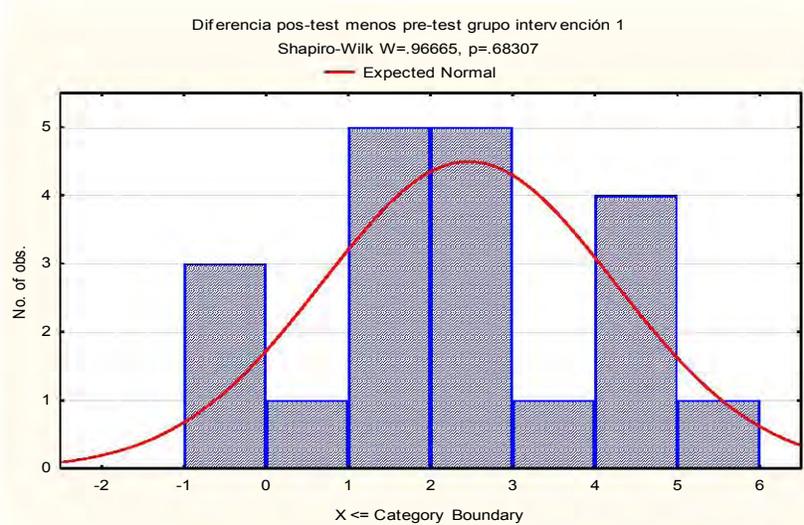


Gráfica 7. Muestra la normalidad de la diferencia pos-test menos pre-test del grupo control.

En ésta se puede ver que la probabilidad observada es igual a $p=0.47616$, la cual es mayor a 0.05, esto significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

6.1.8.- Análisis de la normalidad de la diferencia pos-test menos pre-test del grupo intervención 1.

Al aplicar el análisis de Shapiro-Wilk a la diferencia pos-test menos pre-test del grupo intervención uno se obtuvo el resultado que se muestra en la siguiente gráfica 8:

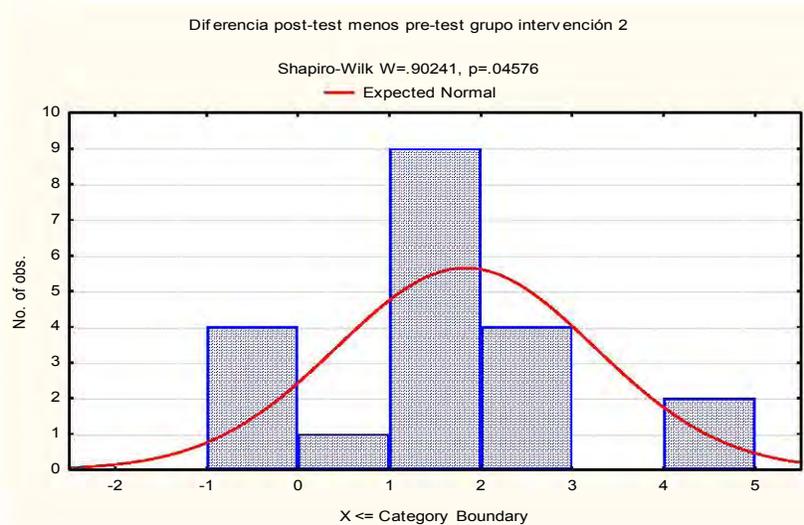


Gráfica 8. Muestra la normalidad de la diferencia pos-test menos pre-test del grupo Intervención 1.

En esta podemos ver que la probabilidad observada es igual a $p=0.68307$, la cual es mayor a 0.05, esto significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

6.1.9.- Análisis de la normalidad de la diferencia pos-test menos pre-test del grupo intervención 2.

Al aplicar el análisis de Shapiro-Wilk a la diferencia pos-test menos pre-test del grupo intervención dos se obtuvo el resultado que se muestra en la siguiente gráfica 9:



Gráfica 9. Muestra la normalidad de la diferencia pos-test menos pre-test del grupo Intervención 2. En ésta se puede ver que la probabilidad observada es igual a $p=0.04576$, la cual es menor a 0.05, esto significa que los datos no se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

6.2.- Comparación de los resultados del pre-test entre los grupos control e intervención 1 y 2.

Debido a que tanto el grupo control como los grupos intervención uno y dos tuvieron un comportamiento normal en la distribución de sus datos del pre-test, se decidió aplicar la prueba de “F” unifactorial utilizando el programa STATISTICA ver. 8.1. Las hipótesis a contrastar fueron:

Ho: Si $p \geq 0.05$ no hay diferencias en las calificaciones del pre-test entre los grupos control, intervención uno e intervención dos.

Ha: Si $p < 0.05$ al menos existen diferencias entre alguno de los grupos en las calificaciones del pre-test.

El resultado obtenido se muestra en la siguiente tabla:

Prueba de “F” unifactorial para los resultados del pre-test					
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p _{observada}
Grupos	22.9298	2	11.4649	7.3321	0.001467
Error	89.1283	57	1.5637		

En ésta se puede ver que la probabilidad observada es igual a $p=0.001467$, la cual es menor a 0.05, esto significa que al menos existen diferencias entre alguno de los grupos.

Para poder encontrar entre que grupos existen las diferencias se aplicó la prueba LSD de Fisher contrastando las siguientes hipótesis:

Ho: Si $p \geq 0.05$ no hay diferencias en las calificaciones del pre-test entre ambos grupos.

Ha: Si $p < 0.05$ hay diferencias en las calificaciones del pre-test entre ambos grupos.

Los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Prueba LSD de Fisher para la comparación entre los grupo de los resultados del pre-test			
Grupo	Control media= 4.2270	Intervención 1 media=2.7305	Intervención 2 media=3.6790
Control		0.000372	0.171197
Intervención 1	0.000372		0.019750
Intervención 2	0.171197	0.019750	

En ésta se puede observar que existen diferencias entre los resultados del grupo control con el grupo intervención uno, siendo el promedio del grupo control mayor que en el grupo intervención uno, condición no deseada porque se esperaba la existencia de igualdad en cuanto a la solución del pre-test, esto constituye una fuente de confusión, sin embargo, cuando se compara el control con el grupo intervención dos se observa que existe la condición esperada.

6.3.- Comparación de los resultados del pos-test entre los grupos control e intervención 1 y 2.

Debido a que tanto el grupo control como los grupos intervención 1 y 2 tuvieron un comportamiento normal en la distribución de sus datos del pos-test, se decidió aplicar la prueba de “F” unifactorial utilizando el programa STATISTICA ver. 8.1. Las hipótesis a contrastar fueron:

Ho: Si $p \geq 0.05$ no hay diferencias en las calificaciones del pos-test entre los grupos control, intervención 1 e intervención 2.

Ha: Si $p < 0.05$ al menos existen diferencias entre alguno de los grupos.

El resultado obtenido se muestra en la siguiente tabla:

Prueba de “F” unifactorial para los resultados del pos-test					
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p _{observada}
Grupos	22.9298	2	1.731	1.063	0.352328
Error	89.1283	57	1.629		

En ésta se puede observar que no existen diferencias entre los resultados del pos-test entre los grupos control, intervención 1 e intervención 2, hecho que nos indica que las intervenciones tuvieron la misma eficacia en cuanto al proceso de enseñanza aprendizaje que el grupo control.

6.4.- Comparación de los resultados de la diferencia pos-test menos pre-test entre los grupos control e intervención 1 y 2.

Debido a que la diferencia pos-test menos pre-test del grupo 2 no presentó un comportamiento normal, no se puede aplicar una prueba paramétrica, por lo cual se decidió aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis para muestras independientes utilizando el programa STATISTICA ver. 8.1. Las hipótesis a contrastar fueron:

Ho: Si $p \geq 0.05$ son las mismas diferencia pos-test menos pre-test entre los grupos control, intervención 1 e intervención 2.

Ha: Si $p < 0.05$ al menos existen distintas diferencias pos-test menos pre-test entre alguno de los grupos.

El resultado obtenido se muestra en la siguiente tabla:

Prueba de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis para la diferencia pos-test menos pre-test entre los grupos control e intervención 1 y 2 $H(2, N=60) = 2.560096$ $p = .2780$			
	Control - R:26.425	Intervención 1 - R:35.175	Intervención 2 - R:29.900
Control		0.339325	1.000000
Intervención 1	0.339325		1.000000
Intervención 2	1.000000	1.000000	

En ésta se puede observar que no son distintas las diferencias pos-test menos pre-test entre los grupos control e intervención 1 y 2, hecho que indica que las intervenciones tuvieron la misma eficacia en cuanto al proceso de enseñanza aprendizaje que el grupo control.

Análisis cualitativo:

En el análisis cualitativo se consideró la información extraída del instrumento de evaluación de mapas mentales a través de la siguiente escala de estimación: Nivel Alto (4 puntos), Nivel Medio (2 puntos) y Nivel Bajo (1 punto) con relación a los cinco criterios que fueron propuestos por Suarez y García (1999) como: *representatividad, análisis y síntesis, creatividad, ideas propias y cartografía*. Para la obtención del juicio cualitativo del resultado de cada mapa se realizó la ubicación de los puntajes obtenidos en las siguientes categorías:

Excelente	Bueno	Regular	Medio
18 a 20	15 a 17	10 a 14	01 a 09

El análisis descriptivo e interpretación de los resultados se organizó en torno a la comparación entre el primer mapa elaborado una vez que se impartió el curso-taller y el construido después del término de la temática de célula de manera individual en los grupos de Intervención uno y dos.

Intervención 1.

En el primer tiempo en la elaboración de sus mapas mentales se puede observar que la mayoría de los estudiantes en general tuvieron dificultades para aprender a realizar mapas mentales, ya que el mayor número de alumnos se concentró en las categorías más bajas: 18 alumnos con un juicio cualitativo Malo y 2 con un juicio cualitativo Regular (gráfica 1). Mientras que en las categorías Excelente y Bueno no se registró ninguno.

