

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



**FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA
EDUCACIÓN**

TESIS DE MAESTRÍA

***MAESTRIA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS EXACTAS Y
NATURALES***

**Las representaciones construidas por estudiantes universitarios acerca
del modelo científico de membrana citoplasmática. Diagnóstico y
relevancia en el proceso de enseñanza aprendizaje.**

Verónica Andrea Mancini

Grado académico: Magister

Directora: Stella Maris Ramírez

Co directora: María de los Ángeles Bacigalupe

FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

28 de Marzo de 2016

RESUMEN

Aprender ciencia requiere aprender modelos y reconstruirlos en el aula. Los docentes que enseñan ciencia utilizan habitualmente en sus clases modelos científicos, los cuales constituyen una forma de representar la realidad. Se les atribuye a los modelos diferentes funciones: representar estructuras y fenómenos, ayudar en la visualización de entidades abstractas o microscópicas, asistir en la interpretación de resultados experimentales, entre otras. Los modelos científicos requieren un elevado nivel de abstracción, esto hace que muchas veces el alumnado encuentre dificultad en la comprensión e interpretación de los mismos.

El presente trabajo se propone caracterizar las representaciones construidas por alumnos universitarios de la carrera de Psicología sobre el modelo de membrana citoplasmática y analizar su utilidad en las clases de Biología y su relevancia en el proceso de enseñanza aprendizaje. Para este fin se utilizó como instrumento una encuesta, elaborada *ad hoc*, que fue procesada a través de una estrategia metodológica mixta, estableciendo categorías. A partir del análisis del modelo explícito de la membrana citoplasmática expresado por los alumnos en las respuestas, se pondrán de manifiesto las características de los modelos mentales elaborados por ellos.

De los resultados se desprende que aquellas investigaciones que se propongan interpretar la manera en que las personas construyen sus representaciones sobre determinados fenómenos, aportarán a la didáctica de las ciencias para mejorar el aprendizaje de los estudiantes; por otro lado se concluye que la analogía del modelo de membrana como mosaico fluido resulta poco significativa para los alumnos, que a menudo incorporan estos conceptos memorísticamente, representando un modelo que no es completamente científico. El trabajo con imágenes exige la mediación didáctica; resulta por eso necesario que los docentes comprendan que el razonamiento basado en modelos es una habilidad altamente deseable, pero requiere extenso entrenamiento y práctica dentro del ámbito áulico.

Palabras clave: membrana citoplasmática, modelos, representaciones, universidad, enseñanza y aprendizaje

ABSTRACT

Learning sciences requires to learn models and to rebuild them in classroom. Science teachers frequently use scientific models in their classes, which are a way to represent reality. Models have different functions: represent structures and phenomena, to help people to visualize abstract and microscopic entities, to help in the interpretation of experimental results and others. Scientific models require a high level of abstraction and this is one of the reasons of why students usually find difficult to understand and interpret them.

The objective of the present work is to characterize the representations of university students of Psychology about the model of the plasma membrane and to analyze its utility in biology classes and its relevance in the teaching learning process. To accomplish this objective it was applied an ad hoc survey in the context of a mixed methodological strategy and were obtained categories. In this work it will be shown the characteristics of mental models of the students through the analysis of their explicit models exhibited in their responses to the questionnaire.

It is concluded that those researches that study the way people build representations about some phenomena will do a contribution to the didactics of science to enhance students' learning. Furthermore, the plasma membrane analogy of fluid mosaic can have little significance for the students, who learn this concept by heart and construct a representation which is not truly scientific. The class work with images requires educational mediation; teachers should understand that reasoning based on models is an highly desirable ability but requires long training and practice inside the classroom.

Keywords: plasma membrane, models, representations, university, teaching and learning.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Es extensa la lista de personas a las que desearía agradecer el acompañamiento en este trayecto de construcción del trabajo de Tesis.

En primer lugar GRACIAS a mis directores, Stella M. Ramírez por su cariño y apoyo permanente y Marian Bacigalupe, por su confianza puesta en mí y en esta producción.

A la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP), al Departamento de Ciencias Exactas y Naturales, al Ministerio de Educación de la Nación, que en el marco del Programa de Formación y Capacitación para el Sector Educación (ProFor), me han permitido acceder a una beca para cursar el posgrado.

A los docentes de los seminarios de Maestría y a mis compañeros, de quienes y con quienes aprendí mucho.

A las autoridades de la Facultad de Psicología, y muy especialmente a los responsables de las Cátedras de Biología Humana y Neuroanatomía y Neurofisiología y a sus alumnos, quienes han accedido amablemente a completar las encuestas clave para la realización de este trabajo.

A los directivos de las instituciones en las que ejerzo la docencia y a mis alumnos que han sabido acompañar y comprender el valor de la formación docente.

A Alfredo Vilches por su paciencia, mirada crítica y acompañamiento permanente.

A Florencia Menconi por sus aportes y colaboración.

A Alejandra Rossi por facilitarme material de lectura.

A mis hijas Valentina y Catalina, a mi pareja, mis familiares y amigos quienes han sacrificado parte del tiempo compartido para apoyar la concreción de este trabajo pero que al mismo tiempo me han brindado su cariño y contención en todo momento.

Y a todos aquellos que en mayor o en menor medida me han permitido alcanzar esta meta.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
II. OBJETIVO GENERAL	4
III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
IV. ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	5
CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS ENFOQUES EPISTEMOLÓGICOS QUE SUSTENTAN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA.....	7
1.1 LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA PARA LA SOCIEDAD DEL SIGLO XXI	7
1.2 SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS NATURALES	8
1.3 TEORÍAS ACERCA DE CÓMO LOS ESTUDIANTES APRENDEN CIENCIA	9
1.4 CONSOLIDACIÓN EN EL TIEMPO DEL CAMPO DISCIPLINAR DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES	13
1.5 ENFOQUES EPISTEMOLÓGICOS QUE SUSTENTAN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA EN LOS DIFERENTES NIVELES EDUCATIVOS.	15
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN....	29
2.1 LOS MODELOS EN LAS CLASES DE CIENCIAS NATURALES	29
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS	31
2.3 EL VALOR DE INTERPRETAR LAS REPRESENTACIONES DE LOS ALUMNOS.....	34
2.4 MODELOS MENTALES Y REPRESENTACIONES	35
2.5 INTERACCIONES ENTRE DIFERENTES TIPOS DE MODELOS EN EL ÁMBITO EDUCATIVO: EL CASO DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS, MENTALES Y EXPRESADOS.	38
2.6 LAS IMÁGENES EN LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA CIENCIA	39
2.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS IMÁGENES.....	41
2.8 CÓMO EL CEREBRO PROCESA Y GUARDA LAS IMÁGENES.....	43
CAPÍTULO 3. REVISIÓN HISTÓRICA ACERCA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CIENTÍFICO DE LA MEMBRANA CITOPASMÁTICA.....	46
3.1 BREVE PERSPECTIVA HISTÓRICA SOBRE EL ESTUDIO DE LA CÉLULA Y SUS PARTES	46
3.2 INTERPRETACIÓN DEL MODELO DE MEMBRANA MÁS ACEPTADO EN LA ACTUALIDAD: MODELO DE MOSAICO FLUIDO.....	48

3.3 ELABORACIÓN DEL MODELO CIENTÍFICO DE LA MEMBRANA CITOPLASMÁTICA: APORTES Y CONTROVERSIAS DE DIFERENTES CIENTÍFICOS A LO LARGO DE LA HISTORIA.....	51
CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO DE INVESTIGACIÓN	58
4.1 LA ENSEÑANZA EN EL NIVEL UNIVERSITARIO.....	58
4.2 LAS TRAYECTORIAS EDUCATIVAS DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS	60
4.3 INTERRELACIONES ENTRE LA BIOLOGÍA Y LA PSICOLOGÍA.	62
4.4 LA ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA HUMANA EN LA CARRERA DE PSICOLOGÍA.....	64
4.5 BIOLOGÍA HUMANA COMO MATERIA DEL PLAN DE ESTUDIO DE LA CARRERA DE PSICOLOGÍA EN LA UNLP.....	66
4.6 LA ENSEÑANZA DE LA CÉLULA COMO CONTENIDO DE LA BIOLOGÍA HUMANA.....	69
CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA.....	71
5.1 FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA.....	71
5.2 DETERMINACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	72
5.3 MÉTODOS, TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS	73
5.4 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CATEGORIZACIÓN DE LA ENCUESTA	75
CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	80
6.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTUDIANTES QUE FORMARON PARTE DE LA MUESTRA	80
6.2 RESPUESTAS OBTENIDAS A PARTIR DEL ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO	83
6.3 DISCUSIÓN.....	91
6.3.1. <i>Caracterización de los estudiantes</i>	91
6.3.2. <i>Concepciones de los estudiantes acerca del modelo de membrana</i>	93
6.3.3. <i>Observación de imágenes y reconocimiento del modelo de membrana citoplasmática</i>	96
6.3.4. <i>Propuesta de nombres nuevos por parte de los estudiantes, para el modelo de membrana</i>	98
6.3.5. <i>Caracterización de los contenidos de la materia Biología Humana (en fáciles o difíciles de comprender) y argumentación de las respuestas.</i>	99
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXO.....	121

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel universitario constituye un desafío para la didáctica específica de estas ciencias, sobre todo cuando debe contextualizarse en ámbitos de enseñanza más vinculados con las ciencias sociales, como es el caso de la carrera de Psicología.

Como futuros profesionales del área de la salud, los alumnos de la Licenciatura en Psicología, al igual que los que transiten las materias del Profesorado en Psicología, trabajarán con seres humanos, de manera tal que el fundamento biológico acompaña y se condice con la visión social y psicológica del individuo humano. Asimismo se encontrarán con la necesidad de trabajar interdisciplinariamente con otros especialistas del área de la salud o bien con otros docentes, por lo que les resultará necesario manejar un lenguaje científico en común en pos del bienestar del paciente o del alumno, según el caso. “La enseñanza no tiene solo consecuencias sobre la vida de las personas, sino también sobre el devenir de la sociedad y el destino de las naciones” (Camilloni, 2007: 134).

Un contenido relevante en la formación biológica de los estudiantes de esta carrera es el de membrana celular o membrana citoplasmática que forma parte del programa vigente (año 2011) de la materia Biología Humana del primer año de la carrera y es al mismo tiempo significativo para la asignatura correlativa de tercer año, Neuroanatomía y Neurofisiología. Las membranas celulares están vinculadas con la estructura, la comunicación, el reconocimiento y las interacciones entre células. Al mismo tiempo la respuesta de la célula a una gran variedad de señales químicas del medio extracelular (hormonas, neurotransmisores, factores de crecimiento, y muchas otras sustancias) incluye su recepción por medio de las proteínas receptoras pertenecientes a la membrana (De Robertis y Hibs, 1998). Este modelo de membrana es también aplicable a la estructura de las organelas u organoideas de endomembrana características de las células eucariotas. La Biología celular y molecular son dos de las disciplinas encargadas de estudiar estos temas.

A partir de estos contenidos los alumnos podrán construir muchos otros conocimientos clave relacionados con la estructura y la función de las neuronas y otros tipos de células y aprovechar de mejor modo los avances que la neurobiología y otros campos de conocimiento están realizando en el estudio del comportamiento humano.

La célula constituye un contenido clave para la Biología pero al mismo tiempo resulta complejo para los estudiantes del nivel de enseñanza secundaria y primeros años de la universidad. Es bien sabido por los docentes del área que los contenidos que abordan estructuras microscópicas, tridimensionales, abstractas y complejas, como la célula (su estructura y función), son difíciles de conceptualizar para los alumnos (Rodríguez Palmero, González González y Moreira, 2006).

El presente trabajo se propone caracterizar las representaciones construidas por los alumnos universitarios que han cursado y aprobado la materia Biología Humana, acerca del modelo científico de membrana citoplasmática. A partir de este diagnóstico se podrá reflexionar acerca de la utilidad que tiene, en las clases de Biología, el trabajo con modelos y analizar su relevancia en el proceso de enseñanza aprendizaje, contemplando la perspectiva de las trayectorias educativas de los alumnos.

A través del desarrollo de este trabajo de investigación se podrá indagar de qué manera los alumnos representan el modelo de membrana citoplasmática trabajado durante la cursada de la materia Biología Humana. A partir de la expresión que hayan hecho los estudiantes del modelo explícito, se pondrán de manifiesto las características de los modelos mentales o representaciones elaborados por ellos, para poder ser analizados. El *modelo mental*, generado a partir de ideas en la mente del individuo, no es accesible de manera directa, pero puede ponerse de manifiesto a través de lo que denominamos el *modelo expresado*, mediante acciones como el habla, la escritura, símbolos o dibujos (Justi, 2006 y Galagovsky, Di Giácomo y Castelo, 2009). Además, este trabajo intentará contribuir con la enseñanza de la ciencia ya que el tratamiento de este tema debiera poder aportar al desarrollo de destrezas de comunicación, adaptación, competencias científicas y un compromiso con el aprendizaje continuo de los alumnos en las clases de ciencias (Millar y Osborne, 1998, citado por Justi, 2006).

La metodología incluye la aplicación de una encuesta elaborada *ad hoc*. Este instrumento fue el utilizado para poder acceder a los modelos mentales construidos por los alumnos acerca de este tema. El constructo “modelo mental da explicaciones convincentes que nos permiten interpretar las representaciones del alumnado” (Rodríguez Palmero y Moreira, 1999:3). Se suma a esto que el estudio de las representaciones mentales que los alumnos construyen en su interacción con el mundo está constituyendo una línea de investigación importante en la enseñanza de la ciencia (Greca y Moreira, 1998; Justi, 2006; Nappa, Insausti y Sigüenza, 2006; Rodríguez

Palmero, 2001; Rodríguez Palmero et al., 2006). La importante cantidad de trabajos sobre los modelos mentales de los estudiantes pone de manifiesto que esta temática se presenta hoy en día como prioritaria en la enseñanza de la ciencia. Conocer las características de las representaciones mentales logradas por los alumnos es tan importante como comprender los mecanismos mediante los cuales se generan (Nappa et al., 2006).

Además, desde el marco teórico se podrán describir los cambios en el modelo de membrana citoplasmática a lo largo de la historia de la ciencia (modelo histórico y modelo actual).

También se intentará comparar el modelo erudito (de científicos) con el modelo representado por los novatos (alumnos), con el objeto de obtener indicadores para analizar si el modelo de membrana que se enseña actualmente es un recurso facilitador u obstaculizador del aprendizaje en las clases de ciencia. Adúriz Bravo (2011) sostiene que muchas veces una misma representación puede constituir o no un modelo según la concepción que el usuario tenga de ella, y que a menudo, los docentes olvidan esto en el aula, pensando que “nuestros modelos” son recibidos también como modelos por los alumnos, cuando para ellos son solo “objetos”. Este mismo autor, junto con Galagovsky (2001) consideran que la comunicación entre profesorado y alumnado en las clases de ciencias naturales a menudo encuentra algunas dificultades, una de las cuales se asocia a la brecha que se produce entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje científico erudito.

Indagar acerca de las representaciones que genera el alumnado adquiere una importancia crucial, ya que se trata de un conocimiento básico sobre el que se pueden articular estrategias y procedimientos docentes adecuados que le permitirá a los estudiantes atribuir significados científicos y contextualmente aceptados a los conocimientos disciplinares (Rodríguez Palmero et al., 2006).

Se considera, por lo tanto, que es importante trabajar el concepto de modelo con los alumnos para que quede claro el significado de lo que es “modelizar” en ciencia, diferente al sentido que se le asigna en la vida cotidiana. Aprender ciencia consiste en aprender a interpretar modelos. Por eso resulta interesante que los estudiantes comprendan, con una adecuada intervención docente, que los modelos son representaciones parciales de diferentes tipos de entidades que se construyen con un objetivo específico, para eludir el riesgo de que este recurso se convierta en un obstáculo más que en un facilitador del proceso (Astolfi, 1994).

i. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Sobre la base de lo expuesto anteriormente, algunas de las preguntas que orientarán el desarrollo de este trabajo de tesis son: ¿propone el modelo de membrana citoplasmática vigente una analogía comprensible para los alumnos?, cuando los alumnos trabajan con modelos científicos en las clases de ciencia ¿están advertidos de las características de las representaciones con las que trabajan?, ¿conocen los alcances y las limitaciones de dichos modelos?, ¿constituye el nombre del modelo científico “mosaico fluido” en sí mismo un obstáculo o un facilitador del contenido?, ¿este recurso permite a los alumnos conceptualizar adecuadamente esta estructura celular?, ¿podrían los estudiantes proponer un nuevo nombre para el modelo de membrana creando nuevas analogías?, ¿de qué manera influye en todo esto las trayectorias educativas de los alumnos al momento de cursar la materia Biología Humana (orientación del secundario con el que egresaron)? ¿manifiestan los estudiantes de Psicología dificultades respecto de los contenidos biológicos insertos en una carrera de las ciencias sociales? Vale aclarar que el abordaje de estas preguntas y los resultados obtenidos serán de generalización limitada.

ii. OBJETIVO GENERAL

- El presente trabajo se propone indagar las características de las representaciones mentales de los alumnos universitarios sobre el modelo de la membrana celular y analizar su utilidad en las clases de Biología y su relevancia en el proceso de enseñanza aprendizaje.

iii. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las características del modelo de membrana citoplasmática construido por los alumnos de la carrera de Psicología (UNLP) que han cursado y aprobado la materia Biología Humana.
- Discutir la importancia y utilidad que tiene, en las clases de Biología, el trabajo con modelos.

- Analizar si el trabajo con modelos científicos en las clases de ciencia resulta ser un recurso facilitador u obstaculizador del aprendizaje.
- Identificar posibles relaciones entre las representaciones expresadas por los alumnos con datos relevantes de sus trayectorias educativas.

iv. ESTRUCTURA DE LA TESIS

El presente trabajo de Tesis está organizado en una Introducción y 7 capítulos; los 4 primeros desarrollan el marco teórico de esta investigación.

El **Capítulo 1** incluye la descripción de los enfoques epistemológicos que sustentan la enseñanza de la ciencia y las demandas de la sociedad a la enseñanza de la ciencia en el siglo XXI.

El **Capítulo 2** refiere a la fundamentación teórica de la investigación. Aquí se desarrollan cuestiones vinculadas al concepto y clasificación de los modelos, sus interacciones, además del trabajo con imágenes en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia.

El **Capítulo 3** realiza una breve revisión histórica acerca del origen y reconstrucción del modelo científico de la membrana citoplasmática en el tiempo, hasta llegar a su versión más aceptada en la actualidad por la comunidad científica: *modelo de mosaico fluido*.

El **Capítulo 4** refiere al contexto de esta investigación. Incluye la descripción de la enseñanza en el nivel universitario, los contenidos de la materia Biología Humana vinculados a la temática de este trabajo de Tesis y las interrelaciones entre las disciplinas Biología y Psicología.

El **Capítulo 5** está dedicado a la descripción de la metodología utilizada. Se detalla el instrumento empleado para la recolección de los datos como así también los criterios para su análisis.

El **Capítulo 6** incluye la presentación de los resultados obtenidos a través de la metodología implementada en este trabajo de Tesis y la discusión de dichos resultados.

En el **Capítulo 7** se desarrollan las conclusiones obtenidas.

A continuación se encuentran las **Referencias Bibliográficas** citadas y por último se adjunta el **Anexo** mencionado en el cuerpo del trabajo.

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS ENFOQUES EPISTEMOLÓGICOS QUE SUSTENTAN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

1.1 La enseñanza de la ciencia para la sociedad del siglo XXI

La enseñanza de la ciencia es valorada en la actualidad por la sociedad y es considerada fundamental y necesaria para la formación de todos los estudiantes. La ciencia que se enseña en los diferentes niveles e instituciones cambia como consecuencia de las transformaciones sociales, económicas, científicas y tecnológicas que ocurren a lo largo del tiempo (Merino, 1996). Las necesidades sociales actuales son muy diferentes a las de décadas pasadas y la educación como hecho humano y social por excelencia, debe dar respuesta a las mismas, en busca de un horizonte más amplio y un nuevo concepto pedagógico que lleve a cada persona a descubrir, despertar e incrementar sus posibilidades creativas (López Noguero, 2007). La sociedad moderna, orientada hacia la competitividad, la tecnología y la multiculturalidad precisa que todos y cada uno de sus ciudadanos y profesionales intervengan en ella de forma activa, innovadora y responsable. En tal sentido, demanda a la educación superior que forme a sus educandos en un conjunto de competencias cognitivas que les permitan actuar eficientemente en todos los ámbitos de la vida (familia, trabajo y sociedad) pudiendo así alcanzar significativos niveles de progreso personal, social y económico (Sanz de Acedo Lizarraga, 2010). A esto se suman los aportes de Pozo (1997), quien afirma que la sociedad actual demanda a los alumnos (ciudadanos) que usen sus conocimientos de modo flexible ante tareas y demandas nuevas y que interpreten nuevos problemas a partir de los conocimientos de la sociedad de la información en la que están inmersos.

El filósofo francés Edgar Morín (2001:13) manifiesta que “la primera finalidad de la enseñanza fue formulada por Montaigne: vale más una cabeza bien puesta que una repleta”, es decir ya no bastará con llenar de información la cabeza de los alumnos sino que es necesario enseñarles a enfrentar de un modo activo y autónomo los problemas, esto requiere no solo de nuevas actitudes, sino y sobre todo, de destrezas y estrategias para activar adecuadamente los conocimientos, actitudes contrarias a las que genera un modelo tradicional de educación, basado en un saber extremo y autoritario.

1.2 Sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales

La enseñanza consiste en un encuentro humano, es un proceso de comunicación que incide sobre la formación de las personas. Es una forma de intervención destinada a mediar en la relación entre un aprendiz y un contenido a aprender. Es una función mediadora y orientadora entre el conocimiento existente como patrimonio socio cultural y el alumno que aprende (Merino, 1995).

El aprendizaje consiste en un proceso activo y personal de construcción de significados, durante el cual la persona reestructura progresivamente sus esquemas conceptuales (Driver, 1989). El concepto de aprendizaje desde un punto de vista constructivista se centra en la importancia del significado construido por las personas en sus intentos de dar sentido al mundo. Las construcciones realizadas se conciben como modelos provisionales, puestos a prueba constantemente por confrontación con la experiencia y, si es necesario, modificados en consecuencia. Esta línea de pensamiento se ocupa de las intenciones, creencias y emociones de las personas tanto como de su conceptualización, y reconoce la influencia que la experiencia previa tiene en la forma como se perciben e interpretan los fenómenos (Driver y Oldham, 1988). El aprendizaje basado en la mera aglomeración y amontonamiento de conocimientos se ha revelado bastante ineficaz para esta sociedad, atravesada por cambios culturales y tecnológicos donde se impone la readaptación y actualización constante, así como el aprendizaje que permita a la persona responder, frente a nuevas situaciones, de forma creativa y constructiva (López Noguero, 2007). Detrás de toda propuesta teórica o de toda práctica de enseñanza hay, explícita o implícitamente, una concepción de aprendizaje (Manuale, 2007).

La adquisición de conceptos por parte de los alumnos no va a colmar un vacío de ignorancia, sino a substituir paulatinamente un cuerpo de ideas y de concepciones previas. Estas representaciones previas entran en conflicto cognitivo con los conocimientos científicos que el docente se propone enseñar, y este conflicto debe ser resuelto para que las adquisiciones no sean solamente verbales y temporales. Por el contrario, suele ocurrir que el saber científico que el docente brinda a sus alumnos, y que en un primer momento parece ser comprendido e integrado, es olvidado dejando resurgir las representaciones que se creían superadas gracias a la enseñanza (Astolfi, 1987). En este contexto, la labor de la educación científica debiera consistir en lograr

que los alumnos construyan en las aulas actitudes, procedimientos, conceptos que por sí mismos no podrían elaborar en los contextos cotidianos y que esos conocimientos sean funcionales y transferibles a nuevos contextos y nuevas situaciones, reduciendo de este modo las distancias entre el conocimiento cotidiano y el científico (Pozo, 1997).

Entre los procesos de enseñanza y aprendizaje no existe necesariamente una relación de tipo causal que permita asumir que lo primero conduce necesariamente a lo segundo. Sin duda, la idea de causalidad entre estos dos conceptos domina en el sentido común y nos lleva a pensar que son fases inseparables de un único fenómeno (Camilloni, 2007). Para Prieto Navarro (2007) enseñar y aprender no constituye una dicotomía radical, pero sí es importante ver que las tareas que se asocian al rol docente tienen sentido en la medida en que son eficaces para el fin que las justifica, que no es otro que el aprendizaje de calidad de los alumnos.

Para Fenstermacher (1989), existiría una relación ontológica del concepto *enseñanza* respecto del concepto de *aprendizaje*. Para este mismo autor, que el aprendizaje se produzca después de la enseñanza no debe ser explicado como una consecuencia directa de las acciones de enseñanza, sino de las actividades que el propio estudiante emprende para incorporar un contenido. Entonces, la enseñanza solo incide en el aprendizaje de manera indirecta, a través de la construcción de significados por parte del aprendiz. Se pasa así de una relación causal a una concepción que reconoce mediación entre las acciones del docente y los logros de los estudiantes. Por otra parte, pensar a la enseñanza como un intento de transmitir un conocimiento cuya apropiación efectiva depende de las actividades desarrolladas por el propio destinatario no exime al docente de sus responsabilidades sobre el aprendizaje de los estudiantes, sino que ayuda a dirigir sus mayores y mejores esfuerzos. Durante esa interacción social, es esperable que las personas se apropien de gran cantidad de conceptos, destrezas, actitudes y valores.

1.3 Teorías acerca de cómo los estudiantes aprenden ciencia

Las diferentes teorías de aprendizaje, más que teorías alternativas son diversas aproximaciones a cómo aprenden los sujetos. En el marco de este trabajo resultará interesante considerar y revisar las distintas teorías psicológicas que más influencia han

tenido y tienen en el campo de la enseñanza científica. Además se relacionarán estas teorías con los distintos modelos de enseñanza aprendizaje que fueron surgiendo en el tiempo.

Autores como Furman y de Podestá (2010) proponen tres grandes modelos didácticos para la enseñanza de la ciencia que han tenido y tienen presencia en las aulas:

a) Los modelos de enseñanza de transmisión-recepción, los cuales conciben a la ciencia como un cúmulo de conocimientos acabados, objetivos, absolutos y verdaderos. El docente se convierte en el portavoz de la ciencia, y su función se reduce a exponer desde la explicación rigurosa, clara y precisa, los resultados de la actividad científica (Pozo, 1999). El alumno es un consumidor de conocimientos, que debe atender, captar y recordar los conceptos.

b) Los modelos de enseñanza por descubrimiento, en los que se considera que el conocimiento está en la realidad cotidiana y el alumno, en contacto con ella, puede acceder espontáneamente a él (inductivismo extremo). El modelo plantea que la mejor forma de aprender ciencia es haciendo ciencia. Sin embargo, es necesario tener en cuenta a este respecto que, pese a la importancia dada (verbalmente) a la observación y experimentación, en general la enseñanza es puramente libresco, de simple transmisión de conocimientos, sin apenas trabajo experimental real (más allá de algunas ‘recetas de cocina’) (Adúriz Bravo, Eguren y Rocha, 2003).

c) Los modelos de enseñanza por indagación, estos consideran a la ciencia como una construcción humana, colectiva, que buscan explicar el funcionamiento del mundo natural de manera coherente y que está sujeta a cambios. En este caso el rol del docente consiste en diseñar cuidadosamente actividades que orientan a los alumnos en la construcción de conceptos y competencias científicas. El alumno participa activamente en las experiencias construyendo conceptos y herramientas de pensamiento científico bajo la guía del docente.

El enfoque tradicional de transmisión cultural de la enseñanza y el aprendizaje, ha sido apoyado por las teorías psicológicas del desarrollo que se centran en la pasividad de la mente: asociacionismo y conductismo. Las corrientes de tipo *conductista* sostienen que la persona ha aprendido algo cuando realiza adecuadamente las operaciones o conductas esperadas. De ello se deduce que aprender consiste en la repetición de ciertas conductas que el individuo realiza cuando se lo motiva o recompensa (positiva o negativamente).

Para Pozo (1989) el núcleo central del conductismo está constituido por su concepción asociacionista (o empirista) del conocimiento y el aprendizaje. Este mismo autor sostiene que la tradición del asociacionismo nace con Aristóteles. El conductismo hace foco en la estructura de la conducta, suponiendo que somos una *tábula rasa* y todo el conocimiento se adquiere por mecanismos asociativos. Algunos otros autores referentes de esta corriente son Watson (1878-1958), Thorndike (1874-1949) y Skinner (1904-1990). Este modelo fue muy criticado, especialmente por lo que refiere al fracaso del aprendizaje de los alumnos en áreas científicas (Dibarboure y Rodríguez, 2013). Estas mismas autoras plantean que las fuertes críticas a este modelo se dan en los años 60 entendiendo que la lógica académica y formal que lo sostiene da una imagen fragmentada y descontextualizada de los contenidos científicos que se pretenden enseñar. Como contrapartida a este modelo, se instala el modelo por descubrimiento, en el que no cuenta lo que los alumnos ya saben.

Por eso surge otro modelo alternativo, el modelo por indagación, con una mirada muy diferente, sostenido por los aportes de la Filosofía de la ciencia y la Psicología cognitiva, enmarcado en las concepciones constructivistas del aprendizaje. Hacia comienzos de la década del 80, se ha producido un cambio de paradigma dentro de la Psicología y la educación (Porlán, 1988) que ha dado lugar al interés por la participación activa del alumno. Las teorías psicológicas de Piaget, Bruner y Ausubel le han dado apoyo a este movimiento. Para Pozo (1999), Piaget representa uno de los fundadores del constructivismo. En efecto, Aranega (1989) afirma que la teoría de Piaget (1896-1980) se enmarca en las corrientes epistemológicas constructivistas que destacan la relación entre el sujeto y el objeto; siendo el conocimiento producto de la experimentación y de la deducción. Esta autora agrega que, bajo la concepción piagetiana, la conducta humana (observable e interiorizada) es un proceso de adaptación del sujeto al medio. El proceso adaptativo incluye la *asimilación* en la que el sujeto opera sobre el objeto, la *acomodación*, proceso en el que prima el objeto por sobre el sujeto y finalmente, la adaptación producto del equilibrio transitorio o el resultado momentáneo de la *equilibración* entre la asimilación y la acomodación. Para Piaget, el sujeto construye mentalmente y se expresa activamente y socialmente.

Desde un punto de vista piagetiano el desarrollo o aprendizaje se relaciona con la construcción de diferentes operaciones que se van integrando en la conducta cognitiva

del individuo y dan lugar a los diferentes estadios evolutivos. El estadio o período lógico formal se inicia a partir de los 11-12 años y sería la etapa final del desarrollo cognitivo. Los niños empiezan a desarrollar una visión más abstracta del mundo, pueden aplicar la reversibilidad y la conservación de las situaciones, tanto reales como imaginarias. Aquí se iniciaría el desarrollo de la capacidad de razonar de un modo hipotético-deductivo (Aranega, 1989). La práctica muchas veces demuestra que el porcentaje de sujetos que resuelven formalmente tareas científicas es similar al que no lo logra. En el mejor de los casos esta dificultad en el uso del pensamiento formal afecta tanto a los adolescentes como a los adultos. Esta falta de generalidad en el uso del pensamiento formal se une a la versatilidad de su uso en un mismo individuo frente a diferentes contenidos (Rossi, 2003).

Por otra parte, otro referente en este contexto lo constituye Vigotsky (1896-1934) quien podría ser considerado el padre del constructivismo social (Vielma Vielma y Salas, 2000). A diferencia de la óptica piagetiana, desde aquí el sujeto construye socialmente y se expresa mentalmente. Por lo tanto los alumnos pueden resolver sus tareas interactuando con sus compañeros o con el docente, aunque un contenido solo estará aprendido si el sujeto puede resolver el problema en forma autónoma.

El punto de vista constructivista del aprendizaje se centra en la importancia del significado construido por las personas en sus intentos de dar sentido al mundo. Las construcciones realizadas se conciben como modelos provisionales, puestos a prueba constantemente, por confrontación con la experiencia y, si es necesario, modificados en consecuencia. Esta línea de pensamiento se ocupa de las intenciones, creencias y emociones de las personas tanto como de su conceptualización, y reconoce la influencia que la experiencia previa tiene en la forma como se perciben e interpretan los fenómenos (Serrano, 1987).

Dentro de la perspectiva cognitiva que refiere al aprendizaje como cambio conceptual, las personas construyen “modelos” o “esquemas” que utilizan para interpretar sus experiencias. El aprendizaje implica el cambio y el desarrollo de las estructuras. En torno a esto, los educadores intentan dilucidar los procesos de cambio de dichas estructuras. La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (1968) fue una pionera en este campo. Este autor sugirió que es más fácil que sea aceptada una nueva información o un concepto, si puede ser integrado o subsumido en una estructura cognitiva existente.

Además argumentaba que deberían proporcionarse a los alumnos organizadores previos que fueran capaces de aceptar nuevas ideas. Si por el contrario, pueden establecerse pocas uniones con el conocimiento previo y si la calidad de estas uniones no es alta, habrá menos posibilidades que la nueva idea sea transferida a la memoria a largo plazo, y por lo tanto que sea retenida y útil. Los educadores científicos conciben el aprendizaje como un cambio conceptual. Algunas condiciones que debieran darse, por ejemplo, para que ocurra un cambio conceptual podrían ser: que exista insatisfacción con las concepciones previas, o bien la nueva concepción debiera aparecer como inteligible, verosímil y con posibilidad de ofrecer nuevas interpretaciones. Algunos autores han sugerido que el cambio conceptual puede ser potencialmente amenazante para la persona y que la reestructuración de las concepciones requiere un medio ambiente favorable, en que las ideas personales sean valoradas (Serrano, 1987).

Para ejemplificar la importancia de las ayudas, enriqueciendo los aportes de Vygotsky, Bruner propuso el concepto de los *andamios*. Este concepto refiere al apoyo que los compañeros de su misma edad, los adultos, los instrumentos, las herramientas y los soportes tecnológicos aportan al individuo en una situación específica de enseñanza. En este proceso, el lenguaje se transforma en el instrumento más importante, por cuanto permite no sólo comunicar sino además traducir en clave la realidad, transformándola mediante normas convencionales. Bruner (1987) resalta el carácter transitorio del apoyo, por cuanto dicho soporte será retirado de forma progresiva en la medida que el sujeto vaya obteniendo mayor dominio, competencia y responsabilidad en la construcción y reconstrucción de su conocimiento.

1.4 Consolidación en el tiempo del campo disciplinar de la didáctica de las ciencias naturales

En los análisis epistemológicos disponibles, la didáctica de las ciencias es a menudo asociada de modo dependiente a otras ramas del saber, entre ellas, las propias ciencias naturales, la pedagogía y la psicología educativa (Adúriz Bravo e Izquierdo Aymerich, 2002). Otra tendencia frecuente es que se caracterice a la investigación didáctica como un campo *interdisciplinar* (Peme-Aranega, 1997, citado por Adúriz Bravo e Izquierdo

Aymerich, 2002), en el que trabajan profesionales que pertenecen a distintas disciplinas. Esta consideración se basa en argumentos de carácter histórico, curricular y administrativo. La misma autora sostiene que estas dos visiones no se ajustarían completamente a la particular naturaleza epistemológica del conocimiento didáctico.

La didáctica de las ciencias naturales tiene una línea de investigación consolidada, centrada en la descripción y análisis del pensamiento de los alumnos, y otra emergente, que fija su atención en el conocimiento y en la práctica de los profesores, así como en las estrategias y modelos que puedan favorecer su práctica profesional (Develay 1996, citado por Merino 2003 y Gil Pérez, 1984).

Entre la década del 70 y el 80 los investigadores comenzaron a preocuparse por la coherencia teórica del cuerpo de conocimiento acumulado. Se establecieron grupos y líneas de investigación vinculados a los centros universitarios, se editaron revistas relacionadas a la temática, tomando cuerpo una comunidad científica incipiente (Merino, 2003). Al reconocimiento de la existencia de un conjunto de personas guiadas por un misma problemática, sigue el análisis más riguroso de los marcos conceptuales y metodológicos que deberían conducir la exploración convergente y sistematizada de la problemática didáctica (Adúriz Bravo, 1999-2000).

El estado emergente determina un proceso lleno de obstáculos a superar para seguir avanzando en la constitución del nuevo campo. Entre los principales obstáculos Merino (2003) reconoce: la falta de convergencia entre las técnicas e instrumentos de investigación; la batalla de la independencia de la didáctica de las ciencias naturales de la didáctica general y la yuxtaposición de dos discursos, por un lado el de los especialistas y por otro lado el de los docentes en sus prácticas áulicas.

Se considera que la evolución general de la didáctica de las ciencias está marcada por un movimiento hacia grados crecientes de integración de las perspectivas teóricas *fuentes* (epistemológica, psicológica y pedagógica), de las que surge una perspectiva didáctica independiente, cada vez menos deudora de las anteriores. Desde un punto de vista epistemológico sería posible afirmar que la didáctica de las ciencias no constituye actualmente una rama de la didáctica general ni se inscribe en el ámbito de las disciplinas pedagógicas, aunque de manera amplia se identifica con temáticas asociadas al estudio educativo. A partir de su conformación como disciplina científica (hacia 1970), la didáctica de las ciencias se ha ido alejando progresivamente de la tradicional

didáctica metodológica. La didáctica de las ciencias actual surge de una confluencia entre la actividad en Europa continental y la investigación anglosajona en *science education*, originariamente de naturaleza curricular y psicologista, más que una heredera de las didácticas especiales de las diferentes ciencias (Adúriz Bravo et al., 2002). Este desarrollo histórico puede entenderse usando modelos epistemológicos: la disciplina se ha constituido a partir de las propias ciencias naturales, saliendo de su ámbito metateórico propio y enriqueciéndose con aportes epistemológicos y psicológicos más que pedagógicos.

La didáctica de las ciencias como disciplina autónoma está centrada en los contenidos de la ciencia desde el punto de vista de la enseñanza y el aprendizaje (base epistemológica) y nutrida por los hallazgos de otras disciplinas, dedicadas a la cognición y el aprendizaje (base psicológica y cognitiva). Es una disciplina con carácter propio, con una perspectiva teórica propia pero conectada con otras, como se mencionó anteriormente, con la Epistemología, la Historia de la ciencia, la Psicología educativa; se pueden sumar además los aportes de las Neurociencias, la Psicolingüística, disciplinas sociales como la Sociología, la Antropología y otras didácticas, como la de las ciencias sociales y la matemática (Adúriz Bravo et al., 2002).

1.5 Enfoques epistemológicos que sustentan la enseñanza de la ciencia en los diferentes niveles educativos

En la actualidad, tal como propone Sanmartí (s.f) todo docente debiera definir qué concepto de ciencia desea enseñar en sus clases. Entre las variables que influyen en qué ciencia se selecciona para enseñar se destacarían:

- 1.-Qué visión epistemológica subyace en el modelo didáctico seleccionado. Es decir cuál es la concepción de la ciencia y cómo ésta se ha generado a lo largo de la historia.
- 2.- Cuál es la finalidad del aprendizaje científico, por qué y para qué se debe enseñar ciencia.
- 3.- Qué características debe tener la ciencia escolar, que necesariamente no será la misma que la ciencia de los científicos.

Con respecto a la primera variable resultará necesario desarrollar en el marco de este trabajo de Tesis algunas nociones acerca del concepto de ciencia y su construcción a lo largo de la historia.

La palabra ciencia, etimológicamente, deriva del vocablo latino *scientia* que significa “saber”, “conocer” (Ander-Egg, 2004). Algunos conciben a la ciencia como “verdades absolutas”, “algo que fue probado”, algo inmutable, eterno, descubierto por genios, sin errores. Sin embargo se considera hoy que esta visión no es del todo acertada ya que la ciencia cambia a lo largo del tiempo, a veces de un modo radical, siendo cuerpos de conocimientos de “verdades” provisorias, construidos por seres humanos falibles y que por su esfuerzo común (social) tienden a perfeccionar ese conocimiento sin garantías de llegar a algo definitivo (Andrade de Martins, 2006). La concepción positivista de la ciencia (y del método científico asociado a ella), viene de la mano de una noción epistemológica clásica: la noción de verdad (Adúriz Bravo, 2008). Numerosas investigaciones muestran que esta imagen de ciencia es la proveniente del positivismo ingenuo (Círculo de Viena, 1929-1936), postura epistemológica aparecida hace más de ochenta años. Por ello algunos autores proponen, desde ese contexto, que la ciencia es un camino hacia la “verdad”, pero “no es un camino directo”, por el contrario “está lleno de curvas, desemboca en calles sin salidas, retrocede; no es uno sino varios caminos: el del matemático no es el del biólogo ni el del físico” (Rossi, 1990: 164).

La ciencia contemporánea es compleja, sinuosa, inestable. El conocimiento científico es dinámico, provisional, perfectible y fiable, producto de una construcción social a lo largo de varios siglos, que le ha permitido al hombre comprender como funciona su cuerpo y el mundo que lo rodea (Rossi, 1990).

Muchas veces se acostumbra a estudiar los hechos con una falsa impresión de la ciencia, como algo atemporal, que surge de forma mágica y que está separada de otras actividades humanas (Andrade de Martins, 2006). El estudio adecuado de determinados episodios históricos permite comprender las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad, mostrando que la ciencia no es una actividad aislada de todas las otras sino que es parte de un desenvolvimiento histórico, de una cultura, de un mundo humano sufriendo influencias e influenciando a su vez muchos aspectos de la sociedad. La sociología de la ciencia ha tomado muy en serio la idea de una recíproca relación entre

el crecimiento de la ciencia y los cambios en la sociedad. Las formas de organización y de institucionalización de la ciencia varían mucho, tanto en los diferentes contextos sociales como en las diferentes épocas de la historia (Rossi, 1990). Sumado a esto, se acuerda con la idea que propone este mismo autor acerca de que la ciencia debiera responder a las demandas y a las necesidades de la sociedad.

En cuanto a estas relaciones entre ciencia y sociedad, hay también posiciones extremas: los que piensan que la ciencia es algo totalmente “puro”, independiente del lugar y de la época en el que se desarrolla; y en otro extremo, los que suponen que es un mero discurso ideológico de la sociedad, sin ningún valor objetivo (Andrade de Martins, 2006).

En base a esto, autores como Kuhn (1985) sostienen que a veces parece haber dos clases distintas de historia de la ciencia que rara vez se relacionan entre sí de manera firme. La forma predominante, llamada a menudo *enfoque interno*, propone que la dinámica de la ciencia surge de su interior, de sus teorías, conceptos, hechos. La ciencia tendría, para este enfoque, su propia lógica y racionalidad y nada exterior la podría afectar. “Su rival más nuevo, a menudo llamado *enfoque externo*, trata las actividades de los científicos como grupo social dentro de una cultura determinada” (Kuhn, 1985:134). En este caso, la ciencia forma parte de algo mayor, de un contexto y sus cambios tienen condicionantes externos: la magia y la literatura, la religión y la política, la filosofía y la industria, los modos de pensar y de vivir, la metafísica y la economía (Rossi, 1990). Al mismo tiempo son todos estos elementos sobre los cuales las teorías y las prácticas científicas ejercen a su vez un peso no menor. Además, alguna modificación tecnológica u otro tipo de cambio en las condiciones de la sociedad, pueden alterar significativamente la importancia percibida de los problemas de una especialidad dada, o incluso generar nuevos problemas de estudio. Las condiciones externas pueden crear canales de comunicación nuevos entre especialidades que antes no se relacionaban entre sí, fomentando de este modo la “fecundación cruzada” que, de otra manera, no hubiera ocurrido o se hubiera demorado largo tiempo (Kuhn, 1985). Esto coincide con las palabras de Andrade de Martins (2006: 20) “La ciencia no se desenvuelve en una torre de cristal, pero sí en un contexto social, económico, cultural y material bien definido”.

En las últimas dos décadas se ha puesto en crisis la tradicional dicotomía entre internalismo y externalismo. Para Kuhn, unificar ambos enfoques sería la idea que

predomina en la actualidad, porque aunque los enfoques externos e internos de la historia de la ciencia tienen una especie de autonomía natural son, de hecho, complementarios.

Afin a la postura externalista, Golinski (en Rossi, 1990) define al *constructivismo* como la concepción según la cual el conocimiento científico es un producto humano, realizado con recursos culturales y materiales localmente situados, y no como la revelación de un orden de la naturaleza preexistente. Este mismo autor sostiene que los principales aportes de Kuhn al constructivismo habrían sido: 1.- la consideración de la ciencia como una práctica gobernada por convenciones aceptadas y no por deducciones lógicas de una estructura teórica y 2.- la insistencia del papel de la autoridad en la enseñanza de la ciencia y la idea de que la inserción en el mundo se realiza del mismo modo que en los demás aspectos de la cultura: por adiestramiento y socialización.

Por otra parte, en un proceso bastante largo y complicado, la imagen del saber científico ha asumido dos posibles alternativas de modelos (Rossi, 1990): a.- como una *pirámide* y b.- como un *mapa*. En el primer caso, la ciencia aparece como una pirámide de enunciados dispuestos jerárquicamente ubicándose en la cima los enunciados más generales y en la base de la pirámide los enunciados con generalidad mínima, siendo el camino privilegiado el que conduce hacia lo más alto. La ciencia aparece como un edificio que se construye de manera progresiva y acumulativa. Dicho progreso asume una dirección lineal, como una flecha ascendente, sin retroceso. Para este modelo los datos son ciertos, inmutables, intersubjetivos mientras que las teorías son inciertas, subjetivas, mutables. La observación se vuelca en cosas singulares, particulares y concretas que pueden ser aisladas de lo que las rodea sin perder su identidad (Rossi, 1990).

La metáfora del mapa revela una imagen diferente. La ciencia se define de una manera similar a la que un mapa describe una zona geográfica determinada: los objetos observables son dados y reconocibles sólo junto con las relaciones en que se encuentran con respecto a otros objetos; entre los datos y las teorías existen relaciones de interconexión; la observación está estructurada, organizada y “cargada de teorías”. Pueden existir teorías diferentes (mapas diferentes) que se reestructuran y relacionan, sin tener certezas acerca de la línea que va a seguir el recorrido.

Sobre la base de la primera imagen se tiende a concebir el proceso de crecimiento de la ciencia como un proceso de “acumulación”; sobre la base de la segunda, el proceso tiende a configurarse como consistente en “reestructuraciones” (trazado de nuevos mapas) (Rossi, 1990).

En el siglo XX, la historia de la ciencia se caracteriza por la crisis y el abandono de la tesis de una historia acumulativa, presente en muchas obras clásicas. “Una ciencia concebida como una marcha triunfal hacia la verdad, como desarrollo lineal, ininterrumpido y acumulativo” (Rossi, 1990: 156) es una idea que tiende a ser superada. La analogía de la ciencia como un edificio que se construye mediante agregados sucesivos y parciales perfeccionamientos, niega la posibilidad de que existan las reestructuraciones, los giros, las revoluciones. Se considera que no hay un camino recto ni una dirección definida en el desarrollo de la ciencia, por lo tanto se adhiere a una visión del proceso como un “mapa”.

La ciencia también propone dos líneas de estudio: la de los historiadores *continuistas* y la de los historiadores *discontinuistas o rupturistas*. Rossi (1990) menciona a Duhem (1861-1916) como un autor destacado que adhiere a la primera línea y quien, como tantos otros, acepta la ciencia como crecimiento y desarrollo. Por otro lado menciona como representantes de la segunda línea a autores como Bachelard y Koyré quienes insisten sobre las *coupures* epistemológicas, sobre esos “puntos de no retorno” que hacen de hecho imposible toda renovación de las nociones precedentes y necesarias para la elaboración de nuevos conceptos.

Para los continuistas como Duhem todos los pensadores tienen una gran deuda con sus predecesores y todo progresa a pequeños pasos. No existen las revoluciones ni los giros y toda idea tiene un precedente.

La perspectiva de la discontinuidad salió muy reforzada hacia fines de la década del 50, por obra de una serie de autores entre los que se destaca Kuhn. Para él la historia de la ciencia se configura como una serie de períodos de ciencia “normal” (caracterizado por la adhesión de las comunidades científicas a un “paradigma” común) con intervalos de revoluciones o cambios de paradigmas. Kuhn (1922-1996) insistirá fuertemente sobre el carácter sociológico de los paradigmas, que incluyen no sólo leyes o reglas experimentales o técnicas matemáticas, sino manuales, intuiciones, comunidades

científicas, que tienen que ver no sólo con asunciones de carácter general, sino con normas, perspectivas y valores (Rossi, 1990).

Tomar una postura respecto de esta posible dicotomía *continuista-discontinua* resulta en este trabajo de tesis muy difícil, por lo tanto se considerará la complementariedad de las mismas. La ciencia atraviesa caminos en los que su crecimiento es, por momentos, lento, progresivo, gradual, difuso, a partir de contribuciones o aportes de muchas personas, algunas conocidas y otras no, pero que tuvieron un importante papel en las discusiones de las ideas de los científicos más famosos. Es decir, un trabajo colectivo y no individual, y que no brota necesariamente de la cabeza de “grandes genios”. En otros casos, cuando un paradigma deja de dar respuestas o lugar a nuevos interrogantes, es desplazado por un nuevo paradigma y en ese caso el cambio puede ser más abrupto que gradual.

Con el tiempo, las ideas van siendo modificadas producto de debates y críticas, que en ocasiones modifican mucho los conceptos iniciales. En otros momentos, se producen cambios abruptos, verdaderas “revoluciones científicas” (Ruse, 2008).

La palabra revolución expresa muchas veces ruptura, cambio radical, cuando el futuro modifica al pasado, donde emerge lo nuevo, la novedad. La frase “la revolución científica” no era utilizada habitualmente hasta que Alexandre Koyré empezó a hacerlo en 1939. Los supuestos protagonistas de la revolución no usaron el término para referirse a lo que ellos estaban haciendo.

La idea de la revolución como una reordenación radical e irreversible se desarrolló junto con concepciones lineales y unidireccionales del tiempo. Según esta nueva concepción, revolución no significaría recurrencia, sino al contrario, producción de una situación nueva que el mundo nunca había conocido antes y que quizá nunca volvería a conocer.

Es posible que esta idea de revolución como un cambio irreversible, que inaugura una época, se haya aplicado primero en acontecimientos científicos y posteriormente, políticos. La palabra revolución puede implicar mejoras, pero no necesariamente siempre, es decir puede incluir matices favorables y otros no tanto.

Los hechos son los mismos, lo que varían son las interpretaciones, y sin interpretaciones nos limitamos a una acumulación de hechos (Ruse, 2008). Es por eso que la historia de la ciencia realiza grandes aportes al respecto ya que recorre y reconstruye los episodios destacables de las distintas disciplinas. Por ello resulta muy difícil establecer, dentro de

ella, límites claros, debido a que puede ser estudiada desde diferentes perspectivas, colocándose en una red de relaciones e intercambios entre sociólogos, filósofos, historiadores, psicólogos, matemáticos, físicos, químicos, biólogos y otros (Rossi, 1990).

Si bien la historia de la ciencia no puede sustituir a la enseñanza común de la ciencia, puede complementarla de varias formas (Andrade de Martins, 2006).

Rossi (1990) fundamenta esta idea diciendo:

El que conoce todo el desarrollo de la ciencia evaluará la importancia de cualquier movimiento científico actual de manera más libre y correcta de lo que pueda hacerlo quién, limitado en su juicio al período que él mismo ha vivido, ve solo la dirección que la ciencia ha tomado en el momento (p.161) .

Considerando a continuación la segunda variable, de las tres propuestas por Sanmartí (s.f.) acerca de las finalidades del aprendizaje científico (por qué y para qué), se parte de la idea que en este último siglo ha aumentado notablemente la cantidad de conocimiento científico culturalmente disponible. Junto con esto se incrementó la necesidad de promover una enseñanza de la ciencia que conecte con los problemas cotidianos y sirva para que los individuos puedan ser más autónomos en la toma de decisiones y capaces de participar democráticamente en la resolución de problemas de la sociedad. A esto se lo ha denominado *conocimiento para la acción*. Una mayor comprensión de los problemas cotidianos y la actuación de los estudiantes frente a ellos, es hoy una finalidad muy importante para la enseñanza de la ciencia (Sanmartí, s.f.). Es por eso que este nuevo enfoque no se entiende como una colección de datos y hechos que el alumno debe memorizar, sino como una actitud frente a la realidad natural. No es suficiente que los alumnos sepan cómo son las cosas (información) sino que es mucho más importante que aprendan a buscar referencias por sí mismos, para cuando lo necesiten, y así poder resolver los problemas de la vida cotidiana y profesional (formación) (Frota Pessoa, 1976 citado por Merino, 1995). En una sociedad que avanza constantemente en el campo científico y tecnológico, los conocimientos quedan desfasados con mucha rapidez. En esa situación, lo que va a permitir al sujeto adaptarse a la evolución constante del saber, no será el caudal de conocimientos que retenga sino su propia capacidad de aprendizaje, de autoformación permanente, de adaptación a nuevos conocimientos y habilidades (López Noguero, 2007). De hecho, no existen certezas sobre que la información que se les imparte hoy a los alumnos sea la misma que vayan a

utilizar en el futuro. Por lo tanto los esfuerzos de los docentes en ciencias debieran ir más allá de los contenidos y las habilidades. Debieran promover en los alumnos el desarrollo del pensamiento crítico, reflexivo, sistemático, creador, abierto a una actitud científica. La sociedad actual necesita individuos con estas cualidades, que comprendan la información, la evalúen y actúen sobre ella; pero también individuos que generen muchas ideas, variadas y originales, que superen los errores cometidos en el pasado, que aminoren las grandes desigualdades educativas y económicas existentes y que creen un entorno social caracterizado por el bienestar, la justicia y la equidad: una meta atractiva y ambiciosa que tienen que llevar a cabo los estudiantes en formación (Sanz de Acedo Lizarraga, 2010).

Autores como Furman et al. (2010) sostienen que se vive en un contexto en el que sobra información y faltan marcos conceptuales para interpretarla. Aprender ciencia tiene que ver con poder darle sentido al mundo que nos rodea a través de ideas y explicaciones conectadas entre sí. Es entonces cuando la información se convierte en conocimiento, cuando se establecen relaciones con otros conceptos anteriormente conocidos y surgen nuevas preguntas para seguir aprendiendo. La finalidad es que los alumnos construyan ideas cada vez más amplias y profundas, y le den sentido al mundo que nos rodea, yendo desde ideas pequeñas que surgen de las experiencias cotidianas hacia ideas más grandes, de mayor poder explicativo y predictivo. De esta manera, las ideas pequeñas, de carácter descriptivo, pueden transformarse en conceptos generales, de carácter más explicativo, integrando los nuevos aprendizajes en esquemas conceptuales más amplios y abarcadores.

En torno a la enseñanza superior y específicamente a la enseñanza de las ciencias naturales, en la actualidad se destacan dos conceptos diferentes y a la vez complementarios: el de alfabetización científica y el de competencias científicas, a la que refieren numerosos autores (Acevedo Díaz, 2004; Bybee y De Boer, 1994; Furió y Vilches, 1997; Furman et al., 2010; Marco, 2000; Membiela, 2002; Merino, 1996, 1998; Prieto Navarro, 2008; Pujol, 2002; Ramírez, Legarralde, Lapasta, Vilches y Matschke, 2012; Sanmartí, s.f., entre otros).

El concepto de alfabetización científica cuenta ya con una tradición que se remonta, al menos, a finales de los años 50. Pero es a partir de la década del 90 cuando esa expresión ha adquirido categoría de eslogan muy utilizado por los investigadores,

diseñadores de currículos y profesores de ciencia. Se trata de una expresión metafórica que establece una analogía entre la alfabetización básica iniciada a fines del siglo XIX y el actual movimiento de extensión de la educación científica y tecnológica para todos.

Aunque su utilización actualmente es mundial, su origen es anglosajón *scientific literacy*. Procede, sobre todo, de Estados Unidos donde se implementó como respuesta al revés científico y tecnológico que este país sufrió cuando la Unión Soviética puso en órbita el primer satélite artificial *Sputnik* (en 1957). Este importante acontecimiento tecnológico trajo aparejadas grandes repercusiones políticas, militares, sociales y económicas. La necesidad de una alfabetización científica y tecnológica se impuso de esta manera en la agenda de la didáctica de las ciencias, ya desde mediados y fines del siglo XX (Acevedo Díaz, 2004). Merino (1995) define a la alfabetización científica, no como una simple acumulación de información, que rápidamente se puede olvidar o quedar en desuso, sino como una cierta manera de mirar las cosas y los hechos, como una forma diferente de focalizar la formulación y solución de problemas. Para Furman et al. (2010), la alfabetización científica es un proceso que comienza en el nivel inicial y continúa a lo largo de los diferentes niveles. Dicho proceso implica que los alumnos conozcan la naturaleza de la ciencia y los fundamentos de cómo se origina el conocimiento científico. La alfabetización científica propone incluir en las clases una aproximación a la naturaleza de la ciencia y a la práctica científica y, sobre todo, poner énfasis en las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, con vistas a favorecer la participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones (Bybee y De Boer, 1994; Marco, 2000). En coincidencia con Ramírez et al. (2012) se considera que resulta difícil proponer una definición única y consensuada para el proceso de alfabetización científica, debido a la variedad de interpretaciones y percepciones que el concepto ha presentado en el tiempo.

Po su parte, el término competencia se ha instalado, desde hace ya algunos años, en el discurso educativo. El constructo competencia sirve para conjuntar las metas de calidad y equidad educativa. Por una lado, contribuye a garantizar una educación que dé respuesta a las necesidades reales de la época en la que se vive (calidad) y por otra parte, pretende que dicho objetivo sea alcanzado por todo el alumnado (equidad). Las competencias son de naturaleza dinámica, modificables, plásticas, al igual que la mayoría de las capacidades del ser humano. El individuo como sistema abierto, al

interactuar con los estímulos y con sus semejantes podrá lograr cambios significativos en su funcionamiento cognitivo y en sus patrones conductuales (Sanz de Acedo Lizarraga, 2010).