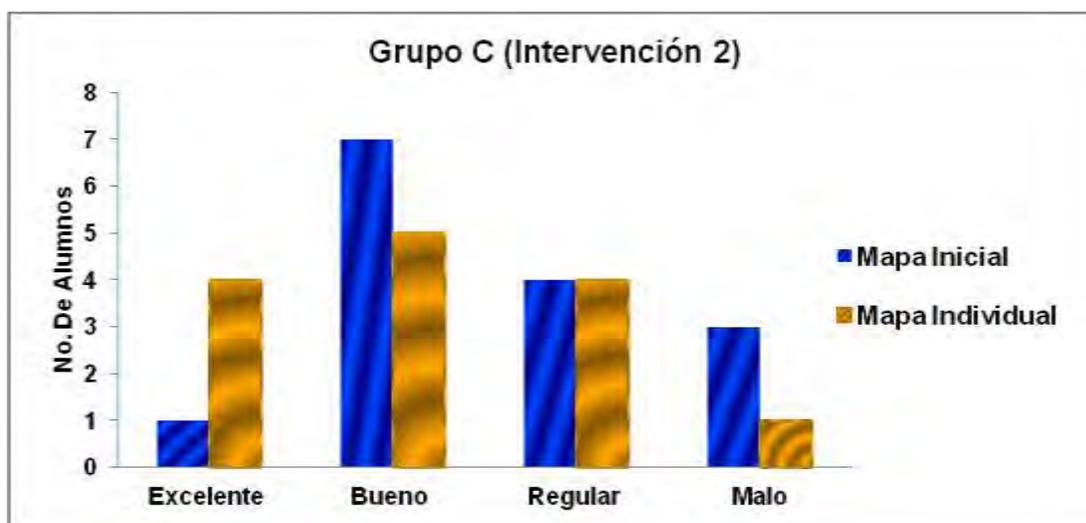


Gráfica 1. Muestra el número de alumnos con respecto a cada categoría en la Intervención 1.

Las razones por las cuales se estima que el proceso de construcción de sus mapas mentales en un primer tiempo se dificultó es porque: el proceso no quedó del todo claro, la falta de atención en el momento de su explicación y la complejidad de la estrategia, sin embargo, en el tiempo final se observa una mejoría muy notoria en los aprendizajes, donde 2 alumnos lograron obtener un juicio cualitativo Excelente y 3 Bueno (ver ejemplos: mapa mental 1 y 2); predominando la mayoría en el juicio cualitativo Regular (ver ejemplos: mapa mental 3). Y quedando solamente un alumno aún con dificultades (ver ejemplos: mapa mental 4).

Intervención 2.

En esta intervención en el primer tiempo en la elaboración de sus mapas mentales se observa la mayor concentración de alumnos (7) asignados en un juicio cualitativo Bueno, 1 alumno se ubica en el juicio cualitativo Excelente, 4 en Regular. A diferencia con el grupo de intervención 1 en este grupo presentaron menos dificultades en su aprendizaje ya que solo 3 predominaron en un juicio cualitativo Malo (gráfica 2).



Gráfica 2. Muestra el número de alumnos con respecto a cada categoría en la Intervención 2.

En el tiempo final también se observa una mejoría significativa en los aprendizajes, ubicándose la mayoría de los alumnos en las categorías aceptables: 4 alumnos lograron obtener un juicio cualitativo Excelente, 5 Bueno y 4 en Regular (ver ejemplos: mapa mental 5, 6 y 7). Y un alumno con dificultades (ver ejemplos: mapa mental 8).

De acuerdo a los criterios establecidos con anterioridad en la metodología se afirma que los alumnos si obtuvieron un mejor aprendizaje significativo, lo que valora a la estrategia como útil. Un análisis más detallado del instrumento de evaluación permite

justificar tal afirmación; el cual se ve reflejado en las escalas de estimación (*Nivel Alto (4 puntos)*, *Nivel Medio (2 puntos)* y *Nivel Bajo (1 punto)* con respecto a los criterios de *representatividad, análisis y síntesis, creatividad, ideas propias y cartografía* (Cuadro 1 y 2). Como se mencionó anteriormente, estos aspectos arrojan información importante sobre los mecanismos de asimilación, comprensión y procesamiento de la información plasmados en su realización, originando un aprendizaje (Sambrano, 2000).

El cálculo de porcentajes permitió observar en que situación predominan los alumnos de acuerdo a su nivel de aprendizaje adquirido que se vio reflejado en sus mapas mentales. Cabe resaltar que en el primer tiempo de la elaboración de sus mapas mentales algunos no cumplieron con los aspectos a evaluar, situación que llevó a agregar a la escala estimación una categoría denominada “sin juicio cualitativo (0)”.

Intervención 1								
ASPECTOS	NIVEL ALTO (4) (%)		NIVEL MEDIO (2) (%)		NIVEL BAJO (1) (%)		Sin Juicio Cualitativo (0) (%)	
	MI*	MF*	MI*	MF*	MI*	MF*	MI*	MF*
Representatividad	10	38	5	62	45	0	40	0
Análisis y Síntesis	0	15	25	77	30	8	45	0
Creatividad	0	31	15	69	50	0	35	0
Ideas propias	0	0	10	77	30	23	60	0
Cartografía	10	54	25	46	60	0	5	0

Cuadro 1. Representa el porcentaje de alumnos ubicados en cada nivel en la escala de estimación con respecto a los criterios de evaluación de un mapa mental en la intervención uno.

*Mapa Inicial (MI). *Mapa Final (MF).

En la intervención 1 se aprecia de manera notable que el grupo obtuvo un avance significativo en su aprendizaje, ubicándose de manera general en un Nivel Medio (2) en relación a cada uno de los criterios; ya que el 77% de los alumnos mejoraron notablemente en los criterios de análisis y síntesis e ideas propias. De esta manera se refleja un avance significativo en el proceso del manejo de la información que constata que los estudiantes alcanzaron una percepción más clara de la temática.

En la Intervención 2 se observa un avance significativo en su aprendizaje, ubicándose de manera general en los Niveles Alto (4) y Medio (2) en relación a cada uno de los criterios, dado que el 71% de los alumnos mejoraron en representatividad y

creatividad y el 79% en cartografía. Mientras que en el Nivel Medio un 71% de los alumnos mejoraron notablemente en análisis y síntesis y un 86% en la incorporación de ideas propias respectivamente.

Intervención 2								
ASPECTOS	NIVEL ALTO (4) (%)		NIVEL MEDIO (2) (%)		NIVEL BAJO (1) (%)		Sin Juicio Cualitativo (0) (%)	
	MI*	MF*	MI*	MF*	MI*	MF*	MI*	MF
Representatividad	53	71	33	21	7	0	7	7
Análisis y Síntesis	20	21	60	71	13	0	7	7
Creatividad	73	71	13	21	7	0	7	7
Ideas propias	7	7	33	86	40	0	20	7
Cartografía	73	79	13	14	7	0	7	7

Cuadro 2. Representa el porcentaje de alumnos ubicados en cada nivel en la escala de estimación con respecto a los criterios de evaluación de un mapa mental en la intervención dos.

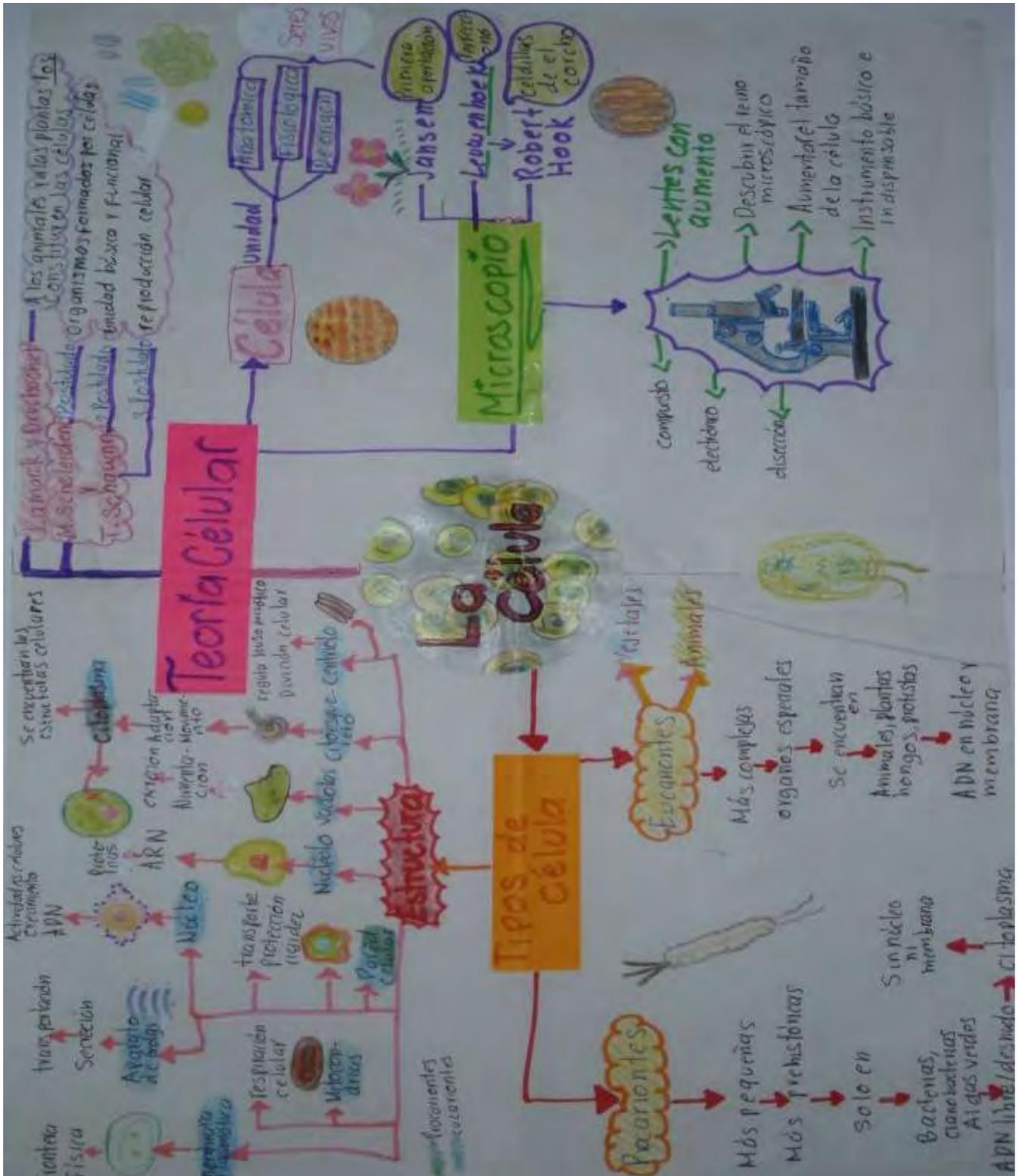
*Mapa Inicial (MI).

*Mapa Final (MF).