En el contexto de la educación general pueden identificarse distintos tipos de competencias, algunas de ellas más genéricas, asociadas al ámbito laboral; otras de tipo específica como pueden ser las competencias científicas. En ambos casos el término competencia se asocia a las destrezas y habilidades, que pueden ser adquiridas y enseñadas por los sujetos. Algunos atributos o cualidades inherentes a la persona también pueden considerarse competencias. Para Perrenoud (2005) las competencias se refieren a un poder de acción que supone la movilización de recursos con criterio, para tomar buenas decisiones ante una tarea específica en tiempo real. Para Hager, Gonczi y Athanasou (1994, citados por Prieto Navarro, 2008) las competencias incluyen conocimientos, destrezas, habilidades y actitudes movilizados en el contexto de un conjunto realista de tareas profesionales cuidadosamente seleccionadas, que son centrales en la práctica de la profesión. El autor Roe (2002) ha concentrado los aspectos anteriores en un modelo comprensivo de competencia útil para la formación de psicólogos específicamente, en cuanto a profesionales educados académicamente que ayudan a sus pacientes a entender y resolver problemas aplicando las teorías y métodos de la Psicología. En este marco, aplicable a cualquier ocupación, se señalan dos rasgos distintivos de la noción de competencia: su relación con un tipo específico de trabajo, para ser realizado en un contexto particular; y la integración de diversos tipos de conocimiento, habilidades y actitudes. Estos últimos elementos constituyen las piezas básicas sobre las que se construyen las subcompetencias y competencias profesionales, las que toman como referente directo las funciones que los alumnos tendrán que ser capaces de desarrollar cuando se enfrenten a la gestión de problemas relevantes en el ámbito de su profesión. Las aptitudes, rasgos de personalidad y otras características más estables de los individuos pueden verse como la base sobre la que los individuos construyen los aprendizajes anteriores (Prieto Navarro, 2008).

En cuanto a las competencias científicas, término acuñado por muchos autores entendidos en el área (Adúriz Bravo, 2005; Furman et al., 2010; Hernández, 2005; Le Boterf, 1995; Merino, 1995), refieren a las capacidades complejas relacionadas con los modos de pensar las ciencias naturales que van más allá del ámbito educativo y son

fundamentales para la vida, en tanto se relacionan con el desarrollo de la autonomía intelectual (Furman et al., 2010).

Las competencias científicas podrían desarrollarse en dos horizontes de análisis: el que se refiere a las competencias para hacer ciencia, en el ámbito erudito o experto y el que refiere a las habilidades deseables de desarrollar en todos los ciudadanos, independientemente de la tarea social que realicen (Ramírez et al, 2012). Furman et al. (2010) vinculan el proceso de alfabetización científica con el de competencias científicas al considerar que los alumnos no debieran aprender solo conceptos sino también competencias, relacionadas con los modos de hacer y pensar la ciencia. Las competencias constituyen, de este modo y como ya se mencionó, herramientas útiles no solo en el ámbito educativo sino también para ejercer la ciudadanía de un modo crítico, reflexivo, en un mundo impregnado por la ciencia y la tecnología.

Por finalizar este apartado, haciendo referencia a la tercera variable propuesta por Sanmartí (s.f.) se describirán algunas de las características de la ciencia escolar y de la ciencia erudita, ambas actividades bien distintas. Por un lado, referido a la ciencia real (o también llamada ciencia erudita o ciencia de los expertos), los científicos generan conocimiento nuevo en la frontera de lo que se conoce. Por otra parte, la ciencia escolar es la que corresponde a los conocimientos construidos y elaborados en el entorno escolar. Es la reconstrucción de la ciencia de los científicos (Chamizo et al., 2010). Aquí la principal idea es la trasposición didáctica, que indica los procesos por medio de los cuales el conocimiento científico se transforma de manera que sea posible su aprendizaje por los alumnos, independientemente de su edad y de su condición sociocultural. Es decir consiste en la transformación del conocimiento científico en un conocimiento posible de ser enseñado en el aula. De este modo los alumnos recorren un camino predeterminado por el docente, con objetivos claros, para construir conceptos que la comunidad científica ha validado de antemano (Furman et al., 2010).

El conocimiento científico puede ser comunicado de diferentes formas. Entre ellas aparece la construcción de modelos sobre una determinada porción del mundo, construidos por los científicos, que con sus ventajas y desventajas reportan a sus colegas. Parte del trabajo de los científicos consiste en evaluar cuál, de entre dos o más

modelos rivales, encaja con la evidencia disponible y por lo tanto cuál representa la explicación más convincente para determinado fenómeno en el mundo.

En cuanto a los modelos también habrá que diferenciar dos contextos, el de la investigación científica o modelos científicos y los modelos didácticos o de la ciencia escolar. El contexto remite al entorno físico o a una situación determinada, ya sea política, cultural o histórica (Chamizo y García Franco, 2010). Los modelos incluyen los dibujos y maquetas que hacen los alumnos, las ilustraciones de los libros de texto, que muchas veces aparecen como verdades incuestionables, sin identificar sus limitaciones y en muchos casos de manera descontextualizadas.

En la siguiente tabla pueden analizarse de forma comparativa algunas diferencias entre los modelos de ciencia erudita y los modelos didácticos presentes en los libros de texto y trabajados en el ámbito áulico (Tabla I).

Modelo de ciencia erudita	Modelo de ciencia escolar
Es una construcción provisoria, altamente convencional, perfectible y contextualizada históricamente.	En general proviene de un modelo científico perimido y simplificado, descontextualizado de cualquier momento histórico, con la consiguiente apariencia de “verdad imperecedera”.
Dos modelos científicos alternativos sobre el mismo tema pueden ser simultáneamente incompatibles si se han propuesto desde diferentes escuelas teóricas.	Los modelos didácticos alternativos sobre el mismo tema parecen siempre simultáneamente compatibles en un mismo curso, libro o ciclo escolar.
Dos modelos científicos alternativos sobre el mismo tema pueden ser sucesivamente incompatibles si hay un cambio en los conceptos teóricos involucrados.	Los modelos didácticos alternativos sobre el mismo tema parecen siempre simultáneamente compatibles, no se habla de evolución histórica ni conceptual.
Surgen del consenso de científicos que discuten en una comunidad.	Se imponen desde el texto o en el discurso escolar, no se explica su naturaleza convencional.

Se utilizan para explicar los fenómenos que la experimentación de un determinado momento histórico evidencia.	Se enseñan como verdades intrínsecas, no para explicar fenómenos; se considera necesario enseñar “el último modelo” por lo tanto no hay contradicciones entre hechos experimentales y modelos anteriores.
Utiliza en sus enunciados hipótesis, teorías, leyes, ideas, definiciones.	Los enunciados de la ciencia erudita son transformados por la transposición didáctica
Utiliza un lenguaje propio, etiquetado	Utiliza un lenguaje interpretativo

Tabla I Comparación entre modelo científico o erudito y modelo de ciencia escolar. Adaptada de Galagovsky et al., 2001:235.

Autores como Galagovsky et al. (2001) sostienen que la comunicación entre el profesorado y el alumnado en las clases de ciencias naturales encuentra, a menudo, una serie de dificultades. Una de ellas es la asociada a la brecha que se produce entre el lenguaje cotidiano (en sus aspectos semánticos y sintácticos) y el lenguaje científico. Dichas brechas conducen a desencuentros y sinsentidos en la clase. Por eso resulta importante analizar la fractura entre lo que se denomina ciencia erudita y ciencia escolar, dada por el lenguaje. Por ser expresión de ambas ciencias, el lenguaje exhibe semejanzas y diferencias al ser usado en una u otra, y se producen deformaciones en la transición de una ciencia hacia la otra.

Por otra parte estos autores agregan que una dificultad importante que puede obstaculizar aprendizajes significativos son las grandes diferencias entre las diversas representaciones idiosincrásicas que construyen los alumnos acerca del mundo natural y las correspondientes representaciones científicas. Se supone que los profesores, en tanto expertos, y los alumnos, como novatos, poseen un arsenal muy diferente de modelos y representaciones que los utilizan en forma bien distinta. Los expertos poseen una red muy compleja y rica de representaciones ubicadas en numerosos órdenes y conectadas entre sí por correspondencias, analogías, semejanzas y metáforas y pueden moverse con

cierta soltura en esta red. Y, lo que es fundamental, conocen para cada modelo el conjunto de hipótesis teóricas que conectan. Esta movilidad mental del experto choca con la rigidez representacional del alumno, que, a falta de vocabulario específico y de conceptos que le permitan anclar en su estructura cognitiva el nuevo conocimiento, debe generalmente renunciar a dar al fenómeno la significación que podría darle el científico, ensayando en su lugar una modalidad de aprendizaje memorístico y compartimentado, y ocultando sus propias ideas sobre la situación.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Los modelos en las clases de ciencias naturales

En los últimos años, numerosos autores han hecho referencia al uso y la enseñanza de modelos en las clases de ciencia (Adúriz Bravo, 2011; Chamizo et al., 2010; Fernández González, Moreno Jiménez, González González, 2003; Greca et al., 1998; Galagovsky et al., 2001; Galagovsky et al., 2009; Giere, 1992; Giudice y Galagovsky, 2008; Guevara y Valdez, 2004; Justi, 2006; Nappa et al., 2006). Para Galagovsky et al. (2001:231) “El concepto de modelo es uno de los pilares metateóricos sobre los que se edifican las ciencias naturales”.

La palabra “modelo”, etimológicamente, proviene del italiano *modello*, y éste del latín *modulus* (“molde”, “módulo”) (Ander-Egg, 2004). De la palabra modelo deriva “modelar”, que sugiere una cierta idea de acción, de construcción. Analizar el origen de la palabra no es sólo cuestión de erudición, sino que la etimología del término favorece una primera aproximación para entender su alcance científico, a pesar de la diversidad de acepciones que este término posee. La palabra modelo es un término polisémico, es decir, se emplea habitualmente con numerosos y diferentes significados y es el contexto de uso el que indica a los interlocutores cuál de los múltiples sentidos y connotaciones es el más apropiado; incluso, la idea de modelo fue cambiando a lo largo de la historia (Adúriz Bravo, 2011).

Por un lado la palabra modelo refiere a algo ejemplar, es decir una actitud o persona digna de imitar. Por otra parte puede significar una representación, basada generalmente en una analogía, que se construye contextualizando cierta porción del mundo con un objetivo específico. Las representaciones son fundamentalmente ideas aunque no siempre, ya que también pueden ser objetos materiales (Chamizo et al., 2010).

Este concepto, en sus diferentes acepciones, está presente en nuestra vida cotidiana, científica y escolar, e intenta facilitar la comprensión y el entendimiento de los mensajes que se reciben desde los diferentes campos. El significado más popular de la palabra sostiene que “modelo es una representación concreta de alguna cosa”. Desde pequeños cada persona maneja este concepto mientras juega con miniaturas, observa modelos en

los museos, o confecciona maquetas en la escuela, por ejemplo. En estos y en otros casos, los modelos reproducen los principales aspectos visuales y de estructura del sistema objeto que está siendo modelado, convirtiéndose en una forma de representar la realidad (Justi, 2006).

En el campo científico, el término “modelo” tampoco es unívoco. No sólo se usa en varios sentidos, sino que también existen diferentes tipos de modelos. Es por eso que cuando se usa este término en ciencia, es necesario especificar en cada caso cómo se lo define y a qué tipo de modelo uno refiere.

Más allá de todos sus sentidos, el término “modelo” hace alusión a una representación arbitraria o construcción intelectual simplificada y esquemática de una porción de la realidad que sirve para simular su estructura y/o su funcionamiento (Ander-Egg, 2004).

En coincidencia con lo expresado por este autor:

(...) todos los modelos ofrecen una visión simplificada de la realidad, por lo tanto, incompleta. En ello reside su ventaja: simplificada la complejidad del mundo real, facilita su comprensión y, en algunos casos la manipulación de los datos; pero también en ello está su desventaja: la complejidad de la realidad se escapa a las excesivas simplificaciones y desborda la representación matemática, analógica o simbólica que el modelo expresa (p. 176).

Como los sistemas reales de interés suelen ser muy complejos para estudiarlos directamente, se los reemplaza por un modelo que es más sencillo de manejar y cuyo comportamiento se aproxima al referente bajo varias condiciones bien definidas. Por ello los modelos se convierten en herramientas útiles para facilitar la explicación de determinadas situaciones, ya sea mediante el uso de analogías o bien estableciendo un conjunto de interrelaciones dentro de un sistema determinado. Los modelos, entonces, constituyen auxiliares efectivos y útiles para hacer avanzar el pensamiento con una estrategia cognitiva más segura y precisa. Como imagen particularizada y simplificada de un aspecto de la realidad, un modelo es por definición incompleto respecto del referente, el cual suele ser un sistema complejo. Solo algunas características del referente se encuentran presentes en el modelo. Incluso es muy común que existan diferentes modelos que representan al mismo sistema objeto (Guevara et al., 2004).

Para Bunge (1983) un modelo es una construcción imaginaria (por ende arbitraria) de uno o varios objetos o procesos, que reemplaza algún aspecto de la realidad para poder efectuar un estudio teórico por medio de las teorías y leyes usuales. Constituye una representación simplificada de la cual se espera que ayude a entender mejor lo modelado. Puede ser una ecuación, un dibujo, un plan, un diagrama, un aparato, o un

programa de computadora: proveen los medios para explorar, describir y explicar diversas ideas científicas y matemáticas, además de contribuir a que la ciencia sea más relevante e interesante (Harrison et al., 2000, citados por Guevara et al., 2004).

Otra forma de definir a un modelo es como un “sustituto” (o un subrogado) de los sistemas reales que se están estudiando (Giere, 1992). Este mismo autor propone que cualquier representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permita pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando, puede ser considerado modelo teórico. Podrían ser imágenes, gráficos, analogías, maquetas, tablas, redes, siempre que habiliten a quien los usa a describir, explicar, predecir e intervenir y no se reduzcan a meros “calcos” fenomenológicos del objeto sustituido.

La función principal de los modelos sería la de constituir representaciones del mundo producidas por el pensamiento humano (Giere, 1999), pero en realidad las funciones son múltiples: representar estructuras y fenómenos, ayudar en la visualización de entidades abstractas o microscópicas, servir de apoyo en la interpretación de resultados experimentales y servir de ayuda en la elaboración de explicaciones, entre otras.

Para Guevara et al. (2004) el modelo debiera:

facilitar la visualización y/o comprensión conceptual del objeto modelado y además permitir un tratamiento cuantitativo, el cual conlleve una adecuada interpretación y, en el peor de los casos, constituya una primera aproximación al comportamiento del objeto que el modelo representa (p.243).

2. 2 Clasificación de los modelos

No sólo existe pluralidad de opiniones a la hora de definir los modelos, sino también al momento de clasificarlos. Son numerosas las clasificaciones propuestas por diferentes autores sobre tipos de modelos, que responden a diferentes criterios. Ninguna de ellas agota las posibles clasificaciones existentes para este concepto.

Para Ander-Egg (2004), teniendo en cuenta su grado de abstracción, se pueden identificar 5 tipos de modelos:

Icónicos: (de ícono, imagen) Son representaciones físicas, totales o parciales, del sistema que representan. Se tratan de copias o imágenes a escala de objetos de estudio o de la situación que se quiere representar, por ejemplo los mapas o las maquetas.

Gráficos: Se utilizan para explicar espacios o relaciones que afectan o inciden en la interacción de diferentes partes; por ejemplo, los organismos o los diagramas sociométricos.

Analógicos: Son modelos que representan un conjunto de propiedades que se quieren estudiar, por medio de otro conjunto de propiedades relativamente familiares.

Simbólicos: se construyen a partir de la interconexión significativa de conceptos.

Matemáticos: se suelen construir para representar de forma exacta una situación-problema. Se pueden expresar en ecuaciones algebraicas o en ecuaciones diferenciales.

Otros autores como Treagust, Chittleborough y Mamiala (2004) reconocen 4 tipos de modelos:

Modelo científico: es aquel que se encuentra hoy aceptado o consensuado por la comunidad científica, como parte de una teoría. Se trata de un conocimiento de tipo formal, en estado puro, como representación explícita de un conocimiento científico.

Modelo escolar: son modelos especialmente diseñados y contruidos para que el profesor ayude a sus alumnos a aproximarse al modelo consensuado.

Modelo mental: es la representación interna que se genera en la mente del estudiante a partir de su experiencia. Se trata, entonces, de una imagen personal y genuina que nace del intento de la persona de comprender su mundo exterior. Los autores señalan que sólo desde un modelaje guiado sería posible establecer correspondencia con los modelos científicos consensuados.

Modelo expresado: es la versión que expresa un estudiante con respecto al modelo mental que ha elaborado. A veces no coincide con el modelo mental, debido a los obstáculos y limitaciones en la forma de expresar y/o evaluar aquello que el alumno sabe.

Para Adúriz Bravo (2011) se pueden distinguir:

1. Modelo interno o mental, versus modelo externo “expresado o explícito”
2. Modelo histórico (perimido) versus modelo actual y
3. Modelo “sabio” o “erudito” (de los científicos) versus modelo pedagógico didáctico (transpuesto para la enseñanza).

Autores como Chamizo et al. (2010) refieren a 3 aspectos de los modelos que permiten identificarlos:

a.- De acuerdo con la analogía los modelos pueden ser mentales, materiales o matemáticos.

b.- De acuerdo con su contexto pueden ser didácticos o científicos, dependiendo de la comunidad y el uso que se les dé.

c.- La porción del mundo que se va a modelar puede ser un objeto, un fenómeno o un sistema integrante del mismo.

Los modelos son representaciones basadas generalmente en analogías, las cuales, como se mencionó anteriormente, pueden ser: mentales, materiales o matemáticas (Chamizo et al., 2010). Una analogía puede definirse como la comparación entre dos dominios, uno más familiar (denominado “fuente” o “análogo”) y otro menos conocido (denominado “concepto blanco” o “target”), que comparten información de tipo relacional, es decir, se trata de una comparación entre una cosa familiar con otra no familiar con el objetivo de interpretar o aclarar una característica compartida (Ruhl, 2003 en Felipe, Gallareta y Merino, 2006). Para este mismo autor, las analogías funcionan como un puente que acorta la distancia entre aquello que el docente quiere que el alumno aprenda y lo que el alumno realmente comprende.

Autores como Greca et al. (1998) distinguen entre modelo mental y modelo conceptual. Por su parte, Coll, France y Taylor (2006) refieren a modelos mentales y modelos expresados y denominan modelos enseñados a los que autores como Adúriz Bravo llaman modelo didáctico pedagógico. Cabe agregar que otros autores definen a los conceptos científicos o modelos conceptuales, como representaciones externas, “inventadas” en la mayoría de los casos por científicos o profesores para facilitar la comprensión, enseñanza y comunicación, de manera que son compartidos por la comunidad científica (Fernández González, González González y Moreno Jiménez, 2005; Greca et al., 1998; Justi, 2006 y Moreira, Greca y Rodríguez Palmero, 2002).

Puede observarse en la revisión bibliográfica presentada que diferentes autores denominan de distintas maneras a un tipo similar de modelo. De todas las clasificaciones expuestas, en el presente trabajo se utilizará mayoritariamente aquella propuesta por Treagust et al. (2004) aunque la descripción y el alcance de cada tipo de modelo podrá ser complementada con el aporte de otros autores.

2.3 El valor de interpretar las representaciones de los alumnos

Desde una perspectiva constructivista, las representaciones constituyen un elemento fundamental para la enseñanza y para el aprendizaje, pero esas representaciones no son un fin en sí mismo; tal como lo plantean Banet y Núñez (1990: 109) "el estudio de las representaciones de los alumnos no sirve de mucho si de sus resultados no se derivan consecuencias que orienten las tareas de clase del profesor".

Como ya se mencionó en otros apartados, existen modelos construidos y que se construyen para interpretar la realidad. Más allá que sean correctos desde el punto de vista científico, resulta muy difícil aprehenderlos dado su carácter abstracto, difícilmente observable y poco cotidiano para los jóvenes (Rodríguez Palmero, 1997). Esta autora propone otra forma de contemplar y de tratar el estudio de las representaciones. Considera que para detectar los modelos complejos de interpretación o modelos internos de los alumnos debe apelarse a mecanismos de introspección, basados en la interpretación que se haga de la interacción de los sujetos con diferentes tareas, actividades, problemas, informaciones, etc. De esa interpretación que se haga desde el exterior, derivarán modelos sobre los propios modelos de los estudiantes. Desde esta perspectiva, la investigación sobre representaciones adquiere un carácter menos descriptivo y más interpretativo, cualitativo, y por ello y para ello, se basa en la interacción de diferentes instrumentos que, en definitiva, vienen a estar constituidos por todas las producciones que hagan los estudiantes.

Sin duda las personas construyen "modelos mentales" como análogos estructurales del mundo que se quiere interpretar. Los alumnos construyen "modelos mentales" como análogos estructurales del mundo que los docentes les ofrecen a través de la información, que es interpretada a la luz de esos modelos y que, al mismo tiempo, los hace evolucionar y cambiar. En esto consiste, en definitiva, el aprendizaje o construcción del conocimiento científico en el alumnado, un conocimiento que se genera a través de la asignación y negociación de significados (Rodríguez Palmero, 1997).

2.4 Modelos mentales y representaciones

Las personas interactúan con el mundo formándose modelos mentales de él a partir del procesamiento de la información que disponen. Un concepto relacionado con el de modelo mental es el de esquema, que refiere a las estructuras de datos para representar los conceptos genéricos almacenados en la memoria (Domínguez Castiñeiras, De Pro Bueno y García Rodeja Fernández, 2003).

El que aprende no imita significados sino que los reconstruye a partir de sus estructuras cognoscitivas preexistentes (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978). La investigación educativa ha mostrado la necesidad de abordar el conocimiento del alumno desde un enfoque psicológico; la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird (1983 citado por Rodríguez Palermo, 2001) ofrece esa posibilidad.

El término “modelo mental” se originó en la década del 80 en el ámbito de la ciencia cognitiva y, más particularmente, en el de la inteligencia artificial (Rumelhart y Ortony, 1977, citados por Galagovsky et al., 2009) en sus diversos intentos de modelar el pensamiento del sentido común. Gutiérrez (2005) asume que existe polisemia también en torno del concepto de “modelo mental”, la cual estaría actuando como un obstáculo en la actividad docente, dado que imposibilita la convergencia, la comunicación clara, la comparación, la discusión y la evaluación de resultados provenientes de las distintas investigaciones en didáctica de las ciencias. Este mismo autor considera que el conocimiento generado alrededor de la idea de modelo mental está resultando esencial en la ciencia cognitiva por cuanto da cuenta de las interacciones y relaciones que se establecen entre el pensamiento y los símbolos, aspecto que no se contemplaba en las primeras investigaciones vinculadas al aprendizaje de la ciencia.

Autores como Chamizo et al. (2010) definen a los modelos mentales como representaciones plasmadas en la memoria episódica construidos por los sujetos para predecir, explicar o dar cuenta de una situación. Son los precursores de las llamadas “ideas previas” y en ocasiones pueden ser equivalentes. Los modelos mentales son inestables, pueden ser modificados o descartados y cognitivamente serían modelos de trabajo desechables.

Según Johnson-Laird (1996, citado por Rodríguez Palmero, Marrero Acosta y Moreira, 2001), desde la Psicología cognitiva los humanos no conocemos directamente “la realidad”, sino que la reconstruimos a partir de modelos mentales que nos permiten interpretar lo que percibimos. Los modelos mentales se forman en la interacción con el

medio y con los otros, poseen poder predictivo y explicativo. Incluyen representaciones proposicionales e imágenes, que serían sus componentes expresables verbalmente o perceptibles, respectivamente. Estos modelos son las visiones que las personas tienen del mundo, de sí mismas y de sus propias capacidades, por lo tanto deben ser funcionales para la persona que los construye.

La teoría de Johnson-Laird (1990, citado por Nappa et al., 2006) se basa en la premisa que postula a la mente como un sistema que puede construir símbolos y manipularlos dentro de varios procesos cognitivos. Los modelos de trabajo generados para interactuar con el mundo no son del todo completos ni correspondientes con aquello que representan; por el contrario son incompletos y más simples que las entidades a las que alude. Los modelos mentales son representaciones internas del sujeto, análogos estructurales del mundo que le permiten comprenderlo. Autores como Rodríguez Palmero et al. (2006) agregan:

Son correlatos mentales de la realidad ante la imposibilidad de aprehenderla directamente, siendo de este modo como se le atribuye significado; se caracterizan por su gran funcionalidad, entendida esta como la capacidad de que le resulten útiles a la persona que los construye (p. 3).

Es por eso que los modelos mentales son considerados análogos estructurales del mundo que la mente genera para comprenderlo, de lo que se deriva que la conceptualización científica requiere la construcción de modelos mentales; estos modelos tienen poder predictivo y explicativo y es por eso que dotan al individuo de comprensión, caracterizándose por su funcionalidad. Son, por tanto, modelos de trabajo que actúan en la memoria episódica o de corto plazo (Rodríguez Palmero, 1997).

Algunos de los principios postulados por Johnson-Laird (1983, citado por Nappa et al., 2006), establecen que los modelos mentales son (a) finitos en tamaño, por lo que no pueden representar un dominio infinito, a esto se lo ha denominado principio de finitud y (b) al mismo tiempo, un único modelo mental puede representar un número infinito de estado de cosas, lo que se conoce como principio de economía. Norman (1983, citado por Greca et al., 1998) suma algunas otras características a los modelos mentales: son inestables (y limitados), ya que las personas se olvidan fácilmente de los detalles de sus modelos o tienden a descartarlos con el tiempo, y son no científicos, ya que reflejan las creencias de las personas sobre el sistema representado. Barquero (1995) aporta algunas características más al concepto de modelo mental: son referenciales, ya que son representaciones simbólicas de los referentes del discurso; al mismo tiempo son

concretos, es decir, representan fenómenos o estados de hechos específicos; son dinámicos y flexibles, porque se transforman con la aparición de nueva información y análogos, porque presentan una analogía estructural y funcional respecto al estado de hechos o el fenómeno que representan.

La construcción de los modelos mentales, según Galagovsky et al. (2001), se cimienta en la experiencia cotidiana, producto de las interacciones sociales con el mundo natural, por eso también los denominan modelos del sentido común. En coincidencia con esto Nappa et al. (2006) sostienen que los modelos mentales se construyen sobre la base de las ideas previas que las personas tienen acerca de un determinado fenómeno. Estas pueden ser producto de la interacción del individuo con el mundo que lo rodea y/o de la instrucción formal impartida por la escuela. Como las ideas previas de los alumnos son las bases sobre las cuales se construyen los modelos mentales, si no se produce un verdadero cambio conceptual desde las ideas erróneas hacia los conceptos científicos, existe el riesgo que los modelos que se puedan generar carezcan de rigor científico y de poder explicativo-predictivo y probablemente solo servirán para dar cuenta de un pequeño número de eventos sencillos. Esas ideas previas pueden ser en algunos casos obstáculo en la generación de los modelos mentales, ya que muchas veces se encuentran fuertemente establecidas en la estructura cognitiva.

Los modelos mentales operan con la abstracción (Johnson-Laird, 1996, citado por Rodríguez Palmero, 1997) y de ahí se deriva la consideración de que el aprendizaje de conceptos científicos (dado su alto grado de abstracción y complejidad) requiere la construcción de un modelo mental de los mismos. Generar conocimiento sobre esos modelos y sobre cómo se construyen supone, por tanto, una premisa de máxima prioridad si lo que se pretende es que ese conocimiento científico se construya, porque será a partir de ello que se podrá determinar y diseñar las estrategias y los procesos adecuados para que el alumnado recorra el camino que va desde sus modelos mentales hasta los modelos conceptuales científicos que la educación les presenta y persigue con ellos (Rodríguez Palmero, 1997).

2.5 Interacciones entre diferentes tipos de modelos en el ámbito educativo: el caso de los modelos científicos, mentales y expresados

La teoría de los modelos mentales genera un campo de investigación en educación que intenta interpretar la manera en que las personas construyen las representaciones sobre determinados fenómenos, ofreciendo, de este modo, una mejor información sobre los aprendizajes realizados por los estudiantes (Nappa et al., 2006). A partir de las investigaciones de las ciencias cognitivas se sabe que apropiarse de cualquier aspecto de la realidad supone representárselo, es decir, implica construir un modelo mental de esa realidad (Izquierdo, 1999, citado por Fernández González, Moreno Jiménez y González González, 2003).

Considerando que los modelos mentales son representaciones internas (Moreira, 1996) que los sujetos construyen sobre la base de sus ideas previas sobre un determinado fenómeno para interpretar la realidad, surge la imposibilidad de conocerlos directamente, pero se puede lograr una aproximación a ellos a través de los modelos expresados por diferentes medios (verbalización, gráficos etc.). Los modelos explícitos requieren ser expresados en varios lenguajes. Es decir, se marca una diferencia fundamental entre “modelo mental” y “modelo explícito”; se define a este último como una porción compleja de discurso erudito que es expresada complementariamente en diferentes lenguajes científicos. Cualquier gráfico, dibujo, maqueta, etc., es una representación concreta, y por lo tanto, tan solo es un aporte comunicacional más para la descripción del modelo explícito (Galagovsky et al., 2009).