Ejemplos de mapas mentales:

Intervención uno:

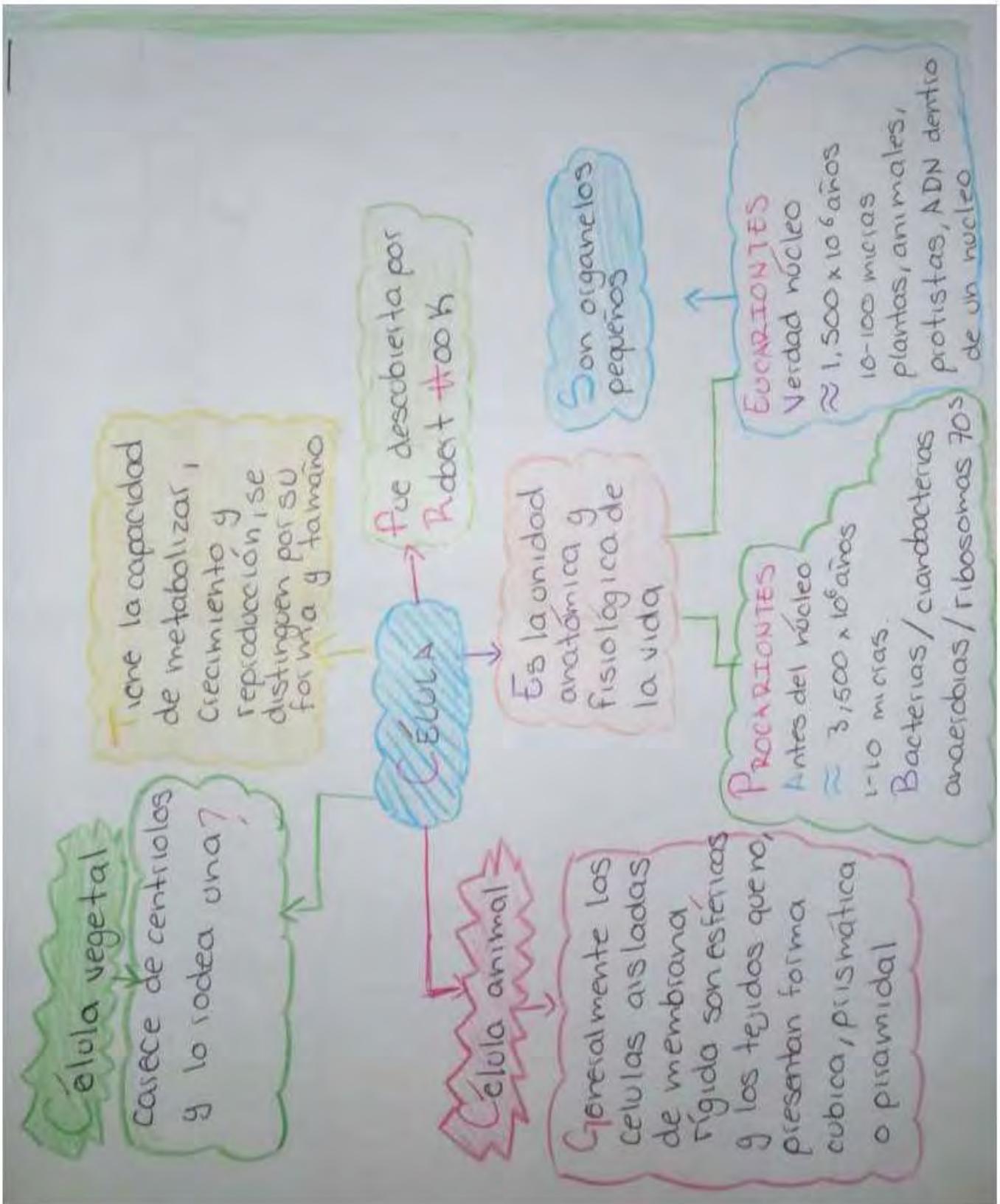
Mapa mental 1. Elaborado por Mariana Espinosa Lara con un juicio cualitativo Excelente.



Mapa mental 3. Elaborado por Eduardo Santana Miranda con un juicio cualitativo Regular.

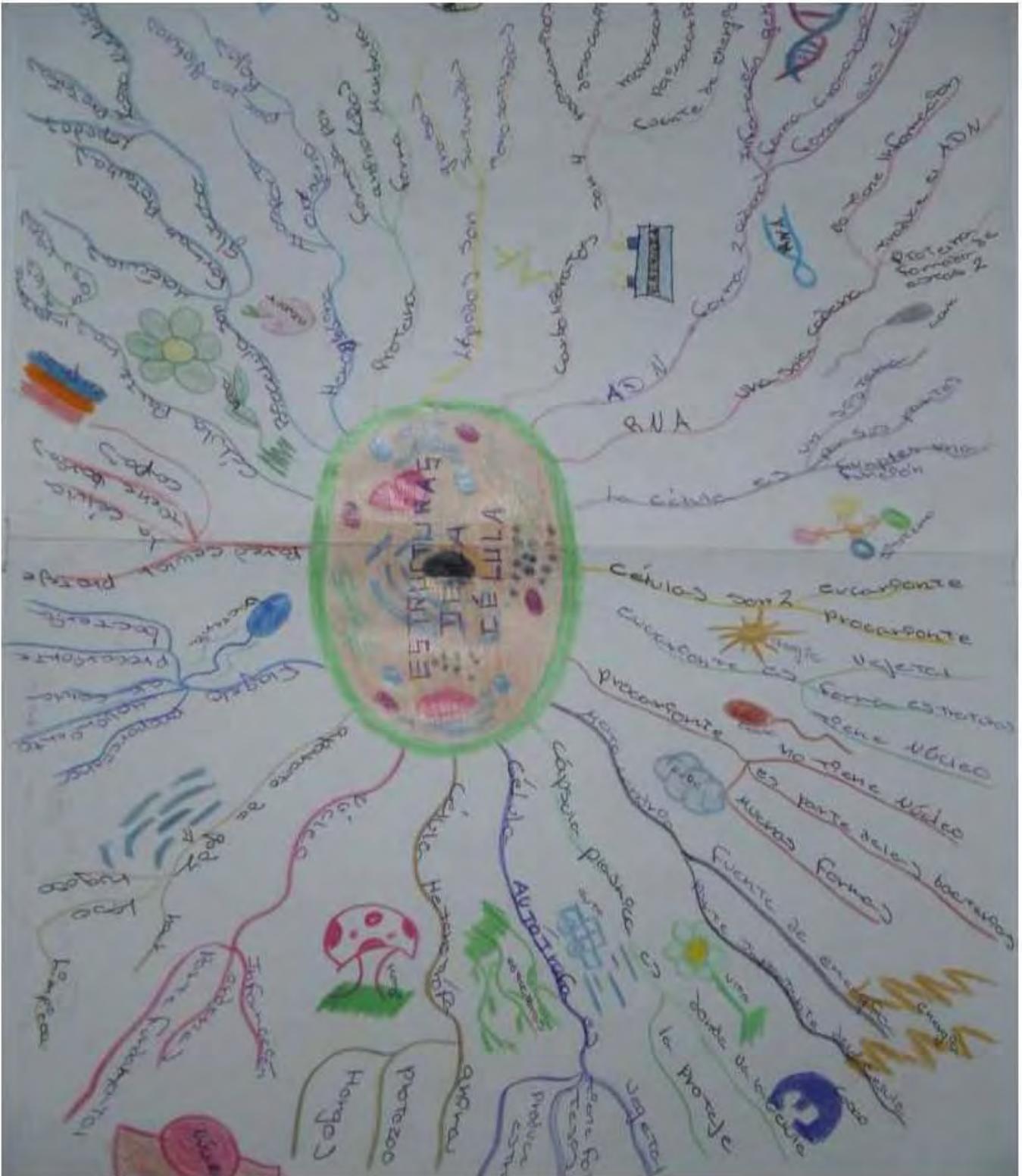


Mapa mental 4. Elaborado por Lucrecia Cureño Juárez con un juicio cualitativo Malo.



Intervención dos:

Mapa mental 5. Elaborado por José Olivares Salazar con un juicio cualitativo Excelente.



Mapa mental 6. Elaborado por Jessica Jazmín Reyes Núñez con un juicio cualitativo Bueno.



Mapa mental 8. Elaborado por Andrea López Segovia con un juicio cualitativo Malo.



Conclusiones

Durante esta experiencia de investigación se han utilizado los mapas mentales como estrategia de aprendizaje sobre la temática de “la célula como unidad de los sistemas vivos” de la materia de biología I, en alumnos del nivel medio superior, en este caso en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El análisis de los resultados arrojaron las siguientes conclusiones:

Los datos estadísticos confirmaron que no hay diferencia significativa en relación al aprendizaje entre el grupo control e intervenciones 1 y 2. Se denota que no existen elementos para validar la hipótesis, ya que las pruebas estadísticas del examen previo (Inicial) y posterior (final) indicaron que no existe significancia alguna. Es necesario inferir que existen factores no controlables que intervinieron cuando los estudiantes respondieron los cuestionamientos como: no se presentaron al curso-taller, la inasistencia durante el tema evaluado, el horario de clases (turno vespertino), contestaron al azar, desinterés para elaborar las actividades propuestas en clase y en casa.

Sin embargo, el análisis cualitativo sustenta que los alumnos si obtuvieron un aprendizaje significativo, lo que valora a la estrategia como útil. Esto a través de un análisis cualitativo detallado del instrumento de evaluación que permite justificar tal afirmación; en el que se consideran las escalas de estimación (*Nivel Alto (4 puntos)*, *Nivel Medio (2 puntos)* y *Nivel Bajo (1 punto)* con respecto a los criterios de *representatividad, análisis y síntesis, creatividad, ideas propias y cartografía*. Aspectos que de acuerdo a Sambrano (2000) arrojan información importante sobre los mecanismos de asimilación, comprensión y procesamiento de la información plasmados en la realización de mapas mentales originando un aprendizaje. Revelando que el grupo de intervención 1 obtuvo un avance muy significativo en su aprendizaje, ubicándose de manera general en un Nivel Medio (2) en relación a cada uno de los criterios antes mencionados; ya que el 77% de los alumnos mejoraron notablemente en los criterios de análisis y síntesis e ideas propias. Mientras que en la Intervención 2 también se reveló un avance significativo en su aprendizaje, ubicándose de manera general en los Niveles Alto (4) y Medio (2) en relación a cada uno de los criterios, dado que el 71% de los alumnos mejoraron en representatividad y creatividad y el 79% en cartografía. Mientras que en el nivel medio un 71% de los alumnos mejoraron notablemente en análisis y síntesis y un 86% en la incorporación de ideas propias respectivamente. De tal manera que se refleja un avance significativo en el proceso del manejo de la información, que determina que la utilización

del mapa mental como estrategia de aprendizaje permitió que los alumnos alcanzaran una percepción más clara sobre el tema “la célula como unidad de los sistemas vivos”.

Los resultados obtenidos son alentadores, e invitan a continuar con esta línea de trabajo, planteándose para futuras investigaciones la necesidad de analizar los efectos del uso del mapa mental en una muestra más representativa con respecto al grupo control, también a la par de la investigación contemplar la valoración que le dan los alumnos sobre su utilidad como estrategia y dificultad de aprendizaje de esta técnica así como valorar la significancia estadística de los cambios observados a partir de este estudio.

Bibliografía

- ✓ Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo-Aymerich, M. (2009) Un modelo científico para la enseñanza de las Ciencias naturales. Revista electrónica de investigación en educación en ciencias. REIEC 4 (1): 40-49.
- ✓ Aguirre, S. A. (2007). Mapas mentales una estrategia de captura de atención en la clase de economía para los alumnos de Ingeniería Industrial del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli. Tesis de Licenciatura. FES-Acatlán. UNAM. México. 101 p.
- ✓ Alcántara, L.D.M. (2005) Los mapas mentales como herramientas de aprendizaje. Tesina de Licenciatura en Pedagogía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. 78p.
- ✓ Black, M. (1972) Models and Metaphors. Cornell: Cornell University Press. 25-47.
- ✓ Buzan, T. y Buzan, B. (1996) El libro de los Mapas Mentales. Barcelona: Ed. Urano. España. 345 p.
- ✓ Caballer, M. y Giménez, I. (1992) Las ideas del alumnado sobre el concepto célula al finalizar la educación general básica. Enseñanza de las Ciencias 11(1): 63-68.
- ✓ Caballero, H.P.; Escobar, F.M.C.; Ramos, A. J. (2006) *Utilización del mapa mental como herramienta de ayuda para la toma de decisiones vocacionales. Universidad complutense de Madrid. Revista complutense de Educación 17(1): 11-28.*
- ✓ Candía, G. F. (2009) Mapas mentales y nociones tecnológicas, una herramienta para el aprendizaje de la educación permanente. Congreso Nacional de Tecnología Industrial. Dirección de Mantenimiento Industrial. Universidad Tecnológica de Tecamachalco. 8 p.
- ✓ Calixto, F. R. (2009) *Importancia de la enseñanza de teoría celular. Cuerpo académico: Los valores en la educación del siglo XXI: ambiente, derechos humanos y sexualidad. UPN-Ajusco. <http://www.lie.upn.mx/naturared/4/09.htm>*
- ✓ Camacho, A. I. (2009) El uso de los mapas mentales en la enseñanza de las Ciencias. Colegio de Bachilleres. Chihuahua. 6 p. Recuperado el 1° de abril 2009. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5595QxwiMNAJ:redexperimental.gob.mx/descargar.php%3Fid%3D389+el+uso+de+los+mapas+mentales+en+la+ense%C3%B1anza+de+las+Ciencias&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx>
- ✓ Cárdenas, L. M. (2005) Propuesta integral de comunicación para el Colegio de Ciencias y Humanidades (UNAM). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. UNAM. 123 p.

- ✓ Chamizo, J. A. y Márquez, J.R (2006) Modelización Molecular: estrategia didáctica sobre la constitución de los gases, la función de los catalizadores y el lenguaje de la química. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. COMIE. D.F. México. UNAM 11(31): 1241-1257.
- ✓ Clement, J. (1989) Learning via Model Construction and Criticism - Protocol evidence on sources of creativity in science, en Glover, J.A., Ronning, R.R. y Reynolds, C.R. (eds.). Nueva York: Plenum. *Handbook of Creativity*, pp. 341-381.
- ✓ Clement, J. (2000) Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education* 22(9): 1041-1053.
- ✓ Conant, J. y Hacgeland. (2002) El camino desde de la estructura. ensayos filosóficos, 1970-1993. con una entrevista autobiográfica. Paídos. Barcelona.
- ✓ Contreras, J. (1991) La didáctica y los procesos de enseñanza y aprendizaje, en: Enseñanza, curriculum y profesorado. Akal. España. 13-48.
- ✓ Cuenca, A. B. (2007) Diseño de un modelo didáctico para la promoción de actitudes positivas hacia ciencia, en alumnos de biología del último año de bachillerato. Maestría en Docencia en el Nivel Medio Superior. Biología. FES-Iztacala. UNAM. 251p.
- ✓ De la Parra, E. (2002) La fascinante técnica de los esquemas mentales. Ed. Panorama. México. 229 p.
- ✓ De Montes, Z. y Montes, G. (2002) "Mapas Mentales Paso a Paso". México: Ed. Alfaomega. México. DF. 240 p.
- ✓ Díaz- Barriga, A. F. y Hernández, R. G. (2002) Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. 2ª. Edición. Mc Graw-Hill. México. 459 p.
- ✓ Duit, R. y Treagust, D.F. (2003) Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education* 25(6): 671-688.
- ✓ Escudero, C.; Moreira, M. A. (1999) La V epistemológica aplicada a algunos enfoques en resolución de problemas. *Investigación didáctica*. Enseñanza de las ciencias <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v17n1p61.pdf>
- ✓ Felipe, A.; Gallarreta, S.C. y Merino, G. (2004) Modelos científicos, modelos de enseñanza y modelos expresados por los estudiantes de embriología veterinaria. VI

Congreso y III Jornadas de Educación de la Sociedad de Ciencias Morfológicas de La Plata, 25 al 27 de noviembre.

- ✓ Felipe, A. E.; Gallarreta, C. G. y Merino, G. (2005) La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo. *Revista Electrónica de las ciencias* 4 (3): 32.
- ✓ Ferreira, P.F.M. y Justi, R. (2005a) *Atividades de construção de modelos e ações envolvidas*. Comunicación presentada en V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, SP.
- ✓ Flores, F. C.; Tovar, M. E., Gallegos, L., Velásquez, Ma. E., Valdés, S., Saitz, S., Alvarado, C. y Villar, M. (2000) Representación e Ideas Previas acerca de la Célula en los Estudiantes del Bachillerato. (Informe de investigación). Colegio de Ciencias y Humanidades. UNAM. México.
- ✓ Flores, F. C.; Tovar, M. M.E. y Gallegos, C.L. (2001a) ¿Qué representación de célula tienen los estudiantes? *Correo del maestro*. No. 60 <http://www.correodelmaestro.com/anteriores/2001/mayo/celula.htm>
- ✓ Flores, F. C.; Tovar, M. M.E. y Gallegos, C.L. (2001b) La representación de célula y sus procesos en estudiantes del bachillerato: Una visión integral.
- ✓ Galagovsky, L. R. (2004) Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1: el modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias* 22(2): 229–240.
- ✓ García, C. F. (2008) El Cuestionario: recomendaciones metodológicas para el diseño de cuestionarios. Limusa. México. 120 p.
- ✓ García, R.M.P. (2005) Los modelos como organizadores del currículo en Biología. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, VII Congreso. 6 p.
- ✓ García, R.R. (2004) Los mapas mentales como herramienta de aprendizaje en alumnos del primer ciclo de primaria. Tesis de Licenciatura en Pedagogía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. 117 p.
- ✓ Giere, R. (1992) *La Explicación de la Ciencia*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 354 p.
- ✓ Gilbert, S.W. (1991) Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching* 28 (1): 73-79.
- ✓ Gilbert, J.K., Bouter, C.J. y Rutherford, M. (1998) Models in explanations, Part I: horses for courses? *International Journal of Science Education* 20(1): 83-97.
- ✓ Greca, I.M. y Moreira, M.A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de Física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona 16(2): 289-303.

- ✓ Golombek, D. A. (2008) Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa. IV Foro Latinoamericano de Educación aprender y enseñar ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades. Fundación Santillana. 87 p.
- ✓ González, M.L.; Solano, P.M. (2007). Propuesta para utilizar mapas mentales como factor de desarrollo de los recursos humanos. Tesis de Licenciatura en Administración. FES-Cuautitlán. UNAM. 127 p.
- ✓ Hempel, C. G. (2005). La explicación científica: estudios sobre filosofía de la ciencia. Barcelona: México: Paidós. 647p.
- ✓ Islas, S.M. y Pesa, M.A. (2002) ¿Qué ideas tienen los profesores de física del nivel medio respecto al modelado? Revista Ciência & Educação 8 (1): 13-26.
- ✓ Jiménez, M.P. y Sanmartí, N. (1999) ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la educación secundaria. En: L. Del Carmen (comp.). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria. Buenos Aires: Ed. Horsori. 17-45.
- ✓ Jonhson-Laird, P. N. (1983) Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness. Cambridge, MA: Harvard University Press.179-225.
- ✓ Justi, R. (2006) La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. Enseñanza de las ciencias Brasil 24(2):173–184.
- ✓ Justi, R. and Gilbert, J.K. (1999) A Cause of ahistorical science teaching: the use of hybrid models. Science Education 83 (2): 163-177.
- ✓ Justi, R. and Gilbert, J.K. (2002a) Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. International Journal of Science Education 24(4): pp. 369-387.
- ✓ Martinand, J.L. (1986) Enseñanza y aprendizaje de la modelización. Enseñanza de las Ciencias 4 (I): 45-50.
- ✓ Moreira, M. A.; (1997). Aprendizagem Significativa: um conceito subyacente. En M.A. Moreira, C. Caballero Sahelices y M.L. Rodríguez Palmero. Eds. Actas del II Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo. Servicio de Publicaciones. Universidad de Burgos. 19-44.
- ✓ Moreira, M. A.; Greca, I. M. y Rodríguez, P. M^a L. (2002) Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Porto Alegre 2 (3): 37-57.

- ✓ Muñoz, G. J. M. (2009a) Los mapas mentales como técnica para integrar y potenciar el aprendizaje holístico en la formación inicial de maestros/as. Tesis Doctoral. Departamento de Educación. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Córdoba. 428 p.
- ✓ Muñoz, M. V. (2009b) Las imágenes y la simulación: una estrategia pedagógica integral para la construcción de conocimiento biológico. Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM/ENP-Plantel 5. 11p.
- ✓ Ontoria, P.A. (2006) Aprender con mapas mentales. Una estrategia para pensar y estudiar. 4° edición. Narcea. S.A. Ediciones Madrid. Madrid. 147 p.
- ✓ Pacheco, H. R. M. (2004) Estrategia didáctica introductoria para la enseñanza del tema de la célula en el bachillerato. Tesis de licenciatura (Biólogo).UNAM. Facultad de Ciencias. México. 136p.
- ✓ Prawda J. y Flores G. (2001) México educativo revisitado. Reflexiones a comienzo de un nuevo siglo. Ed. Océano. México. 317 pp.
- ✓ Ponce, D.M. (2006) Introducción de mapas mentales en la enseñanza de las matemáticas. Tesis de Licenciatura en Matemáticas. Facultad de Ciencias. UNAM. 142 p.
- ✓ Ramírez, A. C. (2006) "Planeando la seguridad con mapas mentales". FEPASEP. Prisma Consulting. 15p. <http://www.prismamx.com/pdfs/PSMP.pdf>
- ✓ Ramos, C. M. G. (2003) Desarrollo de la creatividad y mapas mentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Carabobo. Venezuela. Revista de Ciencias de la Educación. 3 (2): 79-102.
- ✓ Rivera, L.M. (2004) Cómo utilizar los mapas mentales para tomar apuntes en la educación superior. Revista Digital UMBRAL 2000. No. 15 24 p.
- ✓ Rodríguez, P.M.L (1997) Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2 (2): 123-149 (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).
- ✓ Rodríguez, P.M.L. (2000b). Modelos mentales de célula. Una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento. Univ. de La Laguna.
- ✓ Rodríguez, P.M.L. (2002) La concepción científica de célula para la enseñanza de la biología. Una reflexión aplicable a la escuela secundaria. Aceptado en *Revista de Educación en Biología*. Asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de la Argentina. Córdoba. Argentina. 5(1):41-50.