Los modelos científicos (o también llamados por algunos autores, eruditos o conceptuales) se construyen mediante la acción conjunta de la comunidad científica, que tiene a disposición de sus miembros herramientas poderosas para representar aspectos de la realidad. El científico se vale de ellos para explicarlos, interpretarlos y comunicarlos (Galagovsky et al., 2001).

Aseverando esto, Greca et al. (1998) sostienen que comparativamente, mientras los modelos mentales son representaciones internas, personales, idiosincrásicas, incompletas, inestables y básicamente funcionales, los modelos científicos son representaciones externas, compartidas por una determinada comunidad y consistentes con el conocimiento científico que esa comunidad posee. Los modelos eruditos son una representación simplificada de objetos, fenómenos o situaciones reales.

Según Moreira (1996) desde la didáctica de las ciencias los modelos mentales permiten a los individuos entender fenómenos, hacer inferencias y predicciones, decidir las acciones a tomar y controlar su ejecución. Por otra parte, los modelos científicos se tratan de modelos de trabajo contruidos y diseñados, dentro del campo de conocimientos de una disciplina, por científicos, ingenieros, profesores, con la finalidad de facilitar la comprensión y enseñanza de sistemas físicos o fenómenos naturales. Estas representaciones tienen la cualidad de ser externas y, por lo tanto, se materializan como formulaciones matemáticas, verbales o pictóricas, de analogías o de artefactos materiales. El modelo conceptual es un instrumento de enseñanza pero el instrumento de aprendizaje sería el modelo mental, dicho de otro modo, un modelo conceptual sería “la materialización” de un modelo mental.

Debido al alto nivel de formalización, los modelos científicos o eruditos requieren un elevado nivel de abstracción. Los mecanismos que se ponen en juego al interpretar modelos con diferentes grados de abstracción se relacionan con el grado de significatividad que tal fenómeno reviste para la persona y el grado de análisis que ella es capaz de realizar a fin de atomizar los elementos que conforman a dicho modelo (Nappa et al., 2006). Tal como lo proponen Fernández González et al. (2003) aprender ciencia requiere, por tanto, aprender modelos y reconstruirlos en el aula.

2.6 Las imágenes en la enseñanza aprendizaje de la ciencia

Actualmente, en esta llamada sociedad de la información y la imagen, los alumnos suelen pasar varias horas frente a la televisión y la computadora. Esto hace que las relaciones entre la imagen y la enseñanza de la ciencia se tornen, para el profesor, cada vez más relevantes (Raviolo, 2009). De hecho, entre los objetivos generales de la educación, se plantea alcanzar la alfabetización científico visual (Perales Palacios, 2006).

Los docentes en el ámbito universitario incorporaron a sus clases, en este último tiempo, nuevos formatos, en los que las pizarras aparecen sustituidas por presentaciones en la computadora con multiplicidad de ilustraciones y videos.

Perales Palacios (2006) distingue entre los términos *imagen e ilustración*. La imagen sería para este autor una representación de seres, objetos o fenómenos, ya sean con

carácter gráfico (en soporte papel o audiovisual, fundamentalmente) o mental (a partir de un proceso de abstracción más o menos complejo). La imagen es parte de los modelos de representación habitual del conocimiento científico, junto con el formato verbal y matemático- simbólico. La imagen, según el criterio de temporalidad, podrá clasificarse en estática o dinámica.

Por otro lado la ilustración se trata de una imagen más específica, de carácter exclusivamente gráfico y que acompaña a los textos escritos con la intención de complementar la información que suministra.

La construcción de imágenes promueve modelos mentales. El término modelo mental, como se ha mencionado en apartados anteriores, se refiere a una representación interna elaborada por las personas cuando interactúan con su medio, textos, imágenes o combinaciones entre ambos. Los modelos mentales incluyen datos procedentes del exterior, conocimientos previos y expectativas del sujeto, dando lugar a representaciones dinámicas en la memoria de trabajo (Perales y Jiménez, 2002). Si nos detenemos en el papel de las imágenes en la formación de los modelos mentales, puede decirse que un modelo mental constituye una representación interna de un objeto o fenómeno con los que posee unas características internas comunes, es decir, una analogía funcional. Su generación puede tener lugar a través de una información visual, pero también a través de otros sentidos. Dado su carácter abstracto, contiene menos detalles que la imagen original, pero más información, puesto que interviene el conocimiento previo del lector (Perales Palacios, 2006).

En el contexto de la epistemología de la ciencia, Bunge (1983) destaca el papel que juegan las representaciones gráficas en el contexto de la modelización que la comunidad científica utiliza para facilitar la descripción, la explicación y la predicción de los fenómenos naturales. La explicación interpretativa de los modelos establece que para facilitar su aprendizaje las representaciones pictóricas deben definir claramente las relaciones entre la realidad que se pretende explicar, los modelos conceptuales elaborados al efecto y los símbolos elegidos. Haciendo referencia al concepto de pensamiento visuoespacial, este refiere a un proceso que incluye la visión y las imágenes, es decir “la formación, la inspección, transformación y mantenimiento de las imágenes en “el ojo de la mente” en ausencia de un estímulo” (Perales Palacios, 2006: 24).

Autores como Glenberg y Langston, (citados por Perales y Jiménez, 2002) sugieren que las ilustraciones favorecen en los lectores la construcción de un modelo mental mientras

leen, contribuyendo a mejorar la comprensión del texto. Así pues, la comprensión y la memorización a largo plazo, estarán determinados parcialmente por el texto, la ilustración y las inferencias generadas por el individuo a través del modelo mental construido durante la lectura, que incluirían también los conocimientos previos del lector que se activan con ella.

Las imágenes se caracterizan por su polisemia, de modo que resulta muy difícil predecir cuál va a ser la interpretación que sobre una ilustración va a realizar una persona.

Para Levie y Lentz (1982, citados por Perales et al., 2002) las ilustraciones mejoran el recuerdo y facilitan la comprensión de textos en los que se describen las relaciones entre diversos elementos siempre que aquellas muestren esas relaciones, por el contrario, cuando son complejas requieren una ayuda suplementaria como la mediación del docente.

2.7 Análisis e interpretación de las imágenes

Para poder analizar como las personas interpretan las imágenes o los gráficos es necesario hacer un enfoque de tipo interdisciplinario, ya que este análisis podrá ser abordado desde la semiótica, el diseño gráfico, la publicidad, las Neurociencias, la Psicología. Por su parte la semiótica es entendida como la “ciencia general de los signos lingüísticos”; engloba la semántica y la sintáctica. En cualquier caso, el denominador común viene a ser el interés por el uso de los signos y su significado. La semiótica ensancha el término “entorno de aprendizaje” para incluir estos signos, símbolos y reglas establecidas como poderosas características que influyen sobre la enseñanza y el aprendizaje (Perales Palacios, 2006).

Una distinción entre lenguaje verbal y visual establece que en el lenguaje verbal, las relaciones entre los signos (palabras o sonidos) y su significado son arbitrarias; en cuanto a su sintaxis, se compone de reglas relativamente fijas. Para el lenguaje visual, el significado se suele establecer por analogía con elementos reales conocidos, aunque no siempre sucede así, como es el caso de las representaciones abstractas; por lo que respecta a su sintaxis es mucho más flexible que en el lenguaje verbal. Además el lenguaje visual permite una relación simultánea entre sus elementos (Perales Palacios, 2006). La semiótica de la imagen establece que toda lectura icónica exige un código de

carácter específico que, aunque figurativo, no es inocente; la naturalidad no existe en este ámbito.

Para la Psicología “no existe ilustración sino observador, en la medida que éste es el que lo dota de significado” (Deforge, 1991: 20, citado por Perales et al., 2002). Desde esta disciplina son diversos los modelos que tratan de explicar el procesamiento de las imágenes. Uno de ellos, el modelo de la doble codificación de Paivio (1971, 1986, citado por Perales Palacios, 2006) intenta explicar el procesamiento de las imágenes y los textos mediante una doble vía, una no verbal para las primeras y otra verbal para el texto (oral o escrito), aunque no independientes una de otra. Considera como punto de partida dos tipos de representaciones: una física y una mental; la primera admite una representación lingüística y otra icónica; mientras que la representación mental puede establecerse mediante tres niveles: 1.- representaciones observables, que se pueden expresar directamente a través del lenguaje o la imaginación; b.- las estructuras y procesos mentales que las sustentan; c.- los modelos teóricos que tratan de describir los mecanismo que las rigen. La ayuda de ciertas ilustraciones a la memorización de estos textos se explicaría en función del uso integrado de ambos canales para procesar la información, que permite su interconexión en la memoria de trabajo (Perales Palacios, 2006).

Otra visión es la propuesta por Schnotz (2002, citado por Perales Palacios, 2006) quien define un modelo integrado de procesamiento del texto y de la imagen. Este autor propone que la comprensión de una imagen supone: a.- una representación de su estructura superficial, es decir la percepción visual de la misma; b.- un modelo mental, es decir el establecimiento de una correspondencia entre sus características estructurales y las referencias que posee el individuo previamente; c.- una representación proposicional o conversión del modelo mental en términos de proposiciones lingüística; d.- un nivel comunicativo, esto es el contexto en el que tiene lugar el procesamiento de la imagen y e.- una representación de nivel general, es decir que engloba el tipo de imagen de que se trata y las funciones que desempeña (Perales Palacios, 2006).

2.8 Cómo el cerebro procesa y guarda las imágenes

Desde los aportes de las Neurociencias, autores como Damasio (2013) proponen que poseer una mente significa que un organismo puede formar representaciones neurales que pueden convertirse en imágenes, ser manipuladas en un proceso denominado pensamiento y eventualmente, influir en el comportamiento, al ayudar a predecir el futuro, planificar en consecuencia y elegir la siguiente acción.

Las representaciones neurales consisten en modificaciones biológicas creadas mediante aprendizaje en un circuito neuronal, las que a su vez se transforman en una imagen que cada uno siente que le pertenece. Los circuitos neurales son producto de cambios microestructurales invisibles en los cuerpos celulares, dendritas y axones y en las sinapsis.

Damasio (2013) clasifica a las imágenes en 1.- perceptuales: son aquellas construidas bajo la modalidad sensorial (visual o auditiva, por ejemplo); 2.- imágenes memoradas: aparecen cuando la persona evoca un recuerdo de cosas pasadas y 3.- imágenes de planes futuros: son representaciones de algo que todavía no ocurrió y constituyen la memoria de un posible futuro.

Estas construcciones son producto de una compleja maquinaria neural compuesta por la percepción, la memoria y el razonamiento. “Las imágenes se basan directamente en aquellas representaciones neurales, y solo aquellas, que están organizadas topográficamente y que se dan en las cortezas sensoriales iniciales” (Damasio, 2013: 121).

El mismo Damasio (2013) propone que las imágenes que se almacenan en el cerebro no lo hacen a modo de fotografía en facsímil de cosas, acontecimientos, palabras o frases. No hay microfichas ni microfilms, no hay copias impresas, y apelando a una analogía sostiene que “si el cerebro fuera como una biblioteca nos quedaríamos sin estantes” (p.124). Además, el almacenamiento del facsímil plantea problemas difíciles de eficiencia de recuperación. Cuando uno recuerda un objeto dado, una cara o una escena, en esos casos no se obtiene una reproducción exacta sino más bien una interpretación, una versión acabada producto de reconstruir el original. Hay que agregar que a medida que pasa el tiempo y la experiencia cambia, las versiones de las mismas cosas evolucionan.

Pero la negación de que puedan existir imágenes permanentes de algo en el cerebro debe reconciliarse con la sensación de que se puede evocar, en el ojo o en el oído de la

mente, aproximaciones de imágenes que fueron experimentadas por el sujeto previamente.

Una respuesta tentativa a este problema sugiere que estas imágenes mentales son construcciones momentáneas, intentos de replicación de pautas que se experimentaron en otro momento, en la que la probabilidad de replicación exacta es baja pero la probabilidad de replicación sustancial puede ser superior o inferior, dependiendo de las circunstancias en las que las imágenes se aprendieron y están siendo recordadas. Estas imágenes recordadas tienden a mantenerse en la consciencia solo de manera fugaz, y aunque puede parecer que son buenas réplicas, con frecuencia son inexactas o incompletas. Se sospecha que las imágenes mentales explícitas recordadas surgen de la activación sincrónica y transitoria de modelos de disparo neural que en gran parte se encuentran en las mismas cortezas sensoriales iniciales en la que una vez tuvieron lugar los modelos de disparo correspondientes a las representaciones perceptuales. La activación produce una representación organizada topográficamente. Las pautas de disparo resultan del reforzamiento o debilitamiento de las sinapsis y ello, a su vez, resulta de los cambios funcionales que tienen lugar a nivel microscópico dentro de las ramas fibrosas de las neuronas (axones y dendritas) (Damasio, 2013).

Las representaciones disposicionales, tal como lo propone Damasio, existen como pautas potenciales de actividad neuronal en pequeños grupos de neuronas llamadas “zonas de convergencia”; es decir consisten en un conjunto de neuronas que disparan disposiciones dentro del grupo. Las disposiciones relacionadas con imágenes recordables se adquirieron mediante el aprendizaje, y por ello se podría decir que constituyen una memoria. Las zonas de convergencia cuyas representaciones disposicionales pueden resultar en imágenes cuando disparan hacia las cortezas sensoriales iniciales se localizan en todas las cortezas de asociación de orden superior (regiones occipital, temporal, parietal y frontal) y en los ganglios basales y estructuras límbicas. Lo que las representaciones disposicionales tienen almacenado en su pequeña comunidad de sinapsis no es una imagen *per se*, sino un medio de reconstruir “una imagen”. Estas representaciones existen en estado potencial, sujetas a activación y constituyen un depósito completo de conocimiento, que comprende tanto el innato como el adquirido por experiencia. El conocimiento adquirido se basa en representaciones disposicionales en las cortezas de orden superior y en muchos núcleos de materia gris bajo el nivel de la corteza. Algunas de ellas contienen registros para el conocimiento plasmable en imágenes que pueden recordarse y utilizarse para el

movimiento, la razón, la planificación, la creatividad; y algunos contienen registros de normas y estrategias con las que se opera sobre dichas imágenes. La adquisición de nuevo conocimiento se consigue mediante la modificación continua de dichas representaciones.

La aparición de una imagen que se rememora resulta de la reconstrucción de una pauta transitoria (metafóricamente, un mapa) en las cortezas sensoriales iniciales, y el disparo para la reconstrucción es la activación de representaciones disposicionales en otras partes del cerebro, como la corteza de asociación (Damasio, 2013).

CAPÍTULO 3. REVISIÓN HISTÓRICA ACERCA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CIENTÍFICO DE LA MEMBRANA CITOPLASMÁTICA

La reflexión histórica y filosófica es inseparable de la reflexión didáctica. La historia y la filosofía de la ciencia animan a buscar caminos de actuación didáctica propios de los contextos áulicos, convirtiéndose en una herramienta valiosa para trabajar los modelos científicos con los alumnos. En este capítulo se presenta una breve revisión histórica sobre el estudio de la célula y sus partes, para luego profundizar en la construcción y evolución del modelo científico de la membrana citoplasmática.

3.1 Breve perspectiva histórica sobre el estudio de la célula y sus partes

Los avances en las técnicas de la citología y la Biología molecular sumados al perfeccionamiento de los instrumentos ópticos marcaron un giro fundamental en las interpretaciones y explicaciones científicas referidas a las células y acompañaron la construcción de diferentes modelos explicativos a lo largo del siglo XX.

El estudio de la célula se remonta al siglo XVII. La célula (lat. *cella*: pequeña habitación o cámara) fue descubierta por Hooke (1665) al investigar cortes de corcho (tejido muerto) al microscopio, arribando así a la conclusión que el tejido vegetal estaba constituido por pequeñas cámaras. Años más tarde, Brown (1838) descubrió el núcleo celular (del latín *nucleus*: pequeña nuez o almendra) en la célula viva.

En 1839, en función de todos estos descubrimientos, se planteó la primera teoría celular, la cual proponía que la célula era el elemento básico del organismo, al que debían trasladarse todos los procesos de la vida. Las plantas y los animales eran agrupaciones de estas unidades vivas y potencialmente independientes. Una aclaración importante para la teoría celular se instaló en 1852, cuando se estableció que las células siempre se formaban por división de otras células y que la división se originaba en el núcleo. Esto fue confirmado por Virchow tres años más tarde al presentar su famosa teoría “*omnis cellula e cellula*”: todas las células se originan a partir de células (Curtis, Barnes, Schnek, Massarini, 2008).

Los conocimientos que se tienen actualmente sobre la estructura y el funcionamiento de las membranas citoplasmáticas son la culminación de un proceso de investigación histórico a lo largo de varios años, tal como se observa en la Figura 1 para el caso de la membrana citoplasmática.

Desde el momento mismo en que Singer y Nicholson propusieron el modelo de mosaico fluido revolucionaron la manera de pensar de los científicos acerca de las membranas celulares. El modelo lanzaba una nueva era en la investigación de la membrana que no solo ha confirmado el modelo básico, sino que lo ha aumentado y extendido. Además, los conocimientos sobre la estructura de la membrana continúan expandiéndose a medida que nuevos descubrimientos científicos mejoran y modifican el modelo básico. En principio, las teorías sobre la estructura y composición de las membranas estuvieron basadas en evidencias indirectas. En 1855, Naegeli denominó “membrana plasmática” a una película invisible que envolvería a las células y sería esta la responsable de los fenómenos osmóticos observados en las células vivas (De Robertis et al., 1998).

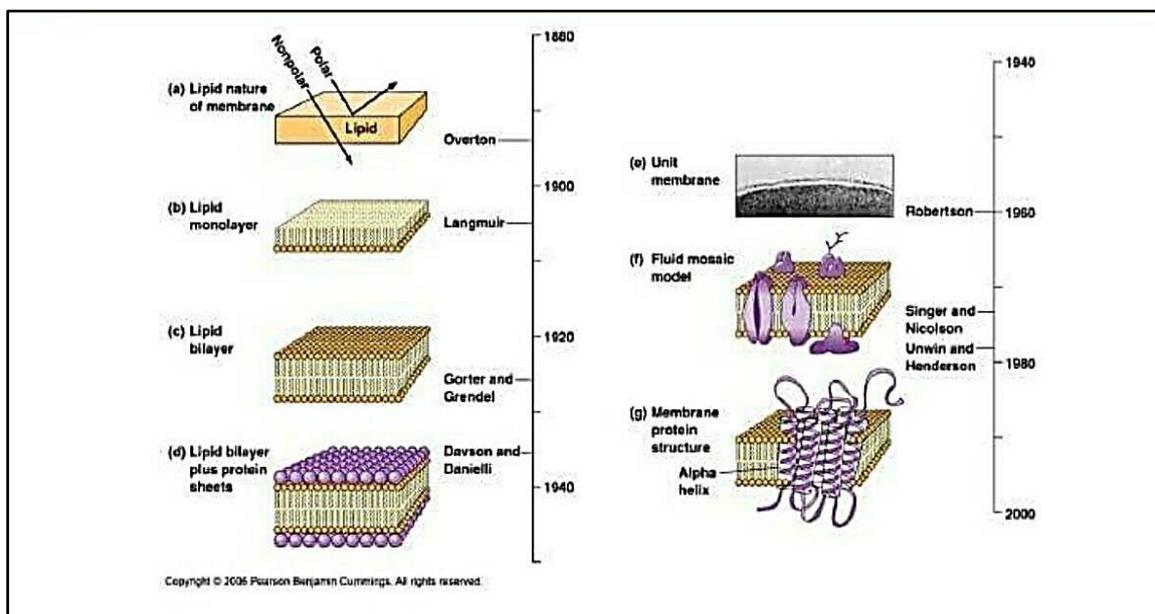


Figura 1: El modelo de mosaico fluido que representa la estructura de la membrana propuesto por Singer y Nicholson en 1972 fue la culminación de una serie de estudios que se remontan a 1890.

Imagen extraída de http://biologiabiomolecular.blogspot.com.ar/2013/07/modelos-de-la-membrana-celular_24.html

3.2 Interpretación del modelo de membrana más aceptado en la actualidad: modelo de mosaico fluido

Hasta el advenimiento del microscopio electrónico, los científicos no pudieron apreciar adecuadamente la complejidad de la organización celular, en la que se incluye la membrana plasmática y el sistema de membranas internas especializadas.

Hoy se sabe que todas las membranas biológicas, independientemente de su origen, están constituidas por lípidos y proteínas. Muchas de ellas también tienen glúcidos unidos a los lípidos y a las proteínas (ver Figura 2). Las proporciones de estos tres componentes varían en los distintos tipos celulares. Los carbohidratos representan menos del 10% del total de la masa de membrana, e incluso pueden estar ausentes (por ejemplo en la membrana mitocondrial interna) (De Robertis y Hib, 2004).

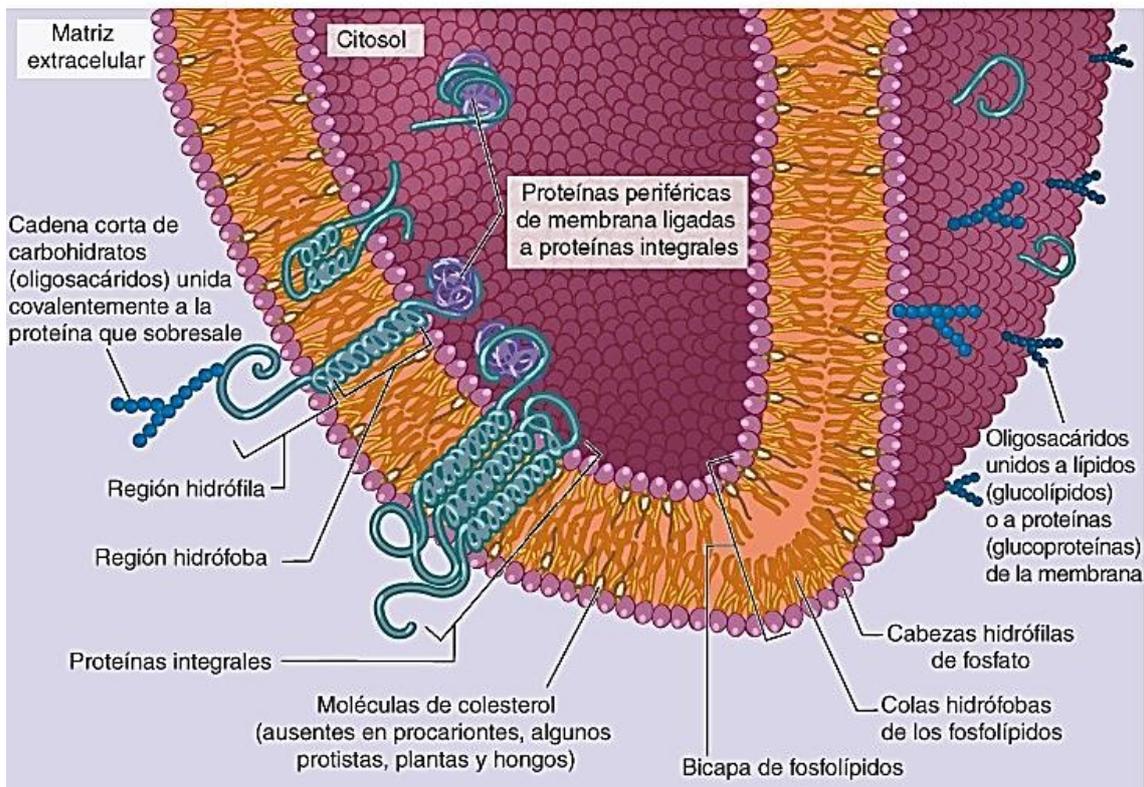


Figura 2: Modelo de mosaico fluido propuesto en 1972 por Singer y Nicholson. Este modelo imagina una membrana como un mosaico de proteínas incluidas (en verde azulado), o por lo menos unidas, de forma discontinua a una bicapa lipídica fluida (en naranja y rojo). En la cara externa algunos oligosacáridos (en azul) formando el glucocáliz (Curtis et al., 2008: 36)

Según el modelo de mosaico fluido propuesto por Singer y Nicholson (1972), reconocido hoy como representativo de la estructura básica de la totalidad de las membranas,

... los lípidos se disponen en una delgada lámina bimolecular, mientras que las proteínas integrales están insertadas en la capa fluida, de la que emergen hacia ambas superficies. Una propiedad clave de la bicapa es que, aunque constituye una estructura aplanada estable, su fluidez les permite, tanto a los lípidos como a las proteínas, considerables desplazamientos en dicho plano estructural. Las proteínas especializadas cumplen con la mayor parte de las funciones específicas de las membranas, pero la unidad estructural fundamental de toda la membrana biológica es la bicapa lipídica, a la que debe su integridad (De Robertis et al., 1998, p. 84).

La composición lipídica varía en los diferentes tipos celulares, pero son los fosfolípidos su principal componente, aunque la mayor parte de las membranas también contienen colesterol. Los fosfolípidos son moléculas anfipáticas, es decir con doble sensibilidad: por un lado hidrofílicas (afines al agua o polares) por otro lado hidrofóbicas (no polares, que repelen al agua). Poseen una denominada “cabeza polar” y dos “colas hidrofóbicas” representadas por cadenas hidrocarbonadas constituidas por ácidos grasos de longitud variable. Debido a su naturaleza anfipática, los fosfolípidos presentes en un medio acuoso, tienden espontáneamente a formar micelas o bicapas (De Robertis et al., 2004). Un factor que afecta a la fluidez propuesta por el modelo, es la existencia de doble ligaduras en las cadenas, ya que los carbonos no saturados imparten una desviación a la cadena que impide que las moléculas se adosen estrechamente y aumenten su viscosidad. Generalmente en los fosfolípidos de las membranas un ácido graso es saturado y el otro no (Alberts et al., 2007).

En cuanto al colesterol, estas moléculas suelen ser abundantes en las membranas eucariotas animales, y su número suele ser tan abundante como el número de fosfolípidos con los que se intercalan. Este esteroide anfipático posee una pequeña cabeza polar dirigida hacia la superficie acuosa, mientras que el resto de la molécula es hidrofóbico y permanece confinado hacia el interior. El anillo esteroide interactúa con la porción inicial de las cadenas de los ácidos grasos, a las que inmoviliza parcialmente. Esto incrementa, por un lado la impermeabilidad de la membrana, y por otra parte decrece la flexibilidad y la fluidez a la temperatura del organismo (37°C). Pero ante el eventual descenso de temperatura, el colesterol evita la fase de gel, es decir que se congelen las membranas (De Robertis et al., 2004).

Respecto de las proteínas de membrana son un componente fundamental no solo en su estructura sino también en la permeabilidad, ya sea como canales o como transportadores. Entre las proteínas de membrana también se incluyen gran número de enzimas y receptores para diversas señales.

Las proteínas de membrana se han clasificado en integrales (intrínsecas) y periféricas (extrínsecas) de acuerdo a su grado de asociación a ella (De Robertis et al., 2004). Las primeras, se hallan empotradas en las membranas, entre los lípidos, en su mayoría son transmembranosas, es decir atraviesan la membrana totalmente; muchas de ellas son glucoproteínas. Algunos polipéptidos atraviesan la bicapa lipídica más de una vez, y reciben el nombre de multipaso, otras lo hacen solo una vez o unipaso; otras se extienden desde la zona hidrofóbica de la bicapa hasta una de las caras de la membrana, por donde emergen. Por otra parte, las proteínas extrínsecas o periféricas no penetran en el interior hidrofóbico de la bicapa lipídica (no son transmembranosas) y se asocian con la membrana a través de interacciones débiles, tanto con las proteínas integrales como con las “cabezas” de los fosfolípidos, del lado citosólico o del lado extracelular.

Las proteínas son de este modo responsable de la asimetría de la membrana, es decir por su variada disposición y orientación ambas superficies de la membrana son diferentes. Es importante aclarar que, si bien estas biomoléculas pueden rotar sobre su eje y moverse lateralmente, no cambian de posición dentro de la bicapa.

Son también las glucoproteínas las responsables de la asimetría de la membrana, en las que los oligosacáridos están orientados hacia el medio extracelular. Los hidratos de carbono de las membranas biológicas, como se indicó anteriormente, se presentan en forma de oligosacáridos, menos frecuentemente como monosacáridos, unidos a las proteínas (glucoproteínas) o a los lípidos (glucolípidos) de la membrana. El conjunto de todas estas moléculas forma una cubierta celular llamada glucocáliz, de espesor variable. Se le atribuyen al glucocáliz funciones relacionadas con: la protección celular (del daño químico o mecánico), reconocimiento y adhesión celular, como así también la generación de un microambiente, ya que puede modificar la concentración de diferentes sustancias en la superficie de la célula, entre otras (De Robertis et al., 2004).

3.3 Elaboración del modelo científico de la membrana citoplasmática: aportes y controversias de diferentes científicos a lo largo de la historia.

Como se mencionó en otros apartados, y acorde al concepto de ciencia que se ha propuesto en este trabajo de Tesis, no hay dudas acerca de que los conocimientos que se tienen actualmente sobre la estructura y el funcionamiento de las membranas citoplasmáticas son la culminación de un largo proceso histórico de investigación.

Un buen punto de partida para la revisión histórica del modelo de membrana citoplasmática es el trabajo pionero de Charles Overton hacia 1890; quien trabajando con raíces aéreas de plantas, observó que las sustancias solubles en lípidos penetraban fácilmente en las células, mientras que las solubles en agua, no. En realidad él encontró una buena relación entre la naturaleza lipofílica de una sustancia (“afín a los lípidos”) y la facilidad con la que puede entrar en las células. De estos estudios Overton concluyó que los lípidos presentes en la superficie celular son una especie de “cubierta”. Incluso sugirió que las cubiertas celulares son probablemente mezclas de colesterol y lecitina, algo claramente previsible en base a lo que se conoce actualmente sobre esteroides y lípidos como componentes de membrana.

Un segundo e importante avance vino una década después mediante el trabajo de Irving Langmuir (1881-1957), quien estudió el comportamiento de los fosfolípidos purificados disueltos en benceno y produjo capas de esa solución de benceno y lípidos sobre una superficie acuosa. Cuando el benceno se evapora, las moléculas permanecen como una lámina de lípidos de una molécula de ancho (que se denomina monocapa). Langmuir sabía que los fosfolípidos son moléculas anfipáticas que poseen regiones hidrofílicas e hidrofóbicas. Él razonó que los fosfolípidos se orientan en el agua de forma que sus cabezas hidrofílicas están en contacto con ella y que sus colas hidrofóbicas la repelen. La monocapa lipídica de Langmuir fue la base que favoreció nuevos estudios de la estructura de la membrana en los primeros años del siglo XX (Becker y Hardin, 2007).

El siguiente avance importante fue en 1925 cuando dos fisiólogos holandeses, E. Gorter y F. Grendel, leyeron los trabajos de Langmuir y pensaron que este enfoque podría ayudar a contestar una cuestión referente a la membrana de los glóbulos rojos o

eritrocitos, con los que ellos trabajaban. Los trabajos iniciales de Overton habían mostrado la presencia de una cubierta lipídica en la membrana celular, pero no definían con precisión cuántas capas lipídicas estaban presentes en la cubierta. Para contestar a esta pregunta los científicos extrajeron los lípidos de un número conocido de eritrocitos, usando el método de Langmuir para expandirlos en una superficie acuosa. Calcularon que el área de la superficie de los eritrocitos sobre el agua era de aproximadamente dos veces el área de las membranas de los eritrocitos, por lo que concluyeron que sus membranas no son una sino dos capas de lípidos. Afortunadamente las conclusiones fueron correctas aunque los datos no, ya que despreciaron, por ejemplo la porción significativa que ocupan las proteínas de membrana en los glóbulos rojos (Rossi, 2003). Hipotetizando sobre la estructura de bicapa, Gorter y Grendel razonaron que sería favorable, termodinámicamente hablando, que las cadenas hidrocarbonadas no polares estuvieran hacia el interior, fuera del medio acuoso que aparece a ambos lados de la membrana. Los grupos polares hidrofílicos de cada capa estarían dirigidos hacia el exterior, hacia el entorno acuoso a ambos lados de la membrana. Sus experimentos y conclusiones fueron temporales ya que este trabajo representó el primer intento para entender las membranas desde el punto de vista molecular. La bicapa que ellos imaginaron fue la base de la estructura de membrana sobre la cual otros científicos continuaron trabajando. Vale aclarar que este trabajo no fue pensado como un “modelo” de membrana celular sino que estos autores propusieron simplemente una posible estructura de la membrana (Becker et al., 2007).

Hasta el momento quedaba claro que una característica importante de la membrana era que se trataba de una bicapa lipídica pero esto no podía explicar todas las propiedades asociadas a su estructura, particularmente aquellas relacionadas con la tensión superficial, permeabilidad a los solutos y resistencia eléctrica.

Los científicos Hugh Davson y Jame Danielli propusieron en 1935 que las membranas biológicas consisten en una bicapa lipídica recubiertas a ambos lados con finas láminas de proteínas. De manera que el modelo original de Davson y Danielli era en esencia el “modelo sándwich” de proteína-lípido-proteína (Figura 3). Sería este el primer modelo de membrana celular aceptado por la mayoría de los científicos de la época (Rossi, 2003).

El modelo original fue modificado posteriormente para acomodar los próximos descubrimientos. Notable fue la sugerencia, en 1954, de que las proteínas hidrofílicas podían atravesar la membrana y formarían poros polares en lo que anteriormente era una bicapa hidrofóbica. Esas proteínas podían cambiar la permeabilidad y las propiedades de resistividad de la membrana, que no podían ser explicadas fácilmente en términos de la existencia de una bicapa lipídica solamente.

La importancia real del modelo de Davson y Danielli fue el reconocimiento de la presencia de proteínas en la estructura de las membranas. Esto hizo que el modelo sándwich fuera base para las investigaciones posteriores sobre la estructura de la membrana (Becker et al., 2007).

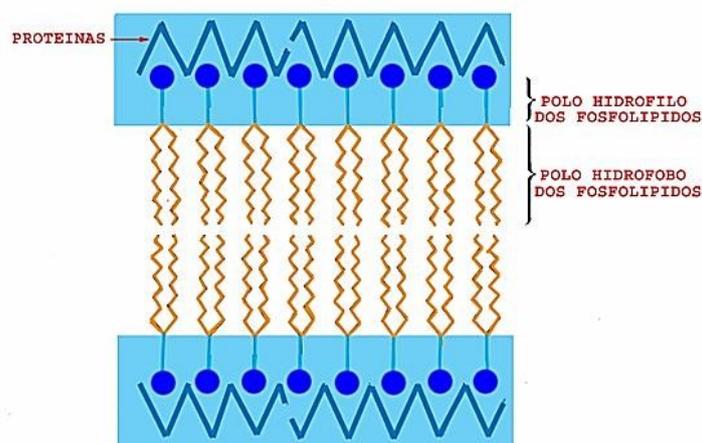


Figura 3: Modelo “sándwich” de proteína-lípido-proteína propuesto por Danielli y Davson en 1935, (imagen extraída de <http://materiais.dbio.uevora.pt/jaraujo/biocel/imagens/bioceloa2.jpg>)

A pesar de su aparente confirmación, la propuesta de Davson- Danielli comenzó a ser cuestionada, a medida que en la década del 60 iban surgiendo más datos que no cuadraban con el modelo. Una de ella era la referente a las dimensiones de la membrana, ya que a partir del uso de la microscopía electrónica se ha descrito que la mayoría de las membranas tendrían entre 6 y 8 nm y de estos, 4-5 nm corresponderían a

la bicapa lipídica. Quedarían alrededor de 1-2 nm de espacio en cada superficie de la bicapa para las proteínas de membrana, un espacio que podría acomodarse en el mejor de los casos a una fina monocapa de proteínas formada por regiones extensas con estructura en lámina β . A medida que se pudieron aislar y estudiar las proteínas de membrana se hizo evidente que eran proteínas globulares con extensas regiones de α hélice. Sus formas y tamaños harían pensar que sobresalen al interior de la membrana y no que forman finas láminas sobre la superficie. Una complicación adicional sería la diversidad de membranas, donde la composición lípido-proteínas varían en su proporción, tal es el caso de las membranas de las mitocondrias entre sí, las membranas de las bacterias o en los axones mielínicos de las neuronas, aunque estas membranas teñidas con osmio y observadas a microscopio electrónico, parecen las mismas. A medida que se estudiaban más membranas se hacía más difícil conciliar la enorme diversidad existente en el contenido de las proteínas con el modelo de unidad de membrana, ya que la anchura y apariencia de los “rieles” no variaban en la misma proporción. Este modelo también se cuestionó por estudios en los que las membranas se exponían a fosfolipasas (enzimas que degradan los fosfolípidos) retirando los grupos de las cabezas. De acuerdo con este modelo, los grupos hidrofílicos de las cabezas de los lípidos de las membranas deberían estar cubiertas por una capa de proteínas y protegidos de la digestión por las fosfolipasas. Esta susceptibilidad a la digestión enzimática sugirió que muchos de los grupos de las cabezas de los fosfolípidos estarían expuestos en la membrana, en vez de estar cubiertos por una capa de proteínas. La mayoría de las proteínas de membrana resultaron ser bastante insolubles en agua y sólo podían extraerse con el uso de solventes orgánicos o detergentes. Estas observaciones indicaban que muchas proteínas de membrana son hidrofóbicas y sugería que se localizaban, al menos en parte, en el interior hidrofóbico de la membrana más que en cualquiera de sus superficies.

El modelo de Danielli-Davson quedaría luego desacreditado por la evidencia experimental que indica que las membranas son estructuras fluidas en las que la mayoría de los lípidos y muchas de las proteínas se mueven libremente en el plano de la membrana. La movilidad de los lípidos y las proteínas no se ajusta a un modelo que imagina láminas de proteínas unidas por puentes iónicos a la bicapa lipídica subyacente (Becker et al., 2007).

Las limitaciones y errores asignados al modelo de Davson y Danielli estimularon el interés para seguir investigando la estructura de la membrana. En 1972 los científicos S. Jonathan Singer y Garath Nicholson propusieron el modelo de *mosaico fluido*. Este modelo, el más aceptado en la actualidad (Albert et al., 2007; Curtis et al., 2008; De Robertis y De Robertis, 1986; De Robertis et al., 1998 y 2004) tiene dos características principales incluidas en su nombre ya que imagina una membrana como un *mosaico* de proteínas incluidas, o por lo menos unidas, de forma discontinua a una bicapa lipídica *fluida*. Los lípidos y las proteínas integrales están dispuestos en una especie de organización en mosaico lo que implica que las moléculas tienen una asimetría característica y que están orientadas con una dirección específica a través de la membrana. La organización molecular asimétrica de las membranas significa que en ambas mitades de la bicapa los componentes se distribuyen de manera dispar. Esta asimetría es aún más evidente por el hecho de que, como se mencionó anteriormente, los oligosacáridos hacen saliencia solo hacia la superficie extracelular, o hacia el interior del compartimento de cisternas, vacuolas o vesículas en el caso de las membranas internas.

Este modelo mantuvo la estructura de bicapa lipídica básica de los modelos previos, pero veía a las proteínas de membrana de una forma diferente, no como capas finas de proteínas sobre la superficie de la membrana, sino como entidades globulares discretas, que se asocian a la membrana basándose en su afinidad relativa por el interior hidrofóbico de la bicapa lipídica (Becker et al., 2007), tal como se representa en la Figura 2.

Lo revelador en este modelo fue el modo en que ambos científicos pensaron la ubicación de las proteínas. Basándose en las formas diferentes de anclaje a la bicapa, se reconocen tres clases de proteínas de membrana: las *proteínas integrales de membrana*, que están embebidas en la bicapa lipídica y se mantienen en su sitio por la afinidad de los segmentos hidrofóbicos de las proteínas por el interior hidrofóbico de la bicapa lipídica; por otra parte las *proteínas periféricas*, que son mucho más hidrofílicas y por lo tanto están localizadas en la superficie de la membrana, donde están ancladas de forma no covalentes a los grupos polares de las cabezas de los fosfolípidos y/o a las partes hidrofílicas de otras proteínas de membrana y finalmente las *proteínas ancladas a lípidos*, que aunque no son parte del modelo de mosaico fluido original, se las

reconoce actualmente como un tercer tipo de proteínas de membrana (De Robertis et al., 2004), estas son esencialmente hidrofílicas (por eso residen en la superficie) y están unidas covalentemente a moléculas de lípidos de la bicapa.

La naturaleza fluida de la membrana es la segunda característica crítica del modelo de Singer y Nicholson. La mayoría de los componentes lipídicos de una membrana están en constante movimiento, son capaces de tener movilidad lateral (es decir, paralelo a la superficie de la membrana), pueden girar velozmente sobre su eje, difundir lateralmente a velocidad o balancear y flexionar sus cadenas hidrocarbonadas, más que estar rígidas en un sitio. El principal factor que influye sobre la fluidez es el largo de la cadena de los ácidos grasos y su saturación. El colesterol por su parte, tiende a aumentar la rigidez, y el mismo efecto, hasta cierto punto, también es ocasionado por las proteínas transmembrana. La fluidez de la bicapa es la responsable del autosellado que presenta la célula (De Robertis et al., 1998). Muchas proteínas de las membranas son capaces de moverse lateralmente, aunque algunas están ancladas a elementos estructurales de uno u otro lado de la membrana y por esto tienen una movilidad restringida. Al igual que los fosfolípidos, no pueden voltearse dentro de la bicapa, ni cambiar de orientación o de disposición.

La fuerza del modelo del mosaico fluido está en que proporciona una explicación fácil a las críticas realizadas al modelo anterior. Por ejemplo, el concepto de proteínas parcialmente embebidas en la bicapa lipídica concuerda con la naturaleza hidrofóbica y la estructura globular de la mayoría de las proteínas de la membrana y elimina la necesidad de acomodarlas en finas capas superficiales de espesor invariable. Además, la variabilidad de la proporción de proteínas/lípidos de membranas diferentes, significa simplemente que algunas membranas tienen relativamente pocas proteínas embebidas en la bicapa lipídica, mientras que otras membranas tienen más proteínas de este tipo. La exposición de las cabezas de los lípidos en la superficie de la membrana es obviamente compatible con su susceptibilidad a la digestión por las fosfolipasas, mientras que la fluidez de la bicapa y la mezcla de lípidos y proteínas dentro de la membrana hacen más fácil imaginar la movilidad de ambos tipos de biomoléculas. Al mismo tiempo, la fluidez de los lípidos depende de la temperatura, de la composición y del grado de saturación de estas moléculas (De Robertis et al., 1986). La fluidez de los

lípidos es apoyada por numerosos estudios indirectos basados en la difracción de rayos X, el análisis térmico diferencial y las técnicas de espectroscopía de resonancia spin electrónico; mientras que la fluidez de las proteínas integrales es sustentada por las experiencias de fusión celular y por las de agrupamiento y formación de un “capuchón” de antígenos superficiales en los linfocitos (De Robertis et al., 1998).

En esta breve reseña histórica acerca del origen y la evolución del modelo científico de membrana citoplasmática se ponen de manifiesto algunas de las características acerca de la ciencia, comentadas en el primer capítulo de este trabajo de Tesis. Puede apreciarse a partir de esta descripción cronológica de la construcción del modelo de membrana citoplasmática, que la ciencia es una actividad humana, colectiva y dinámica. El cuerpo de conocimientos científicos es provisional y perfectible, construido a partir de la reformulación de las propuestas de diferentes científicos a lo largo del tiempo (trazado de nuevos “mapas”), en un determinado contexto social, político y económico.

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO DE INVESTIGACIÓN

4.1 La enseñanza en el nivel universitario

La enseñanza universitaria refiere al proceso educativo de enseñanza superior que tiene lugar en una institución que actúa en la búsqueda, adquisición y construcción del saber científico, como así también en el proceso intelectual crítico de esos conocimientos (López Noguero, 2007). La enseñanza de grado tiene como finalidad la obtención por parte del estudiante de una formación general, en una o varias disciplinas, orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de tipo profesional.

Tradicionalmente la educación superior ha sido considerada como un proceso en el que el gran protagonista era el profesor, único portador y garante del conocimiento, y donde la relación comunicativa que se establecía en el aula era puramente transmisiva, jerárquica y unidireccional. Un proceso en el que el rol de los alumnos era pasivo, ya que desde su condición estos no tenían nada que aportar, decir, opinar y menos aún cuestionar (López Noguero, 2007). Esta metodología ha permanecido invariable durante siglos, no obstante, en la actualidad, esta perspectiva educativa, basada en la transmisión de información y fundamentada en la metodología expositiva, parece no dar respuesta a las demandas de la sociedad de nuestro tiempo, ni se ajusta a los principios de la construcción del conocimiento que definen la mayor parte de las reformas educativas que han tenido lugar en los últimos años (De la Torre, 2000). Este mismo autor sostiene que mientras la universidad continua centrada en la cantidad de conocimiento memorizado a corto plazo por el alumnado, los aspectos prioritarios en la sociedad del conocimiento de hoy giran en torno a aprender a resolver problemas, desarrollar la creatividad, la capacidad de innovación y el espíritu crítico. La educación, con sus programas y métodos, debe lograr que el ser humano llegue a ser sujeto, se construya como persona, transforme el mundo y entable con el mundo y con los demás relaciones de comunicación y reciprocidad. Para esto se requiere un cambio en los protagonistas del proceso ya que los métodos pedagógicos tradicionales lo dificultan.

Autores como Moreno (2007, citado por Acosta y García, 2012) sostienen que el docente universitario pocas veces utiliza estrategias constructivistas, ya que generalmente ejerce su rol priorizando la función de planificador y evaluador,

preocupándose solo por el producto del proceso puesto en evidencia en las evaluaciones. Mientras que el objeto exclusivo de la formación en este contexto ha estado representado tradicionalmente por las competencias estrictamente intelectuales vinculadas al dominio de un campo de conocimiento, en la actualidad esto genera una especial controversia y plantea un escenario de cambio, quizá más profundo, para dar lugar en los programas universitarios al desarrollo de competencias de corte profesional (Prieto Navarro, 2008). En este nuevo contexto los enfoques basados en competencias intentan reducir la brecha entre el mundo educativo y el del trabajo, entre la formación teórica y la formación práctica, entre la competencia académica y la profesional.

Particularmente la universidad, apoyándose en su libertad para elaborar e implementar planes de estudio, debe estimular en los futuros profesionales esas capacidades para que puedan percibir la relevancia de sus aprendizajes, asociarlos a la vida cotidiana, pensar por sí mismo, cuestionar la información y la realidad social, justificar sus argumentos, tomar decisiones acertadas y solucionar problemas complejos. Este es el mayor privilegio que tienen los docentes universitarios y a su vez la mayor responsabilidad (Sanz de Acedo Lizarraga, 2010).

Como se mencionó anteriormente, desde hace ya algunos años el término competencia se ha incorporado plenamente al discurso educativo. Las competencias como objeto de la enseñanza y del aprendizaje parecería que vienen a asumir un papel protagonista hasta ahora concedido a los conocimientos o saberes en la concepción tradicional de la formación. Para ello es necesario afianzar desde la formación universitaria, los vínculos entre la enseñanza superior, el mundo del trabajo y otros sectores de la sociedad. También será necesario revisar los planes de estudio para adaptarlos mejor a las prácticas profesionales e integrar la teoría a la formación del trabajo (Prieto Navarro, 2008). Este mismo autor considera que en la universidad podrían plantearse dos paradigmas, uno centrado en lo que hace el profesor y otro centrado en el alumno y sus resultados. En este último caso, una enseñanza centrada en el aprendizaje supone para el alumno un rol más activo, con mayor compromiso y responsabilidad por su propio aprendizaje.

Frente a esto sería necesario que el docente realice un giro significativo en su rol, desde diferentes puntos de vista (pedagógico, epistemológico y psicosocial), en el que se haga indispensable la búsqueda de nuevas estrategias alternativas que tomen en consideración los principios de creatividad, calidad, competencia y colaboración (López Noguero, 2007). Cabe considerar que resultará complicado para muchos docentes universitarios

iniciar algún trabajo educativo con enfoques diferentes a su formación profesional; esto es porque cada uno ya tiene un modelo casi mítico de educador y pensarlo de otra forma supone una ruptura de esquemas que no todos están dispuestos a hacer. Por eso resultaría difícil creer que un profesor universitario, cuya formación académica proviene de cánones educativos tradicionales, se pueda encontrar predispuesto a otro tipo de clases diferentes a las que siempre ha conocido, y mucho menos aún hacerlo de un día para otro. Para evitar esto podría pensarse en una enseñanza más centrada en el aprendizaje del alumno sin tener que desterrar necesariamente la lección magistral, la cual cumple una función didáctica obvia y constituye una excelente oportunidad de aprendizaje. Pueden haber clases magistrales meramente expositivas o más bien interactivas, diseñadas como un espacio para clarificar y simplificar cuestiones complejas y a la vez plantear a los alumnos preguntas importantes, sugerentes y motivadoras (Prieto Navarro, 2008). En coincidencia con López Noguero (2007) se considera que la calidad educativa en el nivel universitario se logrará en la medida en que esta institución pueda dar respuesta a los requerimientos sociales y que consiga adaptarse por medio de cambios oportunos al ritmo cambiante de la sociedad.

4.2 Las trayectorias educativas de los estudiantes universitarios

El sistema educativo define, a través de su organización y sus determinantes, lo que se denomina trayectorias escolares teóricas. Las trayectorias teóricas expresan itinerarios en el sistema que siguen una progresión lineal prevista (Terigi, 2007). Sin embargo, las trayectorias concretas de los estudiantes no suelen ser idénticas a esas programaciones teóricas. Es entonces que el concepto de trayectoria educativa refiere a las múltiples formas en que los alumnos transitan y han transitado su experiencia educativa. La misma podrá incluir el trayecto escolar, con sus distintos niveles educativos formales, además de la orientación particular del colegio secundario, o antiguo polimodal (artística, ciencias sociales, ciencias naturales, etc.). La trayectoria educativa también podrá incluir otros niveles educativos por los cuales el alumno hubiera transitado, como el nivel superior, terciario o universitario, los que pueden haber sido atravesados por el alumno de manera completa o incompleta (de Garay Sánchez y Sánchez Medina, 2012). Para Terigi (2007), tres rasgos del sistema educativo son especialmente relevantes para la estructuración de las trayectorias teóricas: la organización del sistema por niveles; la

gradualidad del currículo y la anualización de los grados de instrucción. La interacción de estos tres rasgos permite anticipar las trayectorias teóricas de los estudiantes en el sistema. De este modo, se espera que el ingreso se produzca a una determinada edad y es esperable que el egreso también sea a una determinada edad, producto de recorridos homogéneos y lineales, año a año. Lo esperable va en contrapunto con la realidad de los sistemas educativos en los que los niños y los jóvenes transitan su educación formal de manera heterogénea, variable y contingente. Esta misma autora sostiene que en este contexto resulta importante atender a la o las trayectorias educativas de los alumnos ya que el análisis de las dificultades que experimentan los jóvenes en los primeros años de la universidad suele tener algún tipo de relación con los logros y déficit de los niveles precedentes. Las trayectorias signadas por la discontinuidad o sancionadas por el fracaso pueden generar una base endeble para la adquisición de nuevos aprendizajes.

Durante el primer año de la carrera universitaria se produce, de manera frecuente, la ruptura de tipo pedagógica, cultural y generacional respecto del nivel secundario, es decir el pasaje de un nivel educativo a otro puede provocar en los jóvenes la sensación de ingresar en un universo desconocido que rompe muchas veces con el universo familiar del que provienen. Esta sensación, claramente, puede no ser compartida por todos los ingresantes pero aquellos recién egresados del colegio secundario deberán reestructurar por ejemplo, lo que habría sido la relación maestro o profesor- alumno, para dar lugar, en mayor medida, a relaciones basadas en el compromiso y la responsabilidad individual (de Garay Sánchez et al., 2012).

La universidad está organizada para desarrollar la especialización del saber y el conocimiento, en relación diferencial al sistema educativo precedente que apunta a una formación genérica (Terigi, 2007). Meirieu (1998) utiliza una metáfora clara para referir a las articulaciones, que en este caso podrían ser entre el nivel secundario y el universitario, y es la de "tender puentes". Las orillas a las que llegan esos puentes son diferentes. Entre una costa y otra hay diferencias, una puede parecerle desordenada a la otra, fuera de lugar, con otros tiempos. El "tender puentes" acerca, permite ver al otro de cara, de frente, que no es lo mismo que enfrentado. Para ello son necesarios algunos requisitos tanto por parte del estudiante (ligados por ejemplo a su deseo de aprender) y como por parte del docente (como por ejemplo, su deseo de enseñar) y de ambos a la vez. El docente podría ponerse en el lugar del alumno en este camino que se va recorriendo, pero con algunas limitaciones, por ejemplo no puede inventar o suplantar esa decisión que sólo el otro puede tomar. Pero sí puede y tiene como responsabilidad,

en tanto formador, resguardar las condiciones habilitadoras de la formación de los estudiantes. Pensar en la implementación de dispositivos que tengan como objeto la trayectoria, es poner como eje de la cuestión el tema de las articulaciones necesarias al interior de la institución formadora (Nicastro y Greco, 2009).

4.3 Interrelaciones entre la Biología y la Psicología

Son muchos los autores que vinculan a la Biología con la Psicología (Ansermet y Magistretti, 2006; Audisio, 2009; Bruner, 1996; Damasio, 2013; Sacks, 2002).

El neurólogo inglés Oliver Sacks sostiene que la relación entre el cerebro y la mente comenzó a establecerse en 1861 cuando Broca relacionó dificultades en el habla de un paciente (afasia) con una lesión en una porción determinada del hemisferio izquierdo del cerebro. En ese tiempo, un observador agudo como Freud, completa esta idea al describir la agnosia como trastorno del reconocimiento y la percepción de estímulos previamente aprendidos. En su opinión hacía falta una nueva ciencia, un poco más compleja, para atender estos trastornos. Es por eso que durante la Segunda Guerra Mundial, en Rusia, afloró bajo el nombre de “neuropsicología” una nueva idea de cerebro/mente, de la mano de científicos como Luria, Leontev, Anokhin, Bernstein, entre otros (Sacks, 2002).

Tal como lo plantea Audisio (2009) el neurobiólogo Eric Kandel (2007), destacado investigador de las bases moleculares de la plasticidad sináptica y de su relación con el aprendizaje y la memoria, propuso que resultaría necesario un esfuerzo sinérgico entre la Biología y el psicoanálisis, reconociendo los aportes revolucionarios de esta última para la comprensión de la vida psíquica y considerando que la Biología, por su parte, puede contribuir al análisis de los diversos procesos inconscientes, en la psicopatología y los efectos de la psicoterapia. En este sentido, Kandel afirma que las terapias psicológicas conducen a cambios en la expresión génica de las células nerviosas. Para este mismo autor el cerebro es un órgano biológico complejo con gran capacidad de procesamiento y construcción de experiencias, regula los pensamientos y las emociones de los sujetos, además de actos complejos como: pensar, hablar y crear. Desde esta perspectiva, la mente es un conjunto de operaciones que lleva a cabo el cerebro.

Otro destacado autor y neurólogo, Antonio Damasio, dedicado al estudio neurofisiológico de la memoria, las emociones y la conciencia, propone en su libro: “El

error de Descartes” (2013), que ese “error” consistió en plantear la separación entre la mente y el cuerpo. Para Damasio (2013) los procesos mentales no son fenómenos de un cerebro aislado, sino que derivan del organismo entero como un todo, reflejando las interacciones del cerebro y el resto del cuerpo, y de estos con el ambiente. Para él las estrategias de la razón humana son encausadas por las emociones. Este mismo autor desarrolló además, el concepto de “marcador somático”, según el cual el cerebro almacena asociaciones entre estados del cuerpo y determinadas percepciones, donde el estado somático da sentido emocional a la percepción (Ansermet et al., 2006; Audisio, 2009).

Para Sigmund Freud (1856-1939), médico y máximo referente del psicoanálisis, la interacción entre el psiquismo y los aspectos biológicos es clara. En el “Proyecto de Psicología” de 1895, intenta realizar una descripción de la Psicología humana empleando conocimientos neurológicos. Este autor considera que la actividad del alma se liga con la función del cerebro como no lo hace con ningún otro órgano (Audisio, 2009).

Otros dos científicos, F. Ansermet y P. Magistretti (2006), el primero de ellos psicoanalista y el segundo neurobiólogo, se asociaron en la publicación del libro “A cada cual su cerebro. Plasticidad neuronal e inconsciente” en el que plantean las relaciones entre el psicoanálisis y las neurociencias a través del concepto de *plasticidad neuronal*, según el cual las conexiones entre las neuronas (sinapsis) sufren remodelaciones permanentes en función de la experiencia vivida. La plasticidad, considerada hoy en la base de los mecanismos de la memoria y el aprendizaje, ha permitido el abandono de una visión estática del sistema nervioso. La experiencia y los cambios que esta promueve, son huellas sinápticas. Considerando que las experiencias son únicas para cada persona, la estructura de su sistema nervioso resultaría también singular, más allá de los determinantes genéticos. Por otra parte, estos mismos autores trabajan con el concepto de huella mnémica proveniente del psicoanálisis. Entonces, relacionando los conceptos de huella sináptica y huella mnémica, asociados a los “marcadores somáticos” de Damasio, proponen un modelo del inconsciente integrando principios del psicoanálisis con los recientes resultados de la neurobiología.

En coherencia con esta línea de pensamiento, Bruner (1996) manifiesta que:

La Psicología del futuro debe, casi como una condición para su existencia fructífera, mantener la vista tanto en lo biológico como en lo cultural y hacerlo prestando la atención adecuada a cómo esas fuerzas conformadoras interactúan en una situación local (p.185).