- ✓ Rodríguez, P.M.L. (2004) La Teoría del Aprendizaje Significativo. *Centro de Educación a Distancia (C.E.A.D.)*. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping A. J. Cañas, J. D. Novak, F. M. González, Eds. Pamplona, Spain. 10p
- ✓ Rodríguez P.M.L., Marrero, A. J. (2003) Un análisis y una organización del contenido de biología celular. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 2 (1): 20 p.
- ✓ Rodríguez P.M.L., Marrero, A. J. y Moreira, M.A. (2001) La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del Curso de Orientación Universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências. Puerto Alegre*. 6(3): 243-268.[http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n3/v6_n3_a1.htm; mayo 2002]
- ✓ Rodríguez, P. M. L. y Moreira, M. A. (2002) Modelos mentales vs Esquemas de célula. *Investigações em Ensino de Ciências* V 7(1): pp. 77-103.
http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID83/v7_n1_a2002.pdf
- ✓ Sambrano, J. y Steiner, A. (2000) Mapas mentales: Agenda para el éxito. Alfaomega. México. DF. 167 p.
- ✓ Solórzano, N.N. (2009) Aplicación de mapas mentales y creatividad para la educación en emprendimiento. *Experiencias educacionales en América Latina*. Escuela Superior Pontificia del Litoral. EPOL. 14p.
- ✓ StatSoft, Inc. (2008). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com.
- ✓ Taboada, C. Z. R. (2011) Mapa Mental y su Influencia en el Rendimiento Académico de la Alumnas del Quinto Grado del nivel Secundaria del Colegio Emblemático "Santa Ana" Chincha. Escuela de Postgrado. Universidad Cesar Vallejo. Chincha, Perú.131 p
- ✓ Tamayo, A. Oscar E.; Sanmartí P. y Neus. (2003) Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*. Centro Internacional de Educación y Desarrollo Humano-CINDE - Universidad de Manizales, Colombia 1 (1): 16 p.
<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/colombia/cinde/revis1/07.pdf>
- ✓ Tapia, M.J. (2007) Los mapas mentales en el aprendizaje de la Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. UNAM. México. 115 p.
- ✓ Zamorano, O.R.; Gibbs, H.M.; Viau, J.E. y Moro, E. L. (2006) Formación de profesores: estrategias de modelado didáctico en la enseñanza de las ciencias experimentales. En: *Revista ieRed: Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa [en línea]* (1)4: 1-12.

A N E X O

A # 1: Programa de Biología 1

PROGRAMA DE BIOLOGÍA I

PRIMERA UNIDAD. ¿CUÁL ES LA UNIDAD ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS VIVOS?

PROPÓSITO:

- Al finalizar la Unidad, el alumno identificará los componentes celulares y su importancia, a través del análisis de la teoría celular y las explicaciones sobre su organización y funcionamiento, para que reconozca a la célula como la unidad estructural y funcional de los sistemas vivos.

TIEMPO: 20 horas

APRENDIZAJES	ESTRATEGIAS	TEMÁTICA
<p>El alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> Explica cómo se construyó la teoría celular considerando el contexto social y la etapa histórica en que se formuló. Valora la importancia de las biomoléculas en el funcionamiento de las células. Relaciona las estructuras celulares con sus funciones. Explica las características de las células procariotas y eucariotas. Aplica habilidades, actitudes y valores al llevar a cabo actividades documentales y experimentales que contribuyan a la comprensión de que la célula es la unidad estructural y funcional de los sistemas vivos. Aplica habilidades, actitudes y valores para comunicar de forma oral y escrita la información derivada de las actividades realizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> El profesor detectará los conocimientos previos de los alumnos con respecto a la célula. Los alumnos buscarán, analizarán e interpretarán información procedente de diferentes fuentes sobre las formas metodológicas, técnicas e instrumentos en que se basaron las investigaciones para formular la teoría celular, así como los conceptos relacionados con la organización y funcionamiento de las células. Los alumnos en equipo llevarán a cabo experiencias de laboratorio, que pueden ser propuestas por el profesor y/o por ellos mismos, para la observación de preparaciones de diferentes tipos de células a través del microscopio óptico y la identificación de biomoléculas en materiales vivos. Los alumnos en equipo elaborarán informes de sus actividades y los presentaran en forma oral y escrita. Los alumnos construirán modelos y otras representaciones que faciliten la identificación de las principales estructuras celulares, su ubicación y las funciones que desempeñan. El profesor utilizará en clase materiales audiovisuales, ejercicios y juegos didácticos que permitan a los alumnos adquirir, ampliar y aplicar la información sobre los aspectos estudiados. El profesor propondrá al grupo la asistencia a conferencias y la visita a museos para reafirmar y ampliar los aprendizajes. El profesor y los alumnos evaluarán el logro de los aprendizajes a lo largo de la Unidad. 	<p>Tema I. La célula como unidad de los sistemas vivos</p> <ul style="list-style-type: none"> Formulación de la teoría celular y sus aportaciones. Moléculas presentes en las células: Función de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Estructuras celulares y sus funciones. Semejanzas y diferencias entre células procariotas y eucariotas.

A # 2: Cuestionario Diagnóstico y Final.



Universidad Nacional Autónoma de México
Colegio de Ciencias y Humanidades
Plantel Naucalpan
Profa: Minerva Alejandra Rubio Rodríguez



Nombre: _____
Grupo: _____ Fecha: _____

Actividad: Explorando tus ideas.
Tema: Célula como unidad de los sistemas vivos.

Instrucciones: Lee cuidadosamente las siguientes preguntas y elige la opción correcta. No debes contestar al azar o tratar de adivinar. Es muy importante que brindes los conocimientos reales que tienes respecto al tema.

1. La célula se define como:
 - a) Unidad funcional y estructural de todas las cosas.
 - b) Estructura máxima que constituye a los seres vivos.
 - c) Unidad estructural y funcional de todos los seres vivos.
 - d) Unidad fundamental y constituyente de todas las cosas.
 - e) Estructura mínima que constituye a todas las cosas.
2. ¿Cuáles son las características estructurales básicas que comparten todas las células?
 - a) Membrana plasmática, citoplasma y material genético.
 - b) Sales minerales, agua, lípidos, azúcares y proteínas.
 - c) Membrana plasmática, sales minerales y agua.
 - d) Biomoléculas y núcleo.
 - e) Membrana nuclear, sales minerales y cromosomas.
3. Las células animales se caracterizan por no presentar:
 - a) Mitocondrias y cilios.
 - b) Cilios y flagelos.
 - c) Núcleos.
 - d) Pared celular, cloroplastos y vacuola central.
 - e) Ribosomas, lisosomas y vacuola central.
4. Las células vegetales se caracterizan por no presentar:
 - a) Núcleos
 - b) Cilios y flagelos.
 - c) Mitocondrias.
 - d) Cloroplastos y pared celular.
 - e) Pared celular, cloroplastos y vacuola central.
5. En las mitocondrias se lleva a cabo:
 - a) Transformación de energía.
 - b) Reproducción celular.
 - c) La digestión celular.
 - d) Transporte intracelular.
 - e) Sostén y movimiento celular.

6. ¿Cómo es la membrana de las células?
- a) Selectivamente permeable.
 - b) Permeable
 - c) Porosa
 - d) Cerrada
 - e) Abierta
7. En este orgánulo se realiza la fotosíntesis, proceso por el cual los vegetales son capaces de elaborar sus alimentos:
- a) Mitocondria
 - b) Vacuola
 - c) Cloroplasto
 - d) Núcleo
 - e) Aparato de golgi
8. ¿Cuáles son los dos tipos básicos de células?
- a) Procariontes y eucariontes.
 - b) Humanas y vegetales.
 - c) Animales y procariontes.
 - d) Humanas y animales.
 - e) Vegetales y eucariontes.
9. El núcleo se caracteriza por:
- a) Llevar a cabo la oxidación de los alimentos para la obtención de energía.
 - b) Llevar a cabo la digestión celular.
 - c) Contener el material hereditario.
 - d) Contener pigmentos.
 - e) Almacenar alimento.
10. En el citoplasma se realiza:
- a) Casi todas las actividades metabólicas de la célula.
 - b) Llevar a cabo la digestión celular.
 - c) Contener el material hereditario.
 - d) Contener pigmentos.
 - e) Almacenar alimento.
11. En los cloroplastos se lleva a cabo:
- a) Reproducción celular.
 - b) La digestión celular.
 - c) Transporte intracelular.
 - d) Sostén y movimiento celular.
 - e) La fotosíntesis.
12. La membrana plasmática, el citoplasma y el material hereditario son:
- a) Características estructurales básicas que tienen todas las células.
 - b) Componentes moleculares que tienen todas las células.
 - c) Organelos genéticos básicos que tienen todas las células.
 - d) Características generales básicas de células animales.
 - e) Componentes generales básicos de células vegetales.

13. Se caracterizan por presentar estructuras que les da la movilidad:
- a) Células vegetales.
 - b) Mitocondrias.
 - c) Núcleos.
 - d) Células animales.
 - e) Ribosomas.
14. Se considera como la unidad morfológica y funcional de todo ser vivo:
- a) Corazón.
 - b) Célula.
 - c) Mitocondria.
 - d) Sangre.
 - e) Cerebro.
15. Se caracterizan por presentar estructuras que les permiten realizar la fotosíntesis:
- a) Células animales.
 - b) Vacuolas
 - c) Mitocondrias.
 - d) Células vegetales.
 - e) Cromosomas.
16. ¿Qué estructura aísla el contenido de la célula del ambiente?
- a) Piel.
 - b) Membrana plasmática.
 - c) Citoesqueleto.
 - d) Pared celular.
 - e) Membrana nuclear.
17. ¿Cuáles son las estructuras encargadas de la oxidación de azúcares para la obtención de energía?
- a) Las partículas.
 - b) Los cloroplastos.
 - c) Las vacuolas.
 - d) Mitocondrias.
 - e) Membranas.
18. Organelo que contiene los cromosomas:
- a) Citoplasma.
 - b) Cloroplasto.
 - c) Mitocondria.
 - d) Vacuola
 - e) Núcleo.
19. Las células animales y las vegetales son:
- a) Procariontes
 - b) Eucariontes
 - c) Humanas
 - d) Organelos
 - e) Bacterianas

20. ¿Qué material fluido contiene todos los organelos de la célula, excepto en el núcleo?

- a) Citoesqueleto.
- b) Clorofila.
- c) Proteínas.
- d) Citoplasma.
- e) Cromatina.

21. La _____ es considerada como la base _____ y _____ de los seres vivos.

- a) Célula, máxima, constituyente.
- b) Sangre, mínima, constituyente.
- c) Célula, estructural, funcional.
- d) Biología, tecnológica, sofisticada.
- e) Digestión, alimenticia, energética.

22. A diferencia de las células vegetales, las células animales presentan:

- a) Plástidos.
- b) Pared celular.
- c) Cloroplastos y pared celular.
- d) Cilios y flagelos.
- e) Vacuola central.

23. Características que presentan en común las células son:

- a) Citoplasma, Membrana plasmática y material hereditario.
- b) Cromosomas, Membrana nuclear y sales minerales.
- c) Sales minerales, agua y membrana plasmática.
- d) Biomoléculas y núcleo.
- e) Proteínas, lípidos, azúcares, agua y sales minerales.

24. ¿Cuál es la función del citoplasma?

- a) Llevar a cabo la mayoría de las actividades metabólicas de la célula.
- b) Llevar a cabo la digestión celular.
- c) Contener el material hereditario.
- d) Contener pigmentos.
- e) Realizar la fotosíntesis.

25. Son organismos procariontes:

- a) Humanos, gorilas, ratones.
- b) Bacterias y algas verde-azules.
- c) Vegetales, insectos.
- d) Protozoarios y organismos pluricelulares.
- e) Bacterias y humanos.

26. La función de las mitocondrias consiste en:

- a) Digestión celular.
- b) Sintetizar proteínas.
- c) Producir energía necesaria para la célula.
- d) Reproducción celular.
- e) Transporte y movimiento intracelular.

27. ¿Qué organelos se presentan solo en las células vegetales?

- a) Cromosomas.
- b) Cilios y flagelos.
- c) Mitocondrias.
- d) Núcleos y nucléolos.
- e) Pared celular, cloroplastos y vacuola central.

28. ¿Cuál es la característica de las membranas plasmáticas?

- a) Contener bombas para desplazar moléculas a través de ella.
- b) Ser permeable a ciertas sustancias.
- c) Sostén intracelular.
- d) Frontera interna de la célula.
- e) Contener el material hereditario.

29. ¿Qué organelo se encuentra delimitado por una membrana nuclear:

- a) Célula.
- b) Cloroplasto.
- c) Núcleo.
- d) Centriolos.
- e) Citoesqueleto.

30. Las células _____ presentan estructuras de soporte y almacenamiento de pigmentos:

- a) Oseas.
- b) Musculares.
- c) Animales.
- d) Neurales.
- e) Vegetales.

A #3: Presentación Power Point "Mapas Mentales"



Universidad Nacional Autónoma de México
Colegio de Ciencias y Humanidades
Plantel Naucalpan
Área de Ciencias Experimentales
Biología



Mapas Mentales

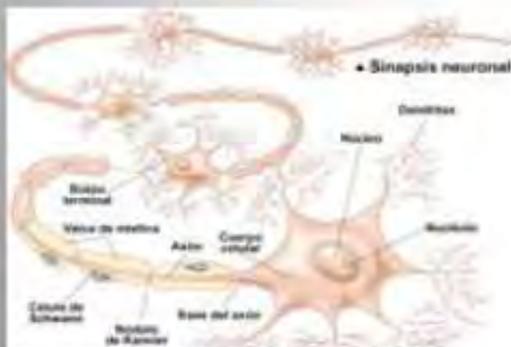
Profa: Biól. Minerva Alejandra Rubio Rodríguez.

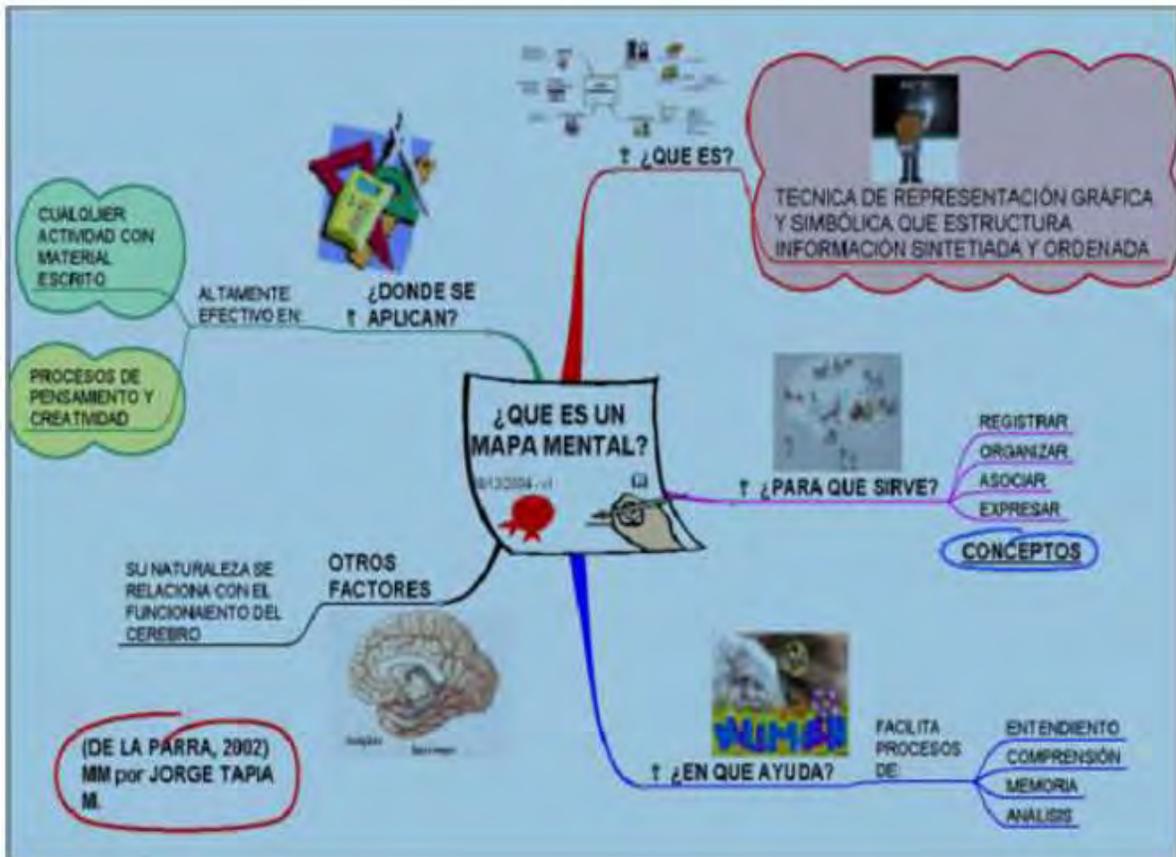
Jueves 12/08/ 2010.

- Adquisición de conocimiento.
- Aprendizaje.

Hemisferios cerebrales:

Tienden a dividirse entre ellos las principales funciones intelectuales.





Describe en tu cuaderno en que situaciones has **aplicado** los mapas mentales.



Elabora una lista

¿Qué material se necesita para llevar a cabo un mapa mental?

¿Qué se necesita para elaborar un mapa mental?





Pasos para construir un mapa mental:

- Se inicia con una imagen central.
- La imagen debe ilustrar claramente el tema principal.
- Tener por lo menos cuatro o cinco colores.

PASO 1

SE COLOCA LA IMAGEN CENTRAL

PASO 1



(DE LA PARRA, 2002)
MM por JORGE TAPIA
M.

PASO 2

- Agregar una rama principal a la imagen central.
- Esta rama debe tener contacto con la imagen central.

- Esta rama marcarse o rellenarse con color.
- La primera rama se coloca en el lado superior derecho de la imagen central.

SE COLOCA LA PRIMERA RAMA



(DE LA PARRA, 2002)
MM por JORGE TAPIA
M.

PASO 2

PASO 3

Agregar una palabra o palabras y/o imagen a la rama principal.

Esta palabra o palabras representará una de las ideas principales del tema.

- La palabra o imagen se situará sobre la rama.
- Distinguir la palabra como palabra principal escrita con palabras mayúsculas.
- El color de la palabra preferentemente tiene que ser del mismo color de la rama, o bien, dicha/s palabra/s ponerla/s en negro.

AGREGAR UNA PALABRA, PALABRAS O/Y UNA IMAGEN



(DE LA PARRA, 2002)
MM por JORGE TAPIA
M.

PASO 3

PASO 4

- Agregar ramas secundarias con palabras e imágenes.
- Las ramas secundarias son más delgadas que las ramas principales.

- Las palabras también van en mayúsculas, pero menos tamaño que las principales.
- Son del mismo color que la rama principal.

AGREGAR RAMAS SECUNDARIAS A LA RAMA PRINCIPAL

PASO 4



PASO 5

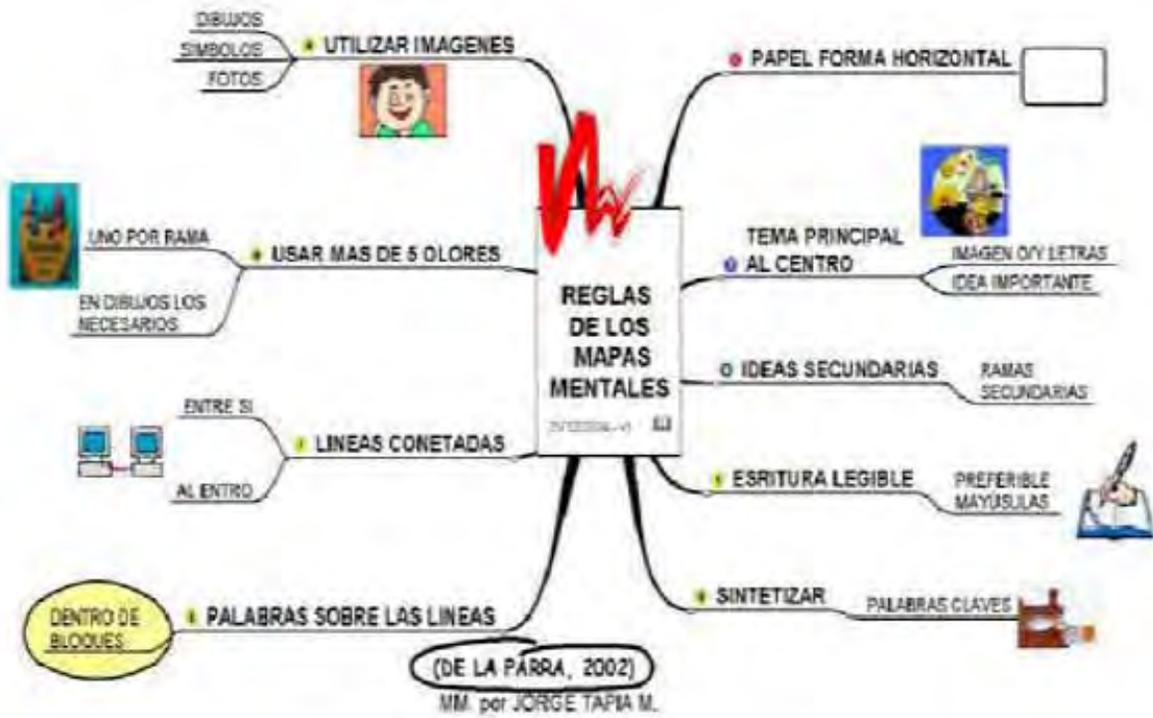
- Agregar nuevas ramas principales a la imagen central.
- Las ramas principales se distribuyen alrededor de la imagen central, siguiendo la dirección de las manecillas del reloj.