4.4 La enseñanza de Biología Humana en la carrera de Psicología

La noción de hombre está fragmentada entre diferentes disciplinas biológicas y todas las disciplinas de las ciencias humanas: la psiquis es estudiada por un lado, el cerebro por otro, el organismo por un tercero, los genes, la cultura, etc. Estos aspectos múltiples de una realidad humana compleja no pueden tener sentido si no se los vincula a esa realidad, en lugar de ignorarla (Morin, 2001).

Considerando que la educación tiene entre sus metas formar personas que puedan tener un pensamiento crítico e independiente y que puedan actuar en pro del desarrollo social y colectivo, los hallazgos de las Neurociencias sociales en cuanto a conexiones entre cognición y emociones, tienen el potencial de revolucionar la comprensión del aprendizaje en el contexto del aula (Immordino-Yang et al., 2007, citados por Bacigalupe y Mancini, 2014). El científico Vincent (1995, citado por Bacigalupe et al., 2014), representante de la organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), define a las Neurociencias como:

(...) una nueva disciplina que comprende la biología del sistema nervioso y las ciencias del hombre y la sociedad, en conjunto con las ciencias "duras" (matemática, física), abarcando desde los aspectos más teóricos y abstractos hasta las aproximaciones médicas, tecnológicas e industriales. De hecho, hay pocas áreas del conocimiento que no se tocan de algún modo con las neurociencias. Mediante su poder creativo, estas ciencias sostienen la esperanza de contribuir a un mayor bienestar del hombre aliviando su dolor, curando y atendiendo a sus enfermedades, mejorando su rendimiento, prolongando su vida y retardando el proceso de envejecimiento (p.434).

Esta nueva perspectiva pone en consideración que en asignaturas tales como Biología Humana, inserta en el contexto de una carrera de las ciencias sociales como es la Psicología, no debería esperarse necesariamente que los alumnos puedan repetir la neuroanatomía del sistema nervioso sino que puedan comprender los aportes que desde las Neurociencias se puedan sumar al estudio del hombre y sus emociones. En concordancia con las ideas de Morin (2001) la ciencia progresa destruyendo el aislamiento de las disciplinas. Una Neurociencia de y con la educación debe ser capaz de discutir conceptos como identidad, historia, socialización, género, competencias y demás, en conjunto con las otras disciplinas de las ciencias sociales (historia,

antropología, psicología, pedagogía, didáctica, sociología y otras) y de las naturales (genética, biología, neuroanatomía, fisiología, etc.), compartiendo enfoques, intercambiando perspectivas y buscando convergencias en función de los fines de la educación (Bacigalupe et al., 2014).

El autor Rubén Ardila (2007), referente de la Psicología latinoamericana, agrega que la Psicología, definida como la ciencia que estudia el comportamiento de los organismos, es al mismo tiempo ciencia natural y ciencia social.

Autores estadounidenses como Carr y Rand (citados por Audisio, 2013) proponen que los psicólogos deberían formarse sólidamente en las ciencias biológicas ya que la Psicología permanece en un estado de aislamiento con respecto a otras ciencias y esto se debería, entre otros factores, a la perpetuación del dualismo mente-cuerpo. Estos mismos autores sostienen que este enfoque les permitirá a los futuros psicólogos participar en investigaciones interdisciplinarias en el campo de salud ya que los problemas que enfrenta actualmente la Psicología, y la complejidad de su objeto de estudio, requieren de una pluralidad de conocimientos y una capacitación integral. Con esta convergencia se intenta superar la fragmentación y segmentación histórica de la educación que atraviesa tanto lo institucional como lo sistemático, tanto la teoría como la práctica misma.

El programa vigente de la materia Biología Humana (2011) en el que se enmarca el presente trabajo de tesis, sostiene en su fundamentación que:

(...) la complejidad del objeto de estudio de la Biología Humana, tal como se ha descrito, amerita un abordaje interdisciplinario que en la situación de enseñanza-aprendizaje, como la que se pretende implementar, se traduce en la posibilidad de integrar campos conceptuales de distintas disciplinas. Se trata de una integración didáctica a través de la cual se aspira a que los estudiantes de Psicología se apropien de un modo amplio y profundo de los objetos de conocimiento (Vestfrid y Luis, 2011:4).

La práctica se enfrenta, en algunos casos, con la resistencia y falta de interés por parte de los estudiantes quienes no perciben la relación entre la Biología y la Psicología; se suma a esto el desacuerdo de algunos psicólogos frente a este nuevo enfoque, ya que podrían sentir amenazada la independencia de sus prácticas profesionales (Audisio, 2013).

4.5 Biología Humana como materia del plan de estudio de la carrera de Psicología en la UNLP

La asignatura Biología Humana se incluye en el campo disciplinar de la Neurociencia y se ubica en el primer año de las carreras de Licenciatura y Profesorado en Psicología. Por su ubicación en el primer año no reconoce asignaturas correlativas precedentes. Biología Humana es correlativa para cursar y rendir Neuroanatomía y Neurofisiología de tercer año; con final aprobado para cursar Psicopatología I y Psicopatología II.

Esta ubicación en la currícula determina que los conocimientos previos de muchos de los alumnos son los que traen del nivel secundario del sistema educativo (o eventualmente de alguna otra carrera cursada y/o finalizada). Desde el programa vigente de la materia Biología Humana se propone el abordaje de conocimientos biológicos que les permitan a los estudiantes reconocer que la dimensión biológica es necesaria, aunque no suficiente, para comprender procesos anátomo-fisiológicos y neurofisiológicos de mayor complejidad que se desarrollarán en asignaturas de años superiores (Vestfrid et al., 2011). En la fundamentación de la materia los docentes a cargo de la cátedra enuncian que la Biología Humana integra, junto a otras disciplinas, el paradigma dominante actual constituido por las Neurociencias; algunas de esas disciplinas comprenden a la Psicología fisiológica, la Psicofarmacología, la Neuropsicología, la Neurología cognitiva y la Psicología comparada. Vestfrid et al. (2011) expresan:

(...) con relación a la Psicobiología comparte el criterio según el cual las funciones psicológicas son determinadas por el modo de vida y constituyen un producto complejo del devenir sociohistórico, influencia que viene de la Psicología soviética de mediados del siglo XX. Autores como Vigotsky y Luria promovieron la creación del enfoque histórico-cultural para abordar el estudio de la conducta humana. Desde esta concepción la actividad psíquica puede ser comprendida y explicada solo si se analiza no como producto directo del funcionamiento biológico (del sistema nervioso) sino como producto del desarrollo histórico concreto del hombre y como resultado de la actividad sobre la base de la existencia de ciertos órganos biológicos que garantizan su realización. La existencia de lo biológico, de lo genético, es condición necesaria pero no suficiente (p.23).

El programa de la materia Biología Humana está organizado a partir de 9 ejes articuladores, seleccionados en base a los alcances del recorte disciplinar en el campo profesional e investigativo, así como en su ubicación en el plan de estudios de la carrera.

Dichos ejes articuladores son:

- 1.- De la Biología Humana a la Psicología.
- 2.- La materia viva y la célula: la neurona.
- 3.- Los tejidos y el tejido nervioso: la sinapsis.
- 4.- La continuidad de la vida.
- 5.- Herencia y ambiente.
- 6.- Integración y control (I): El sistema endocrino.
- 7.- Integración y control (II): El sistema nervioso.
- 8.- Reproducción y desarrollo humano.
- 9.- La evolución y la hominización.

La segunda unidad incluye a la neurona como modelo de célula eucariota, su estructura y su dinámica funcional. Es en esta unidad en la que estaría incluido el contenido en cuestión de este trabajo de Tesis. A continuación se cita textualmente la unidad núm. 2 del programa de la materia (2011:8).

UNIDAD 2

La materia viva y la célula: la neurona.

-La materia viva: características generales, organización fisicoquímica, componentes y propiedades.

-Ácidos nucleicos: tipos y variedades, estructura molecular, localización y función.

-La célula: concepto, forma, tamaño y características generales.

-La membrana celular: composición y organización molecular.

-Matriz citoplasmática: sistema de endomembranas, organoides, inclusiones y diferenciaciones.

-El citoesqueleto: componentes.

-El núcleo interfásico: componentes y características funcionales.

-Metabolismo celular: nociones sobre actividad enzimática y las transformaciones de energía.

-La neurona como ejemplo de diferenciación y especialización celular.

-Las neuronas espejo.

Las clases teóricas son cursadas por los alumnos durante el segundo cuatrimestre del año, con una frecuencia de 2 encuentros a la semana, con una duración de 2 horas cada

clase. Aquellos estudiantes que cursen esta materia deben asistir de manera obligatoria a una comisión de trabajos prácticos de 2 horas semanales. Estos trabajos prácticos incluyen 8 encuentros, más las 2 instancias de evaluación parcial. Entre los primeros 4 trabajos prácticos se incluye el estudio de las células, su clasificación, estructura y función, siendo el modelo de membrana citoplasmática trabajado en este contexto.

De acuerdo al "Régimen de Enseñanza y Promoción" vigente en la Facultad de Psicología (UNLP), esta asignatura estipula dos modalidades diferentes a seleccionar, en principio, por los alumnos:

Promoción con evaluación parcial y examen final

En este caso, se dictarán 8 trabajos prácticos de 2 horas de duración cada uno, divididos en 2 ciclos de 4 trabajos prácticos. Al finalizar cada ciclo se examinarán los conocimientos adquiridos por los estudiantes por medio de un examen parcial escrito. Los mismos deben ser aprobados con 4 puntos (escala del 1-10) o más; cada uno posee una instancia de recuperación. Se considerará aprobada la cursada cuando los alumnos hayan cumplido con el 85% de asistencia y el 100% de los parciales aprobados. Una vez aprobada la cursada de trabajos prácticos de la materia, el estudiante quedará en condiciones de rendir el examen final en una de las mesas establecidas en el calendario académico anual de la Facultad de Psicología (UNLP).

ARTICULO 32° (ex 14): Los alumnos que desaprueben 1 de los 2 parciales en su instancia de recuperación correspondiente, tendrán una oportunidad extra para rendirlo nuevamente.

Promoción especial sin examen final

Todos los alumnos que se inscriben en la asignatura tienen la opción de aprobarla por este sistema. A tal efecto deberán cumplir con el 80% de asistencia a las clases teóricas y aprobar en esta oportunidad, 4 exámenes parciales:

- 2 de los trabajos prácticos
- 2 de los contenidos que se dictan en las clases teóricas,

En ambos casos con 6 puntos o más (escala 1-10) en primera instancia.

El alumno que obtiene la puntuación indicada aprueba la materia por promoción sin examen final. Aquel que no alcanzara las puntuaciones mencionadas continuará cursando de manera regular; si aprueba la cursada de trabajos prácticos, quedará en condiciones de rendir el examen final.

4.6 La enseñanza de la célula como contenido de la Biología Humana

En coincidencia con Rodríguez Palmero y Moreira (2002) no cabe duda que la célula es uno de esos conceptos científicos que tienen justificada su presencia en el programa de materias como Biología Humana, ya que este contenido condiciona y articula la comprensión de la estructura y la función de todo ser vivo. Los alumnos en los primeros años de la educación universitaria manifiestan tener algunas nociones básicas de las células, aunque algunas veces un tanto alejadas del “concepto científico” que para ellos puede resultar difícil de comprender. Entre las ideas previas de los alumnos vinculadas a esta temática se destacan la composición celular en términos descriptivos, vinculados a la clasificación estructural de las células en procariotas y eucariotas, la idea de que la célula realiza funciones vitales y que constituye la unidad de vida; vale aclarar que muchas veces esos conocimientos no son aplicados o transferidos adecuadamente por los estudiantes a la hora de establecer relaciones entre estructura y función o entre niveles de organización de la materia viva (Buitrago Reinoso, 2014).

Es probable que el nivel de conocimiento de los alumnos sobre el tema esté condicionado por sus trayectorias educativas. Por eso resultaría posible pensar que aquellos estudiantes que hubieran cursado el nivel secundario con orientación en ciencias naturales o bien aquellos que hubieran realizado estudios superiores relacionados con estas ciencias, tendrán mayores o mejores nociones construidas en torno a la célula.

Autores como Buitrago Reinoso (2014) sostienen que para el propio profesorado se dificulta la enseñanza del funcionamiento celular ya que supone muchos conceptos complejos, como el de respiración celular, fotosíntesis, mitosis, meiosis, etc., y aclaran que este problema no es nuevo. En torno a la enseñanza y el aprendizaje de las nociones vinculadas a las células pueden identificarse una serie de obstáculos que son necesarios considerar a la hora de diseñar y secuenciar las actividades áulicas. La noción de obstáculo es tomada de Bachelard (citado por Santamaría Cortes et al., 2012) quien lo

define como aquellas limitaciones o impedimentos que afectan la capacidad de los individuos para construir el conocimiento real o empírico. Frente a estos obstáculos el estudiante puede confundirse provocando que este conocimiento científico no se adquiera de una manera correcta, afectando de este modo su aprendizaje. Entre los obstáculos asociados al tema célula podrían mencionarse: 1) la representación del tamaño de la célula y sus dimensiones, las cuales requieren el trabajo con escala microscópica; 2) la representación abstracta de estructuras y relaciones complejas que debe realizar el aprendiz; 3) la interpretación de gráficos, que tal como lo propone Perales Palacios (2006) requieren de la mediación docente; 4) los libros de textos que refuerzan un idea estática de las células con modelos repetitivos (célula eucariota redonda) o bien la concepción de “huevo frito” como analogía incorrecta e incompleta; se suman a esto, 5) la dificultad que tienen muchos alumnos para correlacionar una célula en un organismo pluricelular (como el ser humano) y finalmente 6) la terminología propia de la disciplina y del contenido en particular; los nombres de las partes y las funciones de las células suelen resultar complejos para los alumnos (San Martín y Sánchez Soto, 2009). Tal como lo propone Rodríguez Palmero (2001), dado que las dificultades en torno a este tema y en los diferentes niveles de enseñanza siguen siendo evidentes, se hace necesario que se aborden más investigaciones al respecto y se indaguen cuáles son los mecanismos cognitivos puestos en juego por el alumnado cuando debe trabajar con este contenido. Esto podría constituir un gran aporte a la didáctica de las ciencias naturales que redundará no solo en la mejora de la enseñanza sino también en el aprendizaje de los alumnos.

CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA

5.1 Fundamentación metodológica

La investigación educativa se constituye a partir del aporte de numerosas disciplinas como la Economía, la Psicología, la Antropología, la Pedagogía, etc. (Piña Osorio, 1997). Se entiende a la investigación como una búsqueda científica y sistemática que se propone describir, explicar, comprender e interpretar los fenómenos educativos. Pueden distinguirse dos modalidades de investigación: cuantitativa y cualitativa (McMillan y Schumacher, 2005).

Según Taylor y Bogdan (2000) el enfoque cuantitativo se basa en métodos de verificación de hipótesis o predictivos y a través de la aplicación de este enfoque, los investigadores obtienen datos diseñando un instrumento que se aplica a un número representativo de muestras, se miden variables, se tabulan los datos y se describen estadísticamente, para luego poder interpretarlos, extraer conclusiones y generalizar resultados.

Por su parte, los métodos cualitativos (también llamados interpretativos) tienen como propósito la comprensión e interpretación del problema. Su finalidad se relaciona, en este contexto, con la descripción y análisis de los fenómenos educativos como parte de los fenómenos sociales (McMillan et al., 2005).

La perspectiva de la metodología cualitativa es holística, global; no se inicia necesariamente a partir del planteamiento de una hipótesis que hay que poner a prueba. El diseño de este tipo de investigaciones es flexible, es decir, abierto a cambios y redefiniciones, incluso se pueden incorporar hallazgos que no se habían previsto con anterioridad. Las muestras con las que se trabaja no son seleccionadas por métodos estadísticos, sino a partir del interés del investigador. Muchas veces los investigadores cualitativos intentan penetrar en el interior de las personas y entenderlas, poniéndose en su lugar, hacen inmersión en la situación e interactúan con el objeto de estudio. El análisis de los resultados responde a interpretaciones de tipo subjetiva, a comparación de los métodos cuantitativos que arrojan datos considerados relativamente más "objetivos" (McMillan et al., 2005).

En este trabajo de tesis se seleccionó una estrategia metodológica mixta con dominancia cuantitativa secuencial (Creswell, Plano Clark, Gutmann y Hanson, 2003). Se utilizó

como instrumento una encuesta que fue analizada cuantitativamente y, de manera complementaria y sucesivamente, también de modo cualitativo. Para ello debieron establecerse *a posteriori*, es decir a partir de las respuestas obtenidas, diferentes categorías de análisis.

Esta elección se justifica en la problemática a abordar, donde será necesario recoger datos cuantitativos y construir datos cualitativos que permitan, al combinarlos, una mejor caracterización de los modelos mentales de los estudiantes universitarios respecto al modelo de membrana citoplasmática, considerando sus trayectorias educacionales y la relevancia para el proceso de enseñanza aprendizaje.

En la actualidad los esfuerzos de la investigación en didáctica de las ciencias se han encaminado en la búsqueda de la complementariedad y compatibilidad entre los enfoques cualitativo y cuantitativo, que en algún momento de la historia han estado distanciados. Autores como Cook y Reichardt (1986) opinan que no hay que limitarse a una u otra perspectiva metodológica, cuando pueden elegirse atributos de ambos con la finalidad de atender mejor a las exigencias de la investigación. Este es el motivo por el cual en el presente trabajo se ha optado por una metodología mixta.

5.2 Determinación y descripción de la muestra

La población de la cual se tomaron las muestras está constituida por los estudiantes regulares de la carrera de Psicología de la UNLP que cursaron la materia Biología Humana en el año 2013 o con anterioridad.

La muestra se constituyó con 70 alumnos ($n=70$) que cumplieron con las características arriba mencionadas; la selección de los estudiantes se hizo en las mesas de exámenes finales de noviembre-diciembre de 2014 y durante el ciclo de cursada de verano del año 2015. Para ello se le preguntaba a cada alumno, sin identificarlo previamente ni saber de su presencia previo al momento del contacto, si quería participar y, si aceptaba, se aplicaba la encuesta.

El cuestionario fue implementado en primera instancia con 5 alumnos que asistieron a la mesa de examen de la materia Neuroanatomía y Neurofisiología (correlativa con Biología Humana) en el mes de noviembre de 2014. Posteriormente se encuestaron a 24 alumnos en la mesa de examen de la misma materia en el mes de diciembre. El resto

de alumnos encuestados (41), contestó el cuestionario durante la cursada de verano del ciclo 2015 (febrero- marzo) en la materia Neuroanatomía y Neurofisiología.

Teniendo en cuenta que con este estudio no se pretende generalizar los resultados, se considera que el número alcanzado de participantes que forman parte de la muestra es suficiente para el desarrollo de esta investigación. En ese sentido, se adhiere a lo expresado por Samaja (2004), quien propone que:

(...) la cuestión de cantidad de sujetos queda abierta: podrán estudiarse un único sujeto, unos pocos, o grandes cantidades; no hay pues, criterios formales sino criterios sustantivos para tomar una decisión. El mayor o menor provecho no resulta directamente de las cantidades sino de que las características de los sujetos escogidos sean pertinentes al tipo de preguntas que tiene planteada la investigación (p.269).

Para la aplicación del instrumento se contactó a las autoridades de la Facultad de Psicología y a los docentes a cargo de la cátedra de Neuroanatomía y Neurofisiología para solicitar el permiso necesario para la intervención.

5.3 Métodos, técnicas y análisis de datos

La técnica utilizada fue la encuesta. Esta técnica de recolección de datos es muy habitual en la investigación educativa; para ello el investigador construye un conjunto de preguntas adecuadas y le pide al sujeto que las conteste (McMillan et al., 2005). La encuesta diseñada para este trabajo de tesis fue de base semi estructurada, ya que tiene la particularidad de contar con preguntas cerradas y abiertas. Las preguntas cerradas ofrecen al usuario que va a ser evaluado todas las alternativas posibles, o al menos todas aquellas que mejor responden a la situación que se desea conocer. El sujeto tiene que elegir alguna o algunas, poniendo una señal convenida: una cruz, rodear con un círculo o subrayar. Se incluyen en esta categoría preguntas con la opción afirmativa y negativa, y, a veces, no sé/sin opinión (Azofra, 1999). Una de las posibles desventajas de este tipo de preguntas es que en algunas ocasiones ninguna de las categorías representa con exactitud lo que la persona opina (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2006).

Por su parte, las preguntas abiertas, no ofrecen ninguna categoría para elegir. Sólo contienen la pregunta y no proponen ningún tipo de opción de antemano, por el

contrario favorecen la elaboración de respuestas con mayor libertad por parte del sujeto que completa el cuestionario (Azofra, 1999).

La encuesta diseñada para esta investigación (Anexo 1) constó de una primera sección, dedicada a obtener datos demográficos, curriculares e históricos (año de egreso del colegio secundario y orientación del título de ese nivel), una segunda parte orientada a la identificación del modelo de membrana citoplasmática, incluida su denominación y su representación gráfica y una tercera parte, que se entregaba al alumno una vez completadas las dos primeras, dedicada a la interpretación del modelo, reconocimiento de imágenes de membranas citoplasmáticas, incluyendo la denominación personal. Como último ítem se les solicitó a los alumnos encuestados que evaluaran si los contenidos vinculados al tema célula vistos en la materia Biología Humana les resultaron fáciles o difíciles de comprender y que argumentaran su respuesta.

Con la intención de detectar posibles errores en la confección del instrumento, se realizó una prueba piloto en la que participaron 5 alumnos que concurrieron a rendir el final de la materia Neuroanatomía y Neurofisiología en el turno de octubre de 2014. Autores como Hernández Sampieri et al. (2006) consideran que una prueba piloto consiste en tomar una pequeña muestra y que los resultados obtenidos en la misma sirvan para analizar el grado de confiabilidad y validez del instrumento. Durante la toma de los cuestionarios para esta prueba se les consultó a los estudiantes acerca de la claridad de las preguntas suministradas. Frente a una respuesta afirmativa y el análisis de las respuestas brindadas, se resolvió que este sería su forma definitiva. Debido a que la materia Biología Humana puede ser promocionada sin examen final, en la primera parte de la encuesta, se incorporó el subítem *promoción* sin examen final como alternativa a si había rendido el final de la materia.

Para el tratamiento de los datos se realizó un análisis descriptivo, de frecuencias y relaciones entre variables. Se utilizaron los programas Excel de Microsoft Office y SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versión 17. El análisis de datos incluyó estadística descriptiva, diferencia de medias (Análisis de varianza -ANOVA) y pruebas de chi cuadrado para tablas de contingencia. Cuando la frecuencia esperada fue inferior a 5 en más de 1 casilla en tablas de contingencia se calculó el test exacto de Fisher. El nivel de significatividad aceptado fue $p \leq 0,05$.

5.4 Descripción de la estructura y categorización de la encuesta

La encuesta fue respondida de forma anónima y se solicitó a cada estudiante que indicara los siguientes datos: edad, dirección electrónica de contacto (e-mail), el año de egreso del colegio secundario, incluida la orientación del mismo y el año de la carrera (Profesorado o Licenciatura en Psicología) que estaba cursando (ver Anexo I). Asimismo se les solicitó que señalaran el año en que habían cursado la materia Biología Humana, como así también si la habían aprobado por el régimen de cursada normal o de promoción sin examen final; en ambos casos se les pidió que incluyeran la calificación obtenida.

Dado que cabía la posibilidad que algún alumno, pudiera estar cursando Neuroanatomía y Neurofisiología sin haber rendido el examen final de Biología Humana, se les preguntó en el cuestionario si habían rendido el final de esta materia. Muchos de estos datos solicitados, sumados a la calificación obtenida fueron útiles a la hora de analizar su relación con las respuestas a las preguntas acerca del modelo de membrana citoplasmática.

Se supone que la educación secundaria es importante ya que es un hito sobre el cual muchas veces la universidad pone el foco para analizar el “éxito” de los alumnos, sobre todo durante las cursadas de las materias de los primeros años tal como los es Biología Humana para la carrera de Psicología. Se asume también que los alumnos que hayan concurrido al colegio secundario con orientación en ciencias naturales podrían tener un mejor rendimiento y una mejor comprensión de los contenidos biológicos respecto de aquellos que hubieran cursado otras orientaciones (por ejemplo, ciencias sociales, economía y gestión). Si bien es esperable que la orientación seguida en la escuela secundaria por los alumnos que eligen estudiar Psicología sea humanística, esto es una asunción que no se da en muchos casos, sea por indefinición del alumno, por imposibilidades de acceso o por otras razones.

Cabe aclarar dos cuestiones vinculadas con la agrupación *a posteriori* de la aplicación del instrumento de las variables "nota" y "orientación del título secundario". Dado que la "nota" es una variable cuantitativa, para el análisis con tablas de contingencia la variable fue cualificada en cuatro categorías: sobresaliente (10), distinguido (8 y 9), bueno (6 y 7) y suficiente (4 y 5).

En cuanto a la variable "orientación del título secundario", si bien para el análisis de frecuencias se utilizó una agrupación de orientaciones más extendida, a fin de ofrecer

una descripción más detallada de esta variable, para el análisis posterior se utilizó una agrupación más acotada con el objetivo de fortalecer los resultados del análisis. De este modo, para obtener las frecuencias la variable "orientación del título secundario" fue categorizada en: 0= no contesta, 1= ciencias sociales, humanidades, pedagogía o bachiller, 2= economía, gestión administración o perito mercantil, 3= comunicación, 4= ciencias naturales y agrarias, 5= informática o electrónica, 6= arte, mientras que cuando se aplicaron las tablas de contingencia y el test de ANOVA esta misma variable fue reorganizada en las siguientes agrupaciones cuantitativas discretas: 0= no contesta, 1= ciencias sociales, humanidades, pedagogía, bachiller, arte y comunicación, 2= economía, gestión, administración, perito mercantil, informática o electrónica, 3= ciencias naturales y agrarias.

La segunda parte la encuesta presentaba 5 preguntas, el primer ítem era una pregunta dicotómica sobre el recuerdo de la denominación del modelo de membrana citoplasmática; en el caso de recordar el nombre, se pedía también que lo mencionaran.

En segundo lugar, se solicitó a los alumnos que dibujaran el modelo de membrana. Como se detalló en el marco teórico precedente, a partir de la consideración de que los modelos mentales son representaciones internas (Moreira, 1996) que los sujetos construyen sobre la base de sus ideas previas sobre un determinado fenómeno para interpretar la realidad, surge la imposibilidad de conocerlos directamente, pero se puede lograr una aproximación a ellos a través de los modelos expresados por diferentes medios (verbalización, gráficos etc.). Los modelos explícitos requieren ser expresados en varios lenguajes. Es decir, se marca una diferencia fundamental entre "modelo mental" y "modelo explícito". Cualquier gráfico, dibujo, maqueta, etc., es una representación concreta y, por lo tanto, tan solo es un aporte comunicacional más para la descripción del modelo explícito (Galagovsky et al., 2009).

En aquellos casos que dibujaran el modelo, las respuestas fueron categorizadas *a posteriori* de la aplicación de la encuesta en 4 categorías:

- a) Completo: en este caso debieran aparecer representadas estructuras similares a la de los fosfolípidos, (cabeza y colas) y estructuras similares a proteínas, como globulares o en forma de tirabuzón.
- b) Incompleto: si en el esquema se observaran representados uno de los dos componentes principales, como por ejemplo, fosfolípidos o proteínas.
- c) Incorrecto: las respuestas fueron incluidas en esta categoría si en el gráfico estuviera representado una célula "completa" o una línea u otro tipo de representación incorrecta.

d) No Contesta.

Una vez completada esta parte de la encuesta, se retiraba la hoja de respuestas y se les suministraba la tercera parte.

En principio, se solicitó a los alumnos que seleccionaran entre tres figuras que representaban el modelo de membrana citoplasmática. Las imágenes fueron extraídas de la bibliografía que forma parte del programa de la materia Biología Humana.

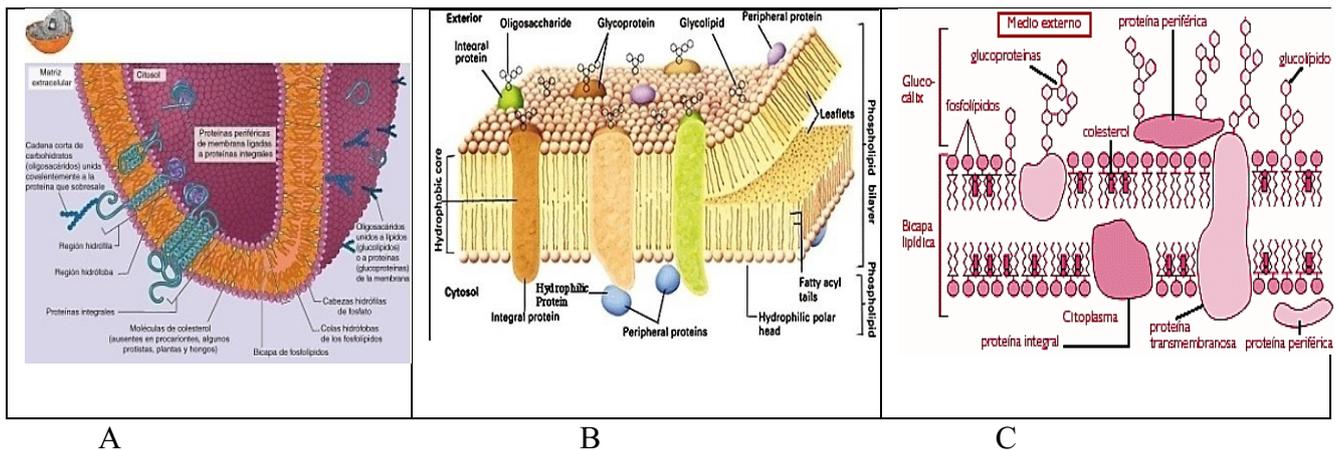


Figura 4. Imagen A extraída de Curtis et al. (2008: 36); Imagen B extraída de Solomon, Berg y Martín (2001: 110); Imagen C extraída de De Robertis et al. (2004: 51).