- Cada rama principal puede incluir todas las ramas secundarias que necesite.
- Cada palabra o imagen se colocan en diferentes ramas, dependiendo de las necesidades del mapa.

AGREGAR NUEVAS RAMAS PRINCIPALES A LA IMAGEN CENTRAL

PASO 5





Elabora un listado sobre los errores a evitar en la elaboración de los mapas mentales.

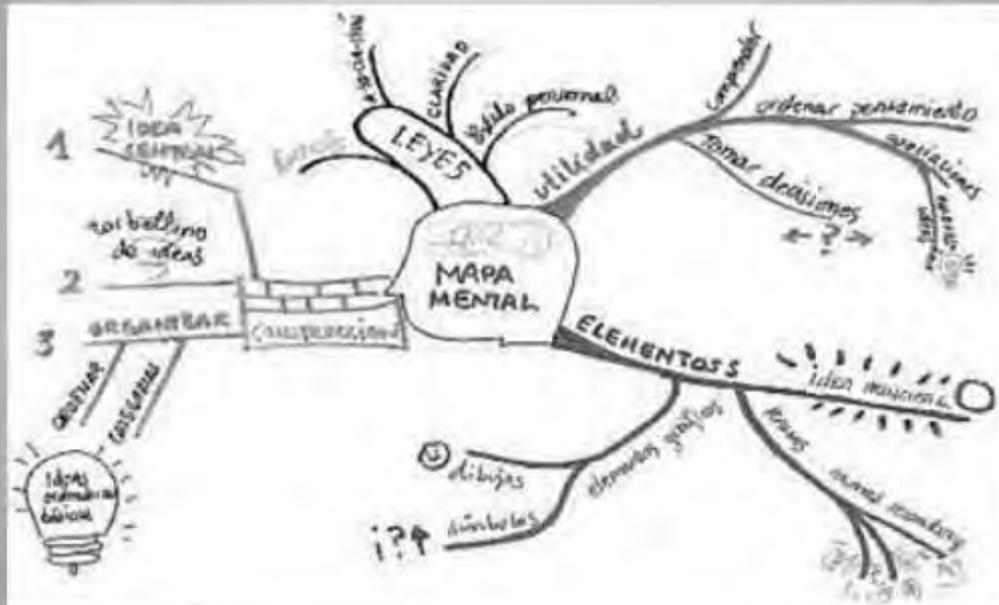
Errores a evitar.

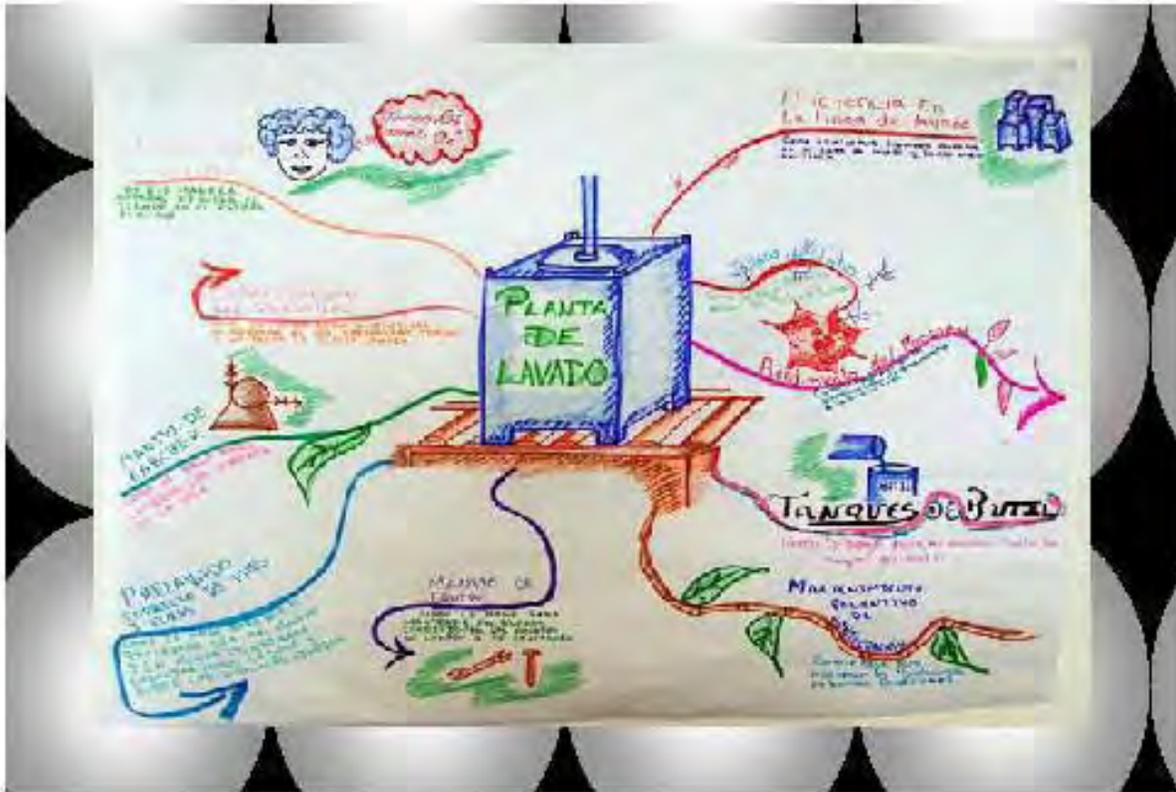
- La idea central indefinida, o bien, el centro en blanco.
- Usar papel vertical, a rayas o cuadrícula.
- Líneas separadas.
- Palabras minúsculas, dispersas, sin línea o confusas.
- Menos de cuatro colores, muchos por rama, o sin color, o colores similares.
- Rendirse o excusarse.

Los mapas mentales son una excelente herramienta para el aprendizaje, fácil de usar y con magníficos resultados, solo es cuestión de aplicar estas sencillas reglas para su desarrollo.



Ejemplos:





¡Gracias por su atención!

A # 4: lectura.

LECTURA "EL ESTUDIO DE LOS SERES VIVOS Y LA TEORIA CELULAR"

Lomell, R. G. (1995). El estudio de los seres vivos y la Teoría Celular. Biología. México: McGraw Hill, 33-37.

"La causa de la nutrición y el crecimiento no reside en el organismo como un todo en las células, que son sus partes elementales e individuales."

Theodor Schwann (1810-1882)

"Todo animal es una suma de unidades vitales y cada una de ellas posee las características de la vida"

Rudolf Virchow (1821-1902)

Como sucedió con otros aspectos de los seres vivos, su estructura a nivel celular se ignoró hasta el descubrimiento del microscopio. Esta herramienta pasó por diferentes momentos antes de poder aplicarse a los tejidos y medios donde se encuentran las células.

La base de este instrumento de observación, que consistía en lentes pulidos, primero se conformó con la conexión en serie de dos de ellos, con éstos se logró aumentar cerca de 300 veces el tamaño natural de una célula.

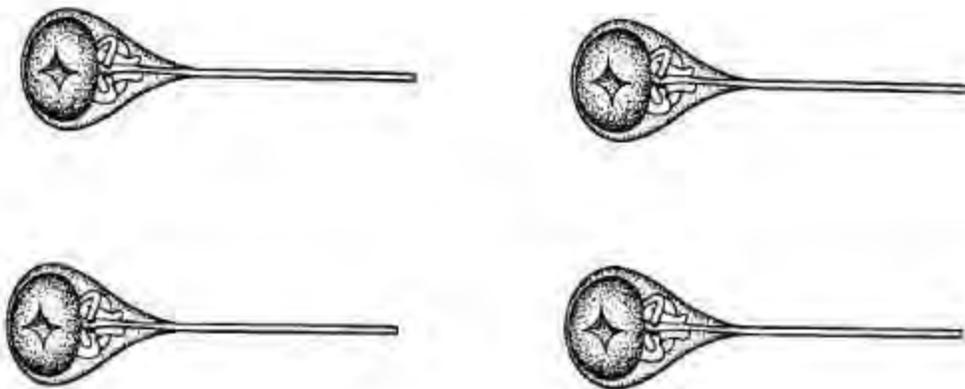


Figura 2.3. Las primeras imágenes de espermatozoides al microscopio llevaron a algunos investigadores como Nicholas Hartsoeker (1656-1725) y Nicolas Andry (1668-1791) a sostener la teoría "animalculista" que sostenía que en el espermatozoide se encontraba toda la estructura del hombre, en miniatura.

Tomado de Papp, D. y Babini, J. *Biología y medicina en los siglos XVII y XVIII*, Espasa-Calpe, Argentina, 1958, pág. 68.

Como es de esperar, los primeros lentes tuvieron defectos en el pulido que producían aberraciones en las imágenes, por lo cual se explica que al principio muchos investigadores creyeran ver formas fantásticas, como los pequeños hombrecillos que reportó Gautier d' Agosty en la cabeza del espermatozoide (véase figura 2.3), y sobre las cuales se fundamentó la teoría del preformacionismo (ésta sostenía que en los gametos estaban todas las características - en miniatura- del nuevo ser).

Con el uso del microscopio proliferaron tratados y colecciones de microorganismos como los elaborados por Roberto Hooke (1635-1703), a quien podemos considerar como el primero que utilizó este instrumento para el conocimiento de los seres vivos (véase figura 2.4).



FIGURA 2.4 Roberto Hooke fue uno de los primeros investigadores que publicó una colección de imágenes microscópicas. La estructura de celdillas observadas en un corte de corcho fue representada en su colección *De Micrographia*. Tomado de Villée, C.A. *Biología* McGrawHill Interamericana 7ª Edición, 1977, pag.10

Como sabemos, el microscopio fue una invención de Antoine von Leeuwenhoek, quien construyó cientos de ellos bajo el principio de lentes incrustados en placas de cobre. Así, pronto una serie de investigadores incorporaron el uso del microscopio a sus observaciones y descubrieron un universo de formas distintas. Cada investigador reportaba nuevas estructuras, y la producción de colecciones parecía que no terminaría nunca.

Perdidos en un enorme laberinto, los investigadores se abrumaban con nuevos datos, todos aparentemente distintos, y las

preguntas fueron: ¿cómo organizarlos?, ¿cómo estudiarlos?, ¿cómo conocerlos a todos?

A pesar de la influencia vitalista de la época suponía que los seres vivos estaban predeterminados por un plan arquitectónico que se estableció desde el momento de su creación y no se requería ninguna unidad en su organización, la necesidad de encontrar la unidad básica de los seres vivos hizo que muchos investigadores intentaran diferentes tipos de explicaciones. Entonces entraron en escena algunos científicos que, embargados por todos esos nuevos datos, realizaron un esfuerzo de organización y síntesis para ofrecer una manera de estudiar todas las formas distintas de vida.

En la segunda mitad del siglo XVIII aparecieron dos tipos diferentes de interpretaciones sobre la unidad básica de los seres vivos.

Unas sostenían que la fibra era la unidad anatómica básica del organismo y que tenía a su cargo todas sus funciones. A la cabeza de este tipo de explicaciones se encontraba Albrecht von Haller, quien sostenía una tendencia preformacionista, y por ello, sus interpretaciones resultaban muy parciales.

Otras postulaban la existencia de dos elementos fundamentales: las *moléculas orgánicas* y los *moldes interiores*. Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, principal promotor de este tipo de explicaciones, consideró que en el universo se presentaban dos tipos de materia, uno dotado de vida y otro sólo de propiedades fisicoquímicas. Las primeras se introducían en los *moldes interiores* y constituían al organismo.

Para explicar lo que hoy conocemos como desarrollo embrionario, propuso una especie de epigénesis: construcción progresiva de estructuras cada vez más complejas en torno a un centro o núcleo. Afirmó también que el huevo era el producto de la combinación de dos *moléculas orgánicas* (los gametos) y la influencia de un *molde interior* previo.

Estos dos tipos de explicaciones no propusieron un esquema básico que permitiera entender la forma y la función de los seres vivos y sólo se limitaron a explicar casos específicos.

Por otra parte, la diferenciación que se hacía de los organismos animales con

respecto a los vegetales era tan tajante que nadie en la época era capaz de encontrar alguna similitud entre ellos. En este ambiente donde había una verdadera explosión de nuevas formas vivas, donde cundía la idea del preformacionismo, donde no se cuestionaba a fondo el creacionismo y el vitalismo y donde se aceptaba una diferenciación exagerada entre organismos animales y vegetales, surgieron nuevos investigadores que se empeñaron en desentrañar un factor común.

Henri Dutrochet (1776-1847) y Françoise-Vincent Raspail sostuvieron una posición reduccionista a partir de la idea de que los seres vivos se debían estudiar por partes y que la llave para hacerlo se encontraba en la fisicoquímica, para ello expusieron una nueva tesis: la unidad estructural de los seres vivos es la *vesícula* o *utrículo*, presente tanto en animales como en vegetales. Estos investigadores se basaron en la gran cantidad de observaciones que habían hecho, en las cuales siempre encontraron una estructura común, el glóbulo o la vesícula, por lo que concluyeron que ésta era la unidad fundamental.

Podemos ver que Dutrochet y Raspail en su tesis se opusieron abiertamente al vitalismo, aunque sus planteamientos estaban aún lejos de lo que más tarde configuraría la teoría celular, ya que no consideraron la estructura interna de la célula ni comprendieron los mecanismos que originan las nuevas formas vitales.

Theodor Schwann (1810-1882) y Matthias Schleiden (1804- 1881) fueron capaces de enfrentar este enorme océano de nuevos datos y ofrecer una forma básica para estudiarlos. Conscientes de que no era posible conocer a los seres vivos uno por uno sin establecer elementos comunes que facilitaran la tarea, estos investigadores, con base en sus observaciones, propusieron que todos los organismos tienen una unidad fundamental: la célula. Este término se asignó a la estructura que fue descubierta antes por Roberto Hooke en tejidos vegetales ya la cual describió como un *espacio o celda*, que él consideró vacío.

Schwann y Schleiden encontraron que todos los organismos que observaron al microscopio (véase figura 2.5) presentaban esta estructura, que si bien podía adoptar diferentes formas y tamaños, en esencia era la misma, por ello la propusieron como la

unidad estructural morfológica de los organismos. De esta manera postularon que las plantas y los animales están constituidos por células y subproductos celulares. Éste es uno de los principios de la teoría celular.

Ya que se planteó la existencia de una unidad estructural, era relativamente sencillo hacer extrapolaciones a partir de ésta para establecer que las funciones de los organismos eran la suma o se expresaban en las funciones que es capaz de realizar una célula, de ahí que el segundo postulado de esta teoría se refirió a que *la célula es la unidad fisiológica* de los seres vivos, y en ella se expresan todas las funciones que puede realizar un ser vivo.

Con estos dos postulados, el hombre de ciencia, hacia 1837, contó con un referente básico para estudiar a los seres vivos sin tener que tomarlos uno por uno; estableció la *teoría celular*. Cualquier estudio podía basarse en un modelo básico: la célula, en el que aparecían todas las estructuras y funciones que un organismo es capaz de desarrollar.

La ciencia dispuso de un modelo básico para interpretar la forma y la función de los organismos, sin embargo, aún faltaba conocer cómo se originaban éstos. En esta época Rudolph Virchow (1821- 1902) y Robert Remarck (1815-1865) adquirieron importancia.

A partir de la larga polémica sobre el origen de los seres vivos y la brillante comprobación que realizó Louis Pasteur, estos investigadores pudieron contar con que los organismos se formaban siempre unos de otros, y si la célula era la unidad fundamental, entonces también era la única capaz de originar nuevas células y con ello, nuevos organismos.

August Weismann (1834-1914) reformuló este planteamiento a finales del siglo XIX a propósito de los mecanismos hereditarios; planteó que había una *continuidad del plasma germinal* que pasaba de padres a hijos y que era la responsable de la transmisión de los caracteres.

Fue finalmente Virchow el autor del tercer postulado de la teoría celular, que propone que las células se originaron a partir de las ya existentes. Postulado de la *unidad ontológica o de origen* de los seres vivos. Con ello, al fin se pudo reconocer que los mecanismos reproductores y hereditarios de

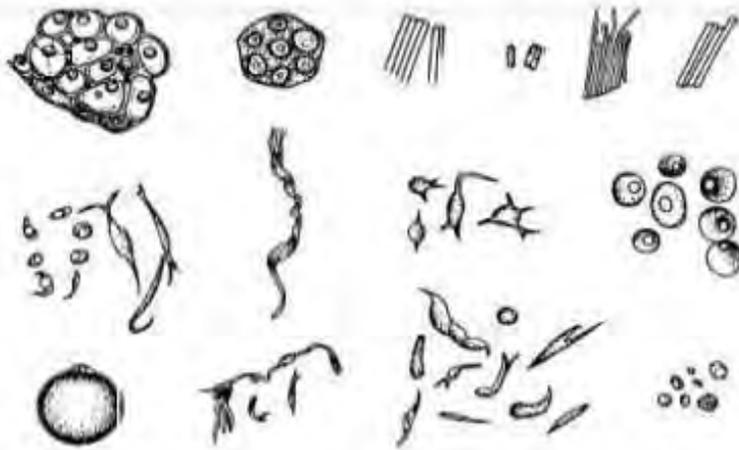


Figura 2.5. Schwann fue uno de los primeros investigadores que se inquietó por el abundante mundo de anécdotas que descubrió al microscopio. En sus colecciones pudo advertir la gran diversidad de formas, en búsqueda de la unidad a partir de la estructura base.
Tomado de DeDuve, C. La célula viva. Biblioteca Científica American Labor, España, 1988, pág. 8.

los organismos se sustentan en la unidad vital: la célula.

A partir de estos tres postulados la citología se desarrolló en los años siguientes, y recibió impulsos espectaculares como los que se produjeron del cultivo de tejidos que iniciaron Ross Harrison y Alexis Carrel (desde 1912) o los que surgieron del avance tecnológico para la construcción de microscopios y para el desarrollo de nuevos sistemas de observación.

Con base en la teoría celular fue posible el desarrollo directo de la citología, y las repercusiones de esta teoría invadieron el campo de la genética, la fisiología, la embriología y todos los demás campos de investigación de la biología que se iniciaron a fines del siglo XIX.

Con la teoría celular fue posible contar con un esquema básico, con una unidad para el estudio de las principales facetas de los seres vivos: la estructura, la función y el origen.

La célula no sólo es la estructura viviente que podemos ver al microscopio, es la unidad más pequeña capaz de desarrollar todas las funciones vitales de un organismo. En ella se concentran todas las características que hacen la diferencia entre un trozo de materia inerte y un sistema vivo.

A partir de la postulación de la teoría celular, la célula ya no sólo se concibe como un conjunto de capas envolventes sobrepuestas, sino como una unidad vital

compuesta por organelos con funciones y formas características.

Pretendemos en este texto que el lector pueda comprender por qué y de qué manera los postulados de una teoría como ésta ayudan al entendimiento de los seres vivos, así como a la comprensión del papel que en la investigación científica tienen los modelos que permiten conocer y explicar los fenómenos naturales.

Hoy nadie necesita conocer todas y cada una de las células que existen para saber cómo son, cuál es su estructura, cuáles son las funciones vitales que desarrollan y cómo se originan. Basta con saber cómo es una sola célula para poder generalizar sus características hacia las demás.

Esto, que hoy nos parece sencillo y obvio, sólo fue posible cuando alguien pudo ver a través del microscopio, cuando se pudo percibir que el mundo de los microorganismos crecía desmesuradamente, cuando alguien fue capaz de comprender la trascendencia de trabajos como los que realizó Louis Pasteur y cuando alguien pudo abstraer lo esencial y sintetizar lo fundamental. Finalmente, cuando alguien fue capaz de comprender que la célula es el verdadero arquetipo de los seres vivos.

Seleccionaron: Corona, Saitz y Velásquez