Para responder a este ítem los alumnos podían elegir entre las siguientes categorías de respuestas:

- a) Gráfico A,
- b) Gráfico B,
- c) Gráfico C,
- d) Todos son correctos,
- e) Ninguno es correcto.

La respuesta esperada a este ítem sería el punto d) Todos son correctos. La presencia de esta pregunta se basa en el supuesto que la identificación de gráficos podía ayudar a los alumnos a recordar la representación del modelo de membrana citoplasmática, sobre todo en aquellos casos que no hubieran respondido el punto 1 de la encuesta en el que se les solicitaba el nombre del modelo y su representación gráfica. Al seleccionar cualquiera de los ítems propuestos debían justificar su elección, de tal modo que la argumentación también ayudara a dar cuenta de la representación mental del modelo del

alumno. *A posteriori* dichas justificaciones se categorizaron atendiendo a las respuestas dadas por los encuestados, de la siguiente forma:

- a) refieren a distintas vistas de una misma estructura (es decir las tres imágenes representan lo mismo pero de diferente manera o en diferentes dimensiones);
- b) refieren a la identificación de los componentes estructurales de la membrana (ejemplo: los alumnos mencionaron en sus respuestas la presencia de lípidos y/o proteínas principalmente);
- c) refieren a la función de la membrana o a alguna cualidad de la misma (ejemplo: en las respuestas los alumnos mencionaron funciones tales como transporte, permeabilidad, selección etc.).

Seguidamente, los estudiantes debían responder a una pregunta de selección múltiple. En este caso se les preguntaba si los dibujos presentados en el punto anterior constituían, a criterio del encuestado:

- a) una imagen de la membrana tal como se la vería en el microscopio electrónico,
- b) representaciones elaboradas por los científicos para facilitar la comprensión de la estructura de la membrana,
- c) las dos opciones son correctas.

Esta pregunta es relevante en su análisis ya que, tal como lo proponen Galagovsky et al. (2001), un experto comprende que un dibujo, una maqueta, un esquema, son representaciones que involucran una simplificación del concepto científico referente, interpreta sus alcances, aplicaciones y limitaciones, sus escalas de trabajo entre el concepto científico y sus representaciones concretas. En cambio, el novato generalmente suele aceptar este tipo de representación como “verdadera”, sustituyendo a la entidad científica, sin comprender la naturaleza mediática y metafórica de las convenciones, correspondencias y simplificaciones utilizadas.

Luego se les solicitó a los alumnos encuestados (pregunta núm. 4, Anexo I) que en el caso de no haber recordado el nombre del modelo científico de la membrana citoplasmática, solicitado en el punto 1, propusieran, utilizando la creatividad, un nombre que les facilitara recordar la estructura y la función de la misma. Aquí las respuestas se categorizaron *a posteriori* de la aplicación, en tres grupos:

- a) propuesta que refería a la estructura de la membrana, es decir sus componentes moleculares, lípidos y proteínas predominantemente;
- b) propuesta que refería a la función de la membrana;
- c) propuesta que aludía a una analogía, más original y creativa.

Finalmente, debían completar un ítem de opinión con selección múltiple y justificación abierta. Se preguntó a los estudiantes si los contenidos de la materia Biología Humana les habían resultado *fáciles de comprender o difíciles de comprender*. La intención de incluir esta pregunta fue promover a los respondientes a manifestar su relación con los contenidos y la terminología de la asignatura y analizar cuáles eran algunas de las variables que facilitaban u obstaculizaban el aprendizaje de estos contenidos. Era de esperar que entre los alumnos que respondieran la alternativa fáciles de comprender aparecieran entre los motivos sus trayectorias escolares o las clases dadas por los docentes en los trabajos prácticos, mientras que entre los que respondieran difíciles de comprender sería esperable que mencionaran que no habían visto estos temas en el colegio secundario, ya sea por la orientación seguida o bien la escasa significatividad de los contenidos del área de las ciencias naturales en una carrera de las ciencias sociales. Sumado a esto se podría partir del supuesto que aquellos alumnos que obtuvieron buenas calificaciones (entre 7 y 10 puntos) en el examen final o en el régimen de promoción sin examen final, responderían de la manera esperada, respecto de aquellos que aprobaron la materia con calificaciones suficientes (4 ó 5).

CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de las encuestas. En principio se describen las características socio-demográficas de los estudiantes encuestados y a continuación los resultados obtenidos a partir del análisis de las respuestas a cada una de las preguntas del instrumento.

6.1 Caracterización de los estudiantes que formaron parte de la muestra

Teniendo en cuenta las características de la población encuestada, se observa que en relación al año en que los estudiantes cursaron la materia Biología Humana, analizando la totalidad de la muestra de estudiantes de la carrera de Psicología ($n=70$), los valores de frecuencia más altos se encuentran entre los años 2011, 2012 y 2013 (mediana: 2012), tal como se presenta en la Figura 5.

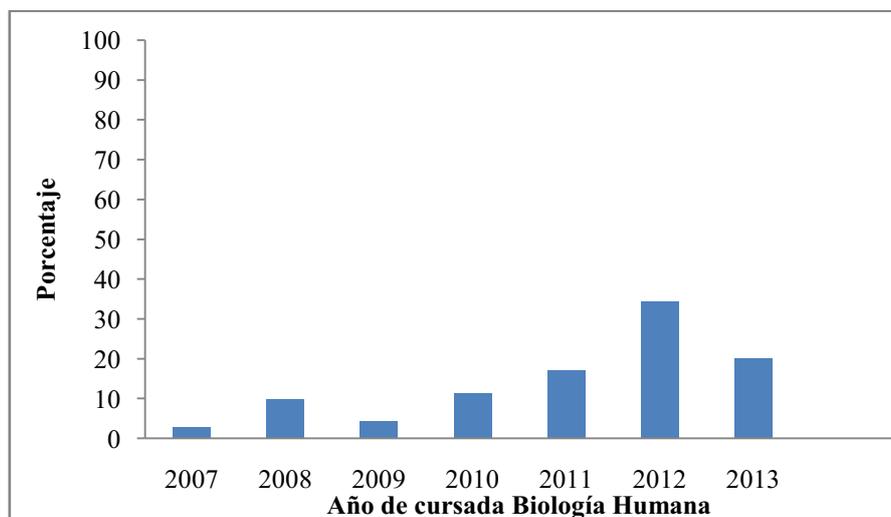


Figura 5. Valores porcentuales respecto del año en que los alumnos encuestados cursaron la materia Biología Humana ($n=70$).

Atendiendo a la edad de los estudiantes encuestados, la mayoría se encuentra en el rango etario de entre 19 y 22 años siendo la media 25.25, mediana 22 años ($n=70$; $DS=7.89$). En la Figura 6 se observan los porcentajes de las edades de los estudiantes encuestados.

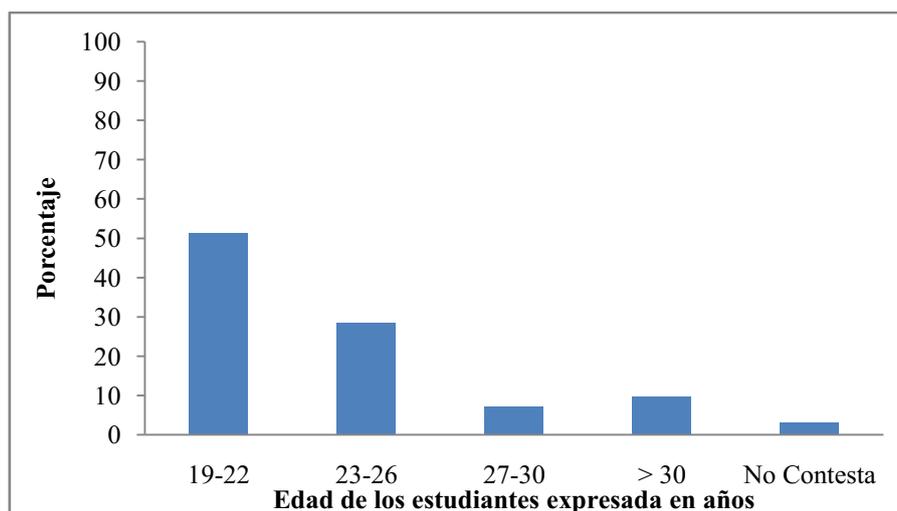


Figura 6. Porcentajes de edades de los encuestados (n=70).

En relación al ítem que indagaba acerca del año en que los estudiantes cursaban al momento de ser encuestados, puede observarse en la Figura 7 que predominantemente cursaban entre 3° y 4° año de la carrera de Psicología.

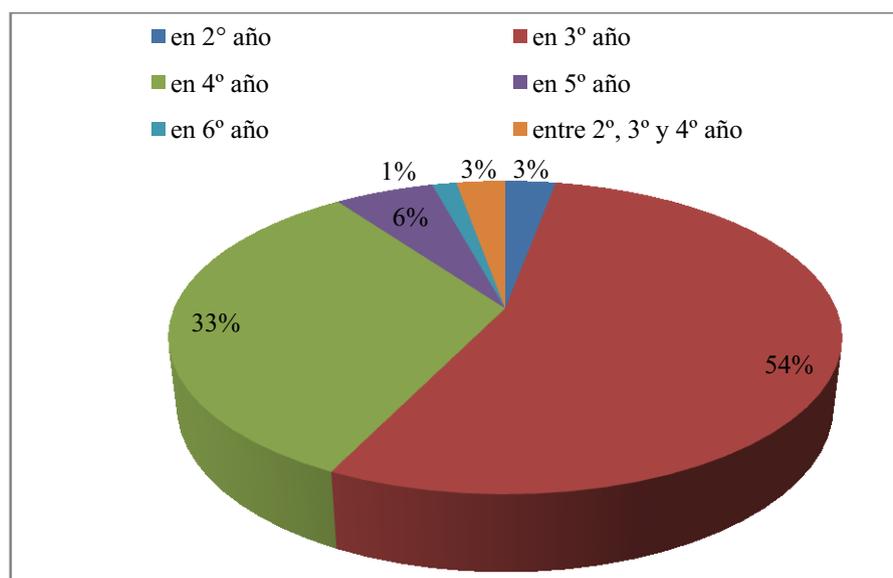


Figura 7. Porcentajes de alumnos según el año de la carrera que cursaban al momento de ser encuestados (n=70).

En lo que respecta al año de egreso del colegio secundario, como puede observarse en la Figura 8, el 45,7% de los encuestados lo hicieron entre los años 2010 y 2014, mientras que el 37,1% entre los años 2005 y 2009.

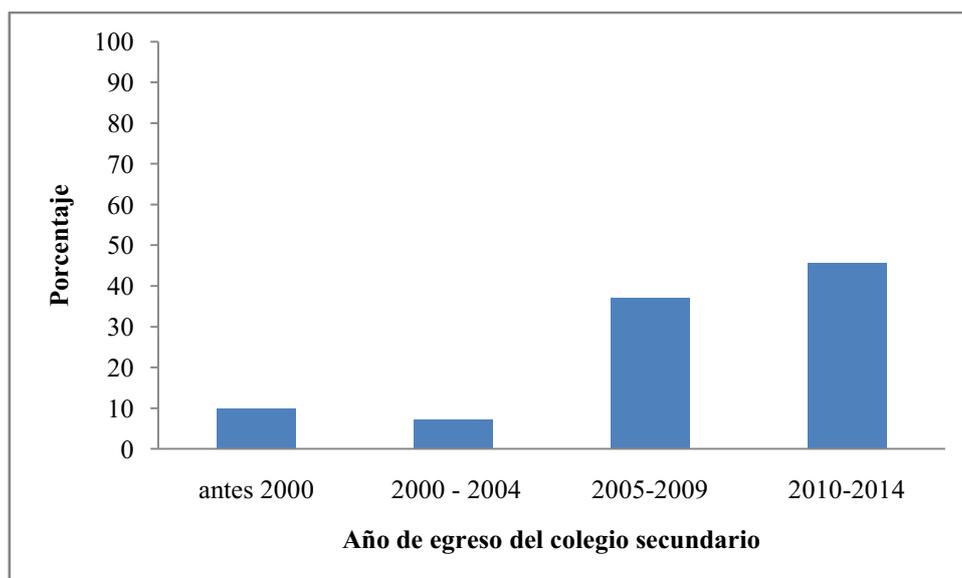


Figura 8. Porcentajes respecto de los años de egreso del colegio secundario de los encuestados (n=70).

En cuanto a las orientaciones con que los estudiantes egresaron del nivel secundario, se observa que cerca de la mitad lo hizo con orientación en ciencias sociales, humanidades, pedagogía o bachiller (Figura 9).

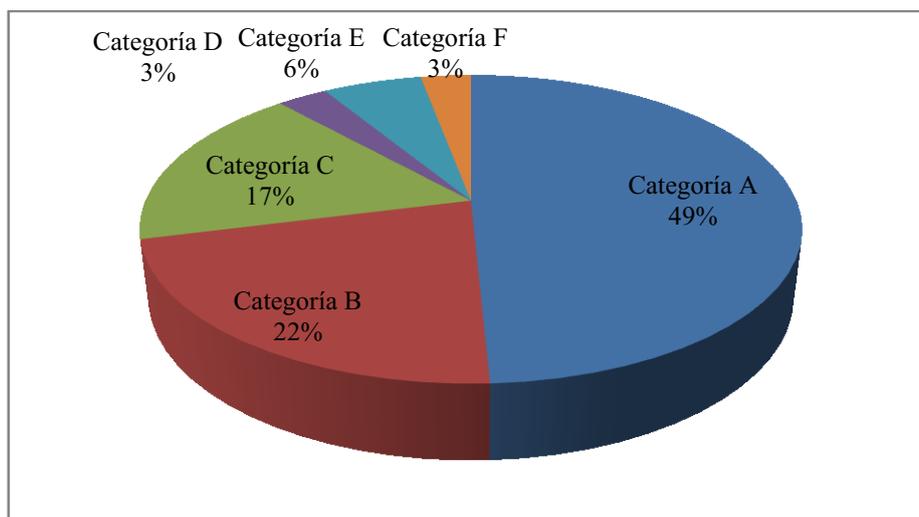


Figura 9. Porcentaje de alumnos según la orientación cursada en el nivel medio o secundario (n= 70). Categoría A: Orientación en Ciencias Sociales, Humanidades, Pedagogía y Bachiller. Categoría B: Ciencias Naturales y Agrarias. Categoría C: Economía, Gestión y Perito Mercantil. Categoría D: Comunicación. Categoría E: Informática. Categoría F: Arte.

En cuanto a la cantidad de alumnos que aprobaron la materia Biología Humana, el 55.7% de los estudiantes lo hizo a través del examen final; en tanto que un 38.6% de los encuestados aprobó con el régimen de promoción sin examen final y un 5.7 % no respondió a esta pregunta.

Al consultar a los estudiantes sobre la calificación final con la que aprobaron, en la Figura 10 se observa que el 17% de los encuestados aprobó el examen final o la promoción de la materia Biología Humana con calificación 4 ó 5 (suficiente); un porcentaje mayor de los estudiantes (34%), aprobó con la calificación de 6 ó 7 puntos (bueno); con un alto porcentaje también (33%) se agruparon los estudiantes que obtuvieron calificaciones entre 8 ó 9 (distinguido) y solo el 4% alcanzó los 10 puntos (sobresaliente); mientras que un 12% no respondió a la pregunta.

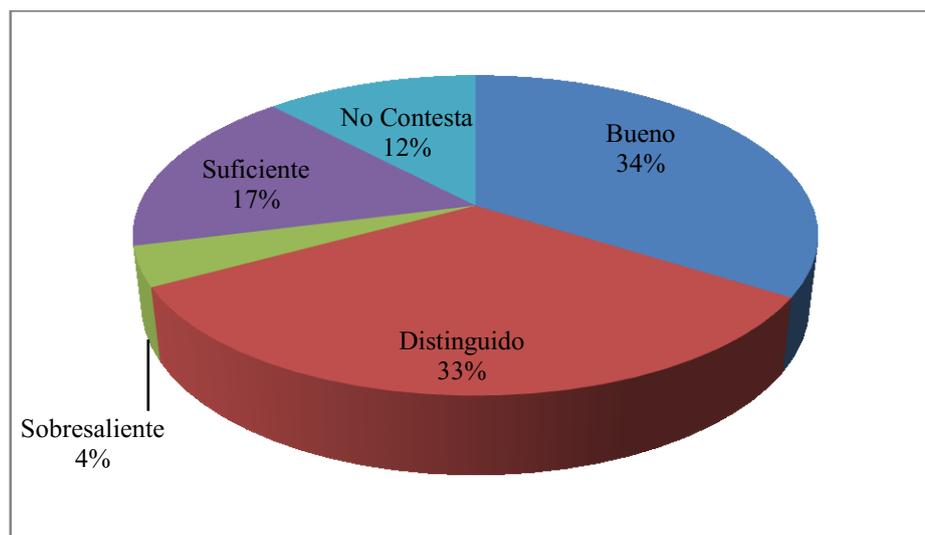


Figura 10. Valores porcentuales de las calificaciones obtenidas por los estudiantes al rendir o promocionar la materia Biología Humana (n=70).

6.2 Respuestas obtenidas a partir del análisis del cuestionario

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de las respuestas brindadas por los alumnos encuestados (n=70) a las preguntas vinculadas con el modelo de membrana citoplasmática y los contenidos de la materia Biología Humana.

Pregunta n°1: *¿Recuerdas el nombre del modelo que representa a la membrana citoplasmática? De ser así, menciónalo.*

En relación a esta pregunta se observa en la Figura 11 que más de la mitad de los alumnos encuestados no recuerda el nombre del modelo de membrana, mosaico fluido;

un 4% no responde a la pregunta, mientras que un 22% de los estudiantes sí lo recuerda.

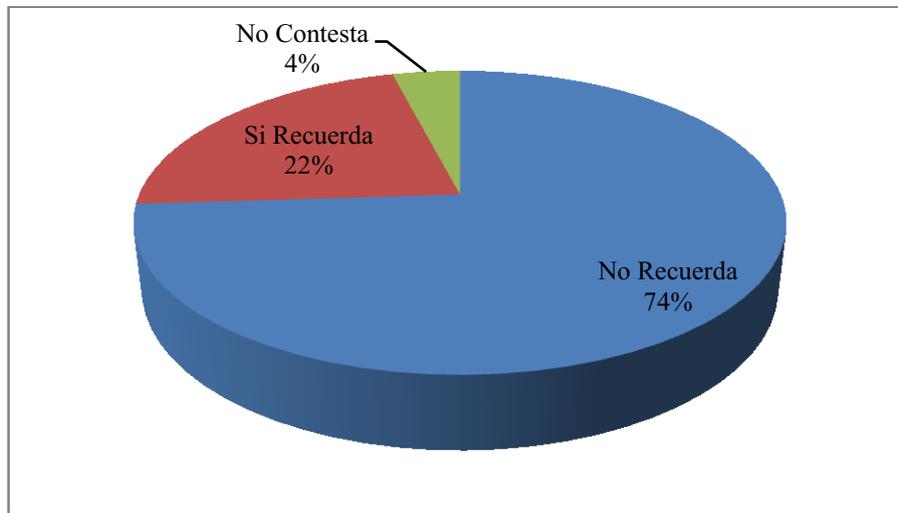


Figura 11. Porcentaje de alumnos que no recuerdan el nombre del modelo, respecto de aquellos que si lo recuerdan o no contestan (n=70).

Cuando se solicitó a los encuestados si podían representar gráficamente el modelo de membrana citoplasmática, tal como se observa en la Figura 12, un alto porcentaje de alumnos (75.7%) no lo esquematizó, en tanto que un 8.6% lo hizo de manera *incompleta*; un 5.7% lo graficó de manera *completa* y finalmente el 10%, hizo un dibujo *equivocado*.

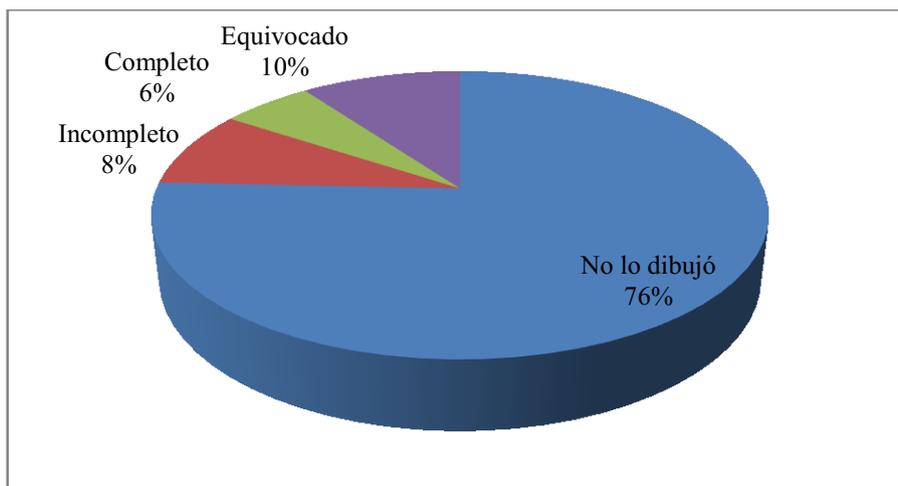


Figura 12. Valores porcentuales de las respuestas de los alumnos según las características de los dibujos realizados y clasificados en las categorías completos, incompletos, equivocados o no ha sido dibujado.

A continuación se presentan algunos ejemplos de dibujos realizados por los alumnos.

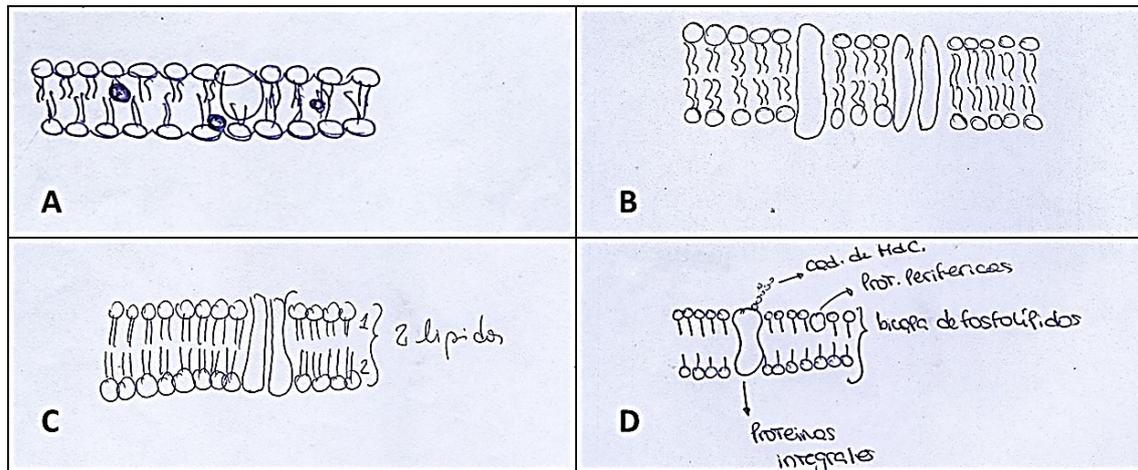


Figura 13. Imágenes A, B, C y D representan ejemplos de gráficos *Completo*s, en los que pueden observarse estructuras similares a la de los fosfolípidos, cabeza y colas y estructuras similares a proteínas, como globulares o en forma de tirabuzón.

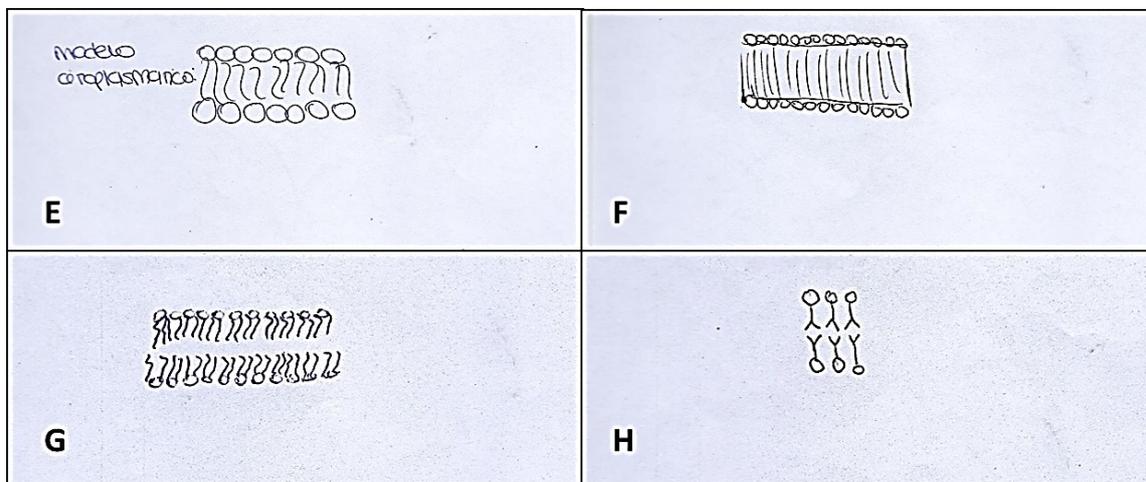


Figura 14. Imágenes E, F, G y H representan ejemplos de gráficos *Incompleto*s, ya que aparecen representados uno de los dos componentes principales de las membranas celulares, fosfolípidos o proteínas.

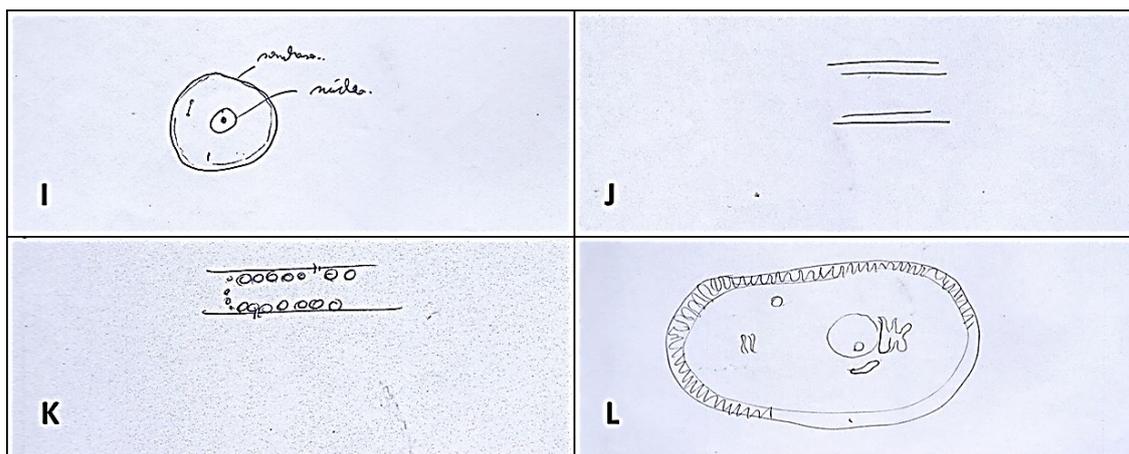


Figura15. Imágenes I, J, K y L representan gráficos *Incorrectos* ya que aparece dibujada una célula “completa” o una línea u otro tipo de representación incorrecta.

Pregunta n°2: ¿Cuál de estos gráficos consideras que representa el modelo de membrana citoplasmática?

En esta oportunidad se les ofreció a los encuestados 3 imágenes que representaban el modelo de membrana (Anexo I) para que seleccionaran alguna de ellas. La selección de la o las imágenes debía ser justificada.

Al analizar los resultados se observa que el mayor porcentaje de alumnos (61.4%) eligió la opción *todos son correctos* que constituye la respuesta esperada; un 15.7% eligió la opción *C* que representa en el gráfico solo una dimensión del modelo; un 11.4% eligió la opción *B* que es una representación tridimensional del modelo; el 4.3% eligió la opción *A* que representa una imagen tridimensional pero diferente a la opción anterior; un 2.9% no eligió ninguna de las opciones y un 4.3% de los encuestados eligió 2 de ellas.

Respecto de las fundamentaciones esgrimidas por los estudiantes que seleccionaron la opción *todos son correctos* (44 alumnos, de 70), el 61.3% de ellos manifestaron que los tres gráficos refieren a diferentes vistas de una misma estructura; un 23.5% hizo referencia a que en los tres gráficos identifica sus componentes (fosfolípidos y/o proteínas) por ejemplo “*en todas observo fosfolípidos y proteínas*” o bien “*muestran la parte externa e interna de la membrana*”; de los 44, el 6.8% de las justificaciones hacen referencia a las funciones de los tres gráficos “*permiten la filtración de moléculas*” o bien “*permiten entrada y salida de alimentos*” y un 8.3% no fundamenta la opción elegida.

Solo 2 alumnos eligieron el gráfico A. Seguidamente se exponen las argumentaciones expresadas por los estudiantes: “*recuerdo haber visto ese gráfico en la cursada*”; “*puedo ver el citoplasma*”, en este caso se puede inferir que el alumno puede identificar una cara interna de la membrana y una cara externa, situación que los demás gráficos no permiten a simple vista.

Los alumnos que optaron por el gráfico B fueron 8 (n= 70), sin embargo el 75% de ellos no fundamentó su elección. Los 3 encuestados que si fundamentaron expresaron: “*por los receptores proteicos*”; “*porque las otras dos pertenecen a una célula*” y “*porque en este gráfico observo la bicapa lipídica*”, observándose en estas respuestas que los alumnos hacen referencia a la estructura molecular de la membrana.

Por su parte, los que optaron por el gráfico C, fueron 11 alumnos, entre los cuales 6 de ellos no fundamentaron sus respuestas. Dos expresaron “*tiene componentes de la célula humana*” y otro dijo “*tiene una bicapa lipídica*” refiriendo en estos casos a cuestiones de la estructura de la membrana; los otros 3 alumnos hicieron referencia a aspectos funcionales de la membrana como “*permite el intercambio*”; “*da cuentas del transporte*” y “*muestra permeabilidad*”.

Pregunta n°3: *¿Qué representan, a tu criterio, los gráficos presentados en el punto anterior?*

Cuando se les solicitó a los encuestados que seleccionaran, bajo la siguiente premisa una opción correcta: *Los dibujos representados en el punto 2, a tu criterio:*

- a.- Constituyen una imagen de la membrana tal como se vería a microscopio electrónico;*
- b.- Son una representación elaborada por los científicos para facilitar la comprensión de la estructura de la membrana;*
- c.- Las dos anteriores son correctas.*

Los resultados obtenidos (Figura 16) ponen de manifiesto que un 5.7% de los encuestados eligió el ítem *a*; el mayor porcentaje de los encuestados 48.6%, eligieron la opción *b*, que sería la respuesta esperada y 42.9%, eligió el ítem *c*. Un pequeño porcentaje de estudiantes, 2.9 % no contestó a esta pregunta.

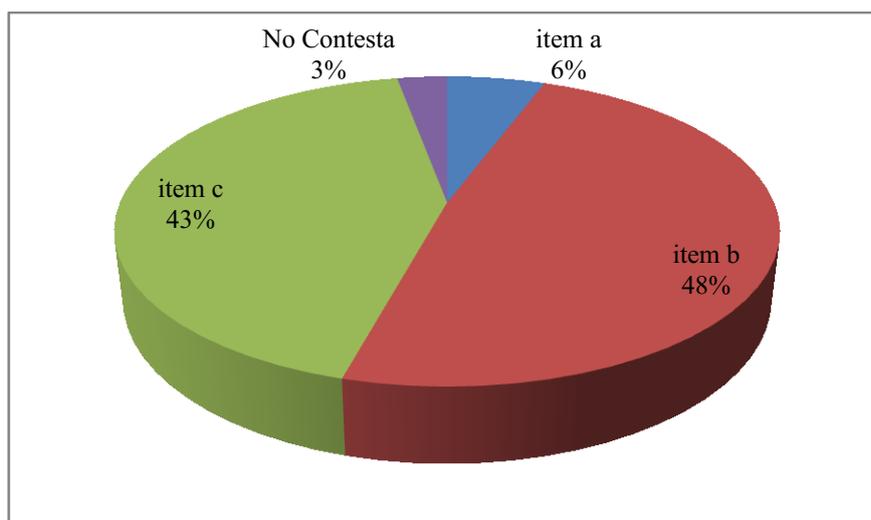


Figura 16: Porcentaje de respuestas de los estudiantes ante la pregunta *¿qué representan las imágenes del punto 2?* (n=70).

Pregunta n°4: *De no haber respondido el punto 1 de la encuesta, ¿qué nombre le darías al modelo de membrana citoplasmática, del tal modo que te facilite recordar su estructura y/o sus partes? ¡Tienes que usar tu creatividad!*

En este caso, tal como se indicó en la metodología y descripción de la estructura y categorización de la encuesta, las respuestas se agruparon *a posteriori* de la aplicación del instrumento, en tres categorías: a) propuesta que refería a la estructura de la membrana, es decir sus componentes moleculares, lípidos y proteínas predominantemente, b) propuesta que refería a la función de la membrana y c) propuesta que aludía a una analogía, más original y creativa. A partir del análisis de los resultados se observó que el mayor porcentaje de encuestados (38.6%), propuso un nombre vinculado con la estructura de la membrana, por ejemplo: *capa fosfolipídica*, *modelo lipoproteico*, *bicapa lipídica*, *membrana porosa*, *borde de la célula*; un 17.1% propuso un nombre vinculado con la función de la membrana: *modelo semipermeable*, *modelo de absorción citoplasmática*. Es importante destacar que un pequeño porcentaje (7.1%) de los estudiantes, atendió a los estrictamente planteado en la consigna y aportaron nombres creativos tales como: *aduana* (1 alumno), *colchón citoplasmático* (1 alumno), *colchón de espuma* (1 alumno), *esponja* (3 alumnos), *bizcochuelo* (1 alumno), *sándwich lipídico* (1 alumno); el 4.3% de los estudiantes propuso algún otro nombre o dio dos respuestas, mientras que el 32.9 % de alumnos no respondió a la pregunta. Vale aclarar que dentro de este último porcentaje estarían aquellos alumnos que sí recordaron

y mencionaron el nombre del modelo de membrana en el punto 1 de la encuesta, por lo que obviaron esta pregunta (Figura 11).

Pregunta n°5: *Los contenidos de esta materia, asociados al estudio de las células, sus partes y su función ¿te resultaron: fáciles de comprender o difíciles de comprender? ¿Por qué?*

Al momento de analizar las respuestas a esta pregunta se observa (Figura 17) que un alto porcentaje de alumnos (62.9%) manifiesta que los contenidos les resultaron *fáciles de comprender*, mientras que un porcentaje menor (25.7%) expresó que les resultaron *difíciles de comprender*. Resulta interesante destacar que, a pesar de no existir la opción *más o menos* en la consigna, un 1.4% respondió en ese sentido, en tanto que un 10 % no contestó la pregunta.

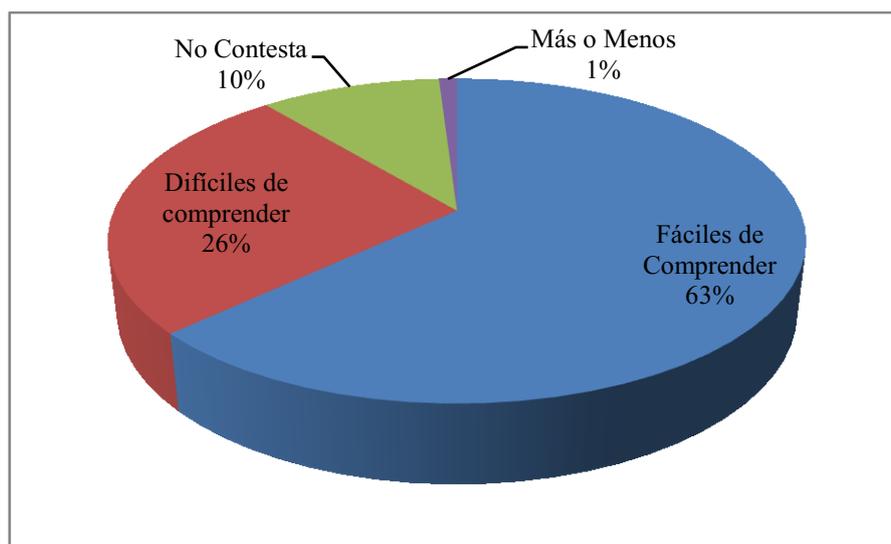


Figura 17: Porcentaje de alumnos según califican *de fáciles o difíciles de comprender* los contenidos abordados en la materia Biología Humana.

Al solicitarle a los alumnos que justificaran sus respuestas, aquellos que seleccionaron la opción *fáciles de comprender*, expresaron “*porque los vi en el secundario*” o “*tengo buena base del secundario*”; otros comentaron porque “*la cursada fue buena, me explicaron bien*”, “*el material era claro*”; y otros dijeron “*porque me gusta la materia y los temas*”, “*siempre me gustaron las ciencias naturales*” o “*me interesan los temas*”.

Por otra parte, aquellos alumnos que optaron por la opción que refería a que los contenidos les resultaron *difíciles de comprender* argumentaron preferentemente

“porque en la materia se ven muchos nombres muy difíciles”; otros dijeron “porque no me gustan los contenidos”; otros “porque los contenidos de Biología Humana no tienen relación con la Psicología y las ciencias sociales”, o “porque no me interesan los temas”; o bien “los nombres y las funciones son muy específicos”, “los nombres son difíciles de recordar, son nombres raros”, “los términos me confunden”, “tuve que aprender los conceptos de memoria” y algunos otros, “porque tuve mala base en la escuela secundaria”.

Al vincular variables tales como la calificación obtenida por los encuestados en el examen final o a través de la promoción sin examen final de Biología Humana con la orientación del título secundario, no se observaron diferencias significativas como para sostener que aquellos estudiantes que egresaron con determinada orientación (por ejemplo ciencias naturales) obtuvieron mejores resultados ($F=0,401$, $p=0,753$). Tampoco se observó dependencia de variables al cruzar la orientación del título secundario y las respuestas vinculadas a si recuerda el nombre del modelo de membrana (test exacto de Fisher= $1,345$, $p=0,905$). Del mismo modo, no se observó dependencia cuando se cruzaron las variables: nota obtenida en el final o promoción de la materia Biología Humana ($n=62$)¹ y si recuerda el nombre del modelo de membrana (test exacto de Fisher= $3,87$, $p=0,251$), contrario a lo que se podría presuponer, es decir, que aquellos alumnos con título secundario con orientación en ciencias naturales y/o aquellos que aprobaron la materia con buenas notas responderían de la manera esperada las preguntas de la encuesta que recuperan contenidos trabajados en la asignatura, como por ejemplo recordar el nombre del modelo de membrana y poder graficarlo. Según el análisis de datos realizado, no se observó dependencia entre variables al cruzar orientación del título secundario con la dificultad respecto de los contenidos de Biología Humana (test exacto de Fisher= $13,27$, $p=0,499$) Sin embargo, cuando se les preguntó a los estudiantes si los contenidos de la materia les habían resultado *fáciles o difíciles de comprender*, entre algunas de las respuestas ellos hicieron referencia a su trayectoria como alumnos del nivel secundario.

¹ $n=62$ al cualificar la variable nota se tomaron como casos perdidos 8 alumnos que no respondieron a esta pregunta.

6.3 Discusión

En este apartado se presentan y relacionan los resultados obtenidos con los aportes realizados por diferentes autores vinculados con las principales temáticas de este trabajo de Tesis. Los mismos se agrupan en diferentes dimensiones de análisis asociados a los distintos aspectos que se fueron abordando a partir de las respuestas obtenidas a través de la implementación de la encuesta.

Las categorías de análisis entorno a las cuales se organiza la discusión son las siguientes:

1. Caracterización de los estudiantes
2. Concepciones de los estudiantes acerca del modelo de membrana
3. Observación de imágenes y reconocimiento del modelo de membrana citoplasmática
4. Propuesta de nombres nuevos por parte de los estudiantes, para el modelo de membrana
5. Caracterización de los contenidos de la materia Biología Humana (en fáciles o difíciles de comprender) y argumentación de las respuestas.

6.3.1. Caracterización de los estudiantes

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que la edad de los estudiantes encuestados oscila entre 19 y 22 años, los cuales egresaron del colegio secundario predominantemente, entre los años 2010 y 2014 y se encuentran, al momento de responder la encuesta, cursando el 3° ó 4° año de la carrera. A partir de estos datos se deduce que más de la mitad de los encuestados ha elegido Psicología como primera carrera.

En los datos analizados se observa que la mayoría de los encuestados cursó el nivel de educación secundaria con orientación en ciencias sociales, humanidades o pedagogía, en segundo lugar se ubicaron las orientaciones en ciencias naturales y agrarias, y el tercer lugar fue para las orientaciones relacionadas con economía y gestión. Cada alumno de primer año de la Facultad de Psicología tiene en su haber una trayectoria educativa que puede, en mayor o en menor medida, haber realizado aportes a la construcción de los contenidos de la materia Biología Humana y de otras materias de la carrera (Psicología, Antropología, Lógica etc.). La trayectoria educativa de estos alumnos incluye su tránsito

por los distintos niveles educativos formales (inicial, primario y secundario o polimodal), y en algunos casos su paso por otras carreras universitarias o terciarias. En coincidencia con las ideas de Garay Sánchez et al. (2012) en función del trayecto educativo, los alumnos podrían conceptualizar, interpretar o utilizar de diferentes maneras el modelo de membrana citoplasmática. En este contexto sería esperable que las respuestas más adecuadas acerca del nombre del modelo y su representación gráfica fuera la de los alumnos con trayectorias vinculadas al área de las ciencias naturales, aunque los resultados en este trabajo de Tesis, no se condicen con esta hipótesis.

El hecho de que aproximadamente la mitad de la población encuestada en esta investigación esté constituida por egresado del nivel secundario con orientación en ciencias sociales y humanidades coincide con los datos aportados por Audisio (2013) quién analizó la orientación del título secundario de los alumnos estudiantes de la carrera Psicología en la Universidad Nacional de Rosario (UNR). En general, este autor plantea que los estudiantes de Psicología de la UNR cursaron predominantemente estudios en el campo de las humanidades y las ciencias sociales y solamente algunos alumnos llevaron a cabo estudios relacionados con las ciencias naturales, la informática o matemática. Al mismo tiempo considera que la formación en el nivel medio de los estudiantes es un tema relevante, ya que es un indicador de sus preferencias y de los conocimientos básicos que poseen para emprender sus estudios universitarios.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, al momento de vincular variables como la calificación obtenida por los encuestados ya sea en el final o promoción sin examen final de Biología Humana con la orientación del título secundario, no se observaron diferencias significativas como para sostener que aquellos estudiantes que egresaron con determinada orientación (por ejemplo en ciencias naturales) obtuvieron mejores resultados respecto de otros, lo que significa que en este caso no podríamos afirmar que la orientación del título secundario habría influido en la nota obtenida en el final de la cursada.

Contrario a lo que se podría presuponer, que aquellos alumnos con título secundario con orientación en ciencias naturales y/o aquellos que aprobaron el final o la promoción de Biología Humana con buenas calificaciones podrían responder de la manera esperada a las preguntas de la encuesta que recuperan contenidos trabajados en la asignatura (como por ejemplo recordar el nombre del modelo de membrana y poder graficarlo), en los

resultados de este trabajo de Tesis no se observó dependencia al momento de cruzar esas variables.

De manera similar y como ya se mencionó, no pueden establecerse relaciones significativas entre la orientación del título secundario de los encuestados respecto de las dificultades que podrían haberse presentado con los contenidos de Biología Humana. Sin embargo, cuando se les preguntó a los encuestados si los contenidos de la materia les habían resultado *fáciles o difíciles de comprender*, en ambos casos, entre las respuestas, los alumnos mencionan sus trayectorias educativas escolares, entre las que destacan sus estudios en el nivel secundario (ver a continuación punto 6.3.5 de la discusión). Esto coincide con las ideas propuestas por Terigi (2007) quien expresa que resulta importante atender las trayectorias educativas de los alumnos ya que el análisis de las dificultades que éstos experimentan en los primeros años del nivel universitario suele tener algún tipo de relación con los logros y déficit de los niveles precedentes.

6.3.2 Concepciones de los estudiantes acerca del modelo de membrana

En términos generales, muy pocos alumnos pudieron mencionar y graficar el modelo de membrana celular más aceptado en la actualidad por la comunidad científica: modelo de mosaico fluido (Albert et al., 2007; Curtis et al., 2008; De Robertis et al., 1986; 1998; 2004; Solomon et al., 2001). Sin embargo las notas con las que aprobaron la materia Biología Humana se distribuyeron entre buenas y distinguidas (predominantemente entre 6 y 8 puntos, en una escala de 4-10). Se considera que estos datos pueden relacionarse con lo propuesto por autores como Galagovsky et al. (2009) quienes manifiestan que la presentación de información a los estudiantes en las clases de ciencia, ya sea en forma de dibujos, maquetas tridimensionales, textos, fórmulas o cualquier combinación de recursos didácticos no garantiza que ellos automáticamente construyan en sus mentes modelos mentales idénticos a los de los expertos responsables de la construcción de tales dispositivos científicos didácticos. Del mismo modo, tampoco garantiza que estos conocimientos perduren en la memoria a largo plazo de los estudiantes y se conviertan en base para la construcción de nuevos conceptos a futuro. En coincidencia con Greca et al. (1998) se considera que los alumnos podrían haber memorizado largas listas de fórmulas, nombres y definiciones que no habrían comprendido completamente y eso les hubiera permitido aprobar los exámenes parciales

y con buenas notas el examen final o la promoción de Biología Humana. Al no poder, la mayoría de ellos, representar ni mencionar el modelo de membrana en la encuesta administrada, se deduce que muchos fenómenos y conceptos celulares no habrían sido necesariamente interpretados por los alumnos, de acuerdo a los modelos mentales que son esperables que construyan. Se deduce que el nombre del modelo científico no refleja significatividad para los alumnos ya que en general no lo recuerdan.

Es así que surge la necesidad, no solo de discutir las características del modelo vigente sino también la posibilidad de diseñar en el ámbito áulico o de “ciencia escolar” modelos propios que puedan ser modificados e incluso “rebautizados”. Sin embargo lo que suele ocurrir en el aula es que se usan modelos científicos simplificados, que tienen significado para el nivel de erudición del profesor, pero que no encuentra referente en la estructura cognitiva de los alumnos. En estos casos los estudiantes deben incorporar memorísticamente un modelo que no es completamente científico y que, además, les resulta escasamente significativo (Galagovsky et al., 2001).

También se observa que muy pocos alumnos pudieron hacer una representación gráfica “completa” y aproximada al modelo científico de mosaico fluido. Tal como propone Rodríguez Palmero (2001) hacer un dibujo requiere cierto grado de “imaginabilidad” o de modelización, pero no significa con seguridad que el individuo esté experimentando una imagen mental nueva en ese proceso, ya que puede estar evocando simplemente algo ya visto. La imagen mental es una representación interna y un dibujo o gráfico es una representación externa. La percepción de las imágenes o dibujos en libros de textos no deriva necesariamente en una imagen mental. Pareciera que existe una relación entre las imágenes “completas” brindadas por los alumnos y las plasmadas por los libros de textos. Para esta misma autora las imágenes de los libros de textos ejercen una profunda influencia en los modos de representación interna que genera el alumnado respecto de la célula y su estructura. Este tipo de esquemas podría estar ejerciendo en los alumnos una influencia de tipo negativa sobre la posibilidad de construir modelos mentales más explicativos y predictivos respecto a lo que una célula es en la materia viva.

Por otra parte, tal como lo proponen autores como Nappa et al. (2006), Rodríguez Palmero (1997) y San Martín et al. (2009), los modelos científicos suelen tener un alto nivel de abstracción debido al elevado nivel de formalización que requieren. Esto hace que muchas veces el alumnado encuentre dificultad en la comprensión de los conceptos científicos. En coincidencia con Ausubel et. al. (1978) el que aprende no imita

significados sino que los reconstruye a partir de sus estructuras cognoscitivas preexistentes.

Autores como Coll et al. (2006) proponen que en el momento en que se presenta un concepto analógico, como podría ser el concepto de mosaico fluido, el docente debe tener cuidado con el manejo del vocabulario, ya que los alumnos pueden visualizar la analogía de manera diferente a como lo hace el profesional. Las diferencias en el conocimiento, la cultura y otros aspectos, entre el docente y el alumno, pueden conducir a interpretaciones erróneas. Por eso, en adhesión a las propuestas de autores como Felipe et al. (2006) debiera incluirse en las clases de ciencia una etapa de reflexión entre la presentación del blanco y el análogo, en la que alumno puede participar activamente. En este sentido sería interesante pensar en las características, necesidades y limitaciones de los estudiantes de primer año de la carrera de Psicología, los cuales requieren de la intervención activa de los docentes para poder comprender de qué manera los modelos expresados son debatidos y probados hasta que llegan a ser aceptados por la comunidad científica y así poder aprender ciencia en el ámbito conceptual y desarrollar habilidades cognitivas y metacognitivas, asociadas a una imagen más ajustada de cómo funciona la ciencia (Nappa et al., 2006).

Se suman a esto los aportes de Guevara et al. (2004) quienes manifiestan que los aspectos centrales de las metáforas, analogías y características determinantes de los modelos importantes deben ser activamente discutidos con los estudiantes. No puede esperarse que los alumnos interpreten adecuadamente modelos que no han sido diseñados por ellos o con los cuales no han experimentado. Aun cuando ellos aseguren saber acerca de las analogías, las metáforas o los modelos, debe revisarse su comprensión antes de volver a utilizarlos. La naturaleza arbitraria de los modelos y su uso como herramientas del pensamiento deben hacerse explícitos. Si bien la naturaleza contradictoria de algunos modelos puede ser entendida por el docente o por los autores de libros (expertos), los novatos o estudiantes (inexpertos) pueden no compartir esa visión.

Dentro de los modelos expresados autores como Coll et al. (2006) distinguen los “modelos consensuados” que serían aquellos modelos expresados que van siendo puestos a prueba y ganando aceptación social dentro de la comunidad científica. Algunos de estos terminan convirtiéndose en “modelos científicos” si pasan a ser usados ampliamente como referentes en las fronteras de la ciencia; mientras tanto, otros, terminan siendo reemplazados por otros, convirtiéndose en “modelos históricos”. De

este modo los alumnos podrían comprender que el modelo de mosaico fluido no es una “verdad” en sí misma sino que es producto de una historia y el más aceptado en la actualidad por la comunidad científica (Albert et al., 2007; Curtis et al., 2008; De Robertis et al., 1986; 1998; 2004; Solomon et al., 2001), quien lo pondrá en cuestión y revisión permanente para su posible mejoramiento.

6.3.3. Observación de imágenes y reconocimiento del modelo de membrana citoplasmática

En cuanto al ítem 2 de la encuesta (Anexo 1), en el que los alumnos debían analizar e interpretar tres imágenes seleccionadas de la bibliografía utilizada durante el período de cursada de los trabajos prácticos (Curtis, 2008; De Robertis et al., 2004 y Solomon et al., 2001) se considera que, en coincidencia con lo planteado por Perales et al. (2002), el trabajo con imágenes promueve la formación y recuperación de modelos mentales. El término modelo mental, como se ha mencionado en apartados anteriores (Moreira, 1996) se refiere a una representación interna elaborada por las personas cuando interaccionan con su medio, textos, imágenes o combinaciones entre ambos. Los modelos mentales incluyen datos procedentes del exterior, conocimientos previos y expectativas del sujeto, dando lugar a representaciones dinámicas en la memoria de trabajo.

A partir de las respuestas a este ítem de la encuesta se podrían poner de manifiesto los modelos mentales construidos por los alumnos y de su análisis se desprende que, si bien un 48.6% de ellos reconoce en las imágenes una representación elaborada por los científicos para facilitar la comprensión de la estructura y la función de la membrana celular, es el mismo porcentaje de estudiantes (48.6%) el que considera que la representación es, además, la forma en que la membrana se vería a microscopio electrónico. Del análisis de estas respuestas se infiere que los alumnos no diferencian necesariamente aquello representado por un modelo (con todas sus características) de lo que sería la estructura de la membrana en sí y su imagen a microscopio. Estos resultados coinciden con lo expresado por Greca et al. (1998) quienes plantean que los alumnos no siempre disponen del dominio necesario del conocimiento para interpretar estas representaciones como modelos que expresan de manera simplificada, idealizada e incompleta fenómenos, situaciones o estructuras y no el fenómeno, la situación o la

estructura en sí. A partir de los aportes de Coll et al.(2006) podrían comprenderse los casos en que algunos alumnos respondieron el ítem a. y/o el ítem c. (ver Figura 16 y Anexo I), ya que muchas veces los alumnos pueden no tener conciencia de los límites entre el modelo y la realidad que este intenta representar, producto de interpretaciones inadecuadas. Otras causas que podrían sumarse serían que algunos alumnos encuentran dificultad al aplicar el modelo a situaciones distintas al contexto en el que lo aprendieron, otros pueden tener dificultades con la imaginación visual y otros pueden mezclar sus modelos intuitivos personales con los modelos científicos que se les enseña. Se suman a esto los aportes de Raviolo, Ramírez y López (2010) quienes manifiestan que la mayoría de los estudiantes no tiene en claro qué son los modelos, sus características, sus funciones y limitaciones. Diferentes autores (Gilbert, 1991; Grosslight et al.,1991; Manassero y Vázquez, 1999; Cartier, 2000, citados por Raviolo et al., 2010) hacen referencia en diversas publicaciones a las concepciones que sostienen los alumnos acerca de la naturaleza de los modelos, entre las que aseveran que los estudiantes conciben a los modelos como: a) copias de la realidad, b) algo real pero a otra escala, c) un ejemplo o caso ejemplar, d) algo exacto que no contiene “errores”, e) un cúmulo de hechos a ser memorizados, f) una entidad visual (dibujo, diagrama). También agregan que los alumnos afirman que un modelo será mejor cuanto más se asemeje a lo que representa y desconocen que distintos modelos pueden referirse a un mismo fenómeno, enfatizando en diferentes aspectos del mismo. El análisis de los resultados de las encuestas coincide ampliamente con lo propuesto por estos autores. Es una tarea difícil para los profesores, y un desafío al mismo tiempo, lograr que sus alumnos construyan modelos mentales que sean consistentes con los modelos conceptuales y con las teorías científicas vigentes y que además estos les permitan comprender los fenómenos biológicos, físicos o químicos en cuestión y en concordancia con ellos. Este hecho plantea la necesidad de definir y clarificar en las clases de ciencia el concepto de “modelo” en función de su naturaleza implícita o explícita ya que autores como Galagovsky et al. (2009) sostienen que un modelo que está en la mente de un sujeto experto (sea este científico y/o docente) es un “modelo mental experto”, cuando con fines comunicacionales este modelo es explicitado, se transforma en una compleja trama de explicaciones que se expresan complementariamente en diferentes lenguajes: aparece entonces, “el modelo explícito”.

6.3.4. Propuesta de nombres nuevos por parte de los estudiantes, para el modelo de membrana

En el ítem 4 de la encuesta se les consultó a los alumnos que, en el caso de no haber recordado el nombre del modelo: *mosaico fluido* que representa actualmente a la membrana citoplasmática (Anexo I), propusieran, observando la imagen de una representación del modelo de membrana citoplasmática, un nuevo nombre de tal modo que les facilite en el tiempo (finalidad didáctica) recordar su estructura o partes, utilizando su creatividad. La mayoría de ellos propusieron nombres que referían a la estructura de la membrana, otros propusieron nombres vinculados a la función de la membrana celular, y algunos alumnos aportaron nombres creativos, apelando a una analogía. Se observa en las respuestas que los alumnos pueden modelar utilizando diferentes criterios. Autores como Chamizo et al. (2010) sostienen que no hay reglas ni métodos para construir modelos, pero que se requiere de algunas condiciones para hacerlo: a) conocimiento, para saber cuál es la porción del mundo que se va a modelar; b) imaginación y creatividad para diseñar el modelo que debe ser compatible con la realidad; c) expresar el modelo mental. Estos autores definen al modelaje como la construcción de un modelo y afirman que esta habilidad implica un compromiso entre la analogía y las diferencias que tiene con la porción del mundo que se está modelando. La persona que modela debe considerar los aspectos más relevantes del modelo mental, recolectar datos, corregir, afinar y finalmente proponer la versión final.

Un aspecto importante que han destacado Morrison y Morgan (1999, citado por Justi, 2006) es que los modelos son instrumentos mediadores entre la realidad y la teoría, convirtiéndose en un ingrediente esencial en la práctica de la ciencia, y agregan que se aprende ciencia cuando este modelo mental va transformándose en modelo científico. Estos mismos autores sostienen que no existen reglas generales para la construcción de modelos; por el contrario para ellos es una destreza tácita que requiere de cierta creatividad, es por eso que la construcción de un modelo puede ser considerada como un arte. La construcción de modelos es una actividad con mucho potencial para implicar a los alumnos en “hacer ciencia”, “pensar sobre ciencia” y “desarrollar pensamiento científico y crítico” (Justi, 2006, p. 178).

Debido al alto nivel de formalización, los modelos científicos requieren un elevado nivel de abstracción. Los mecanismos que se ponen en juego al interpretar modelos con

diferentes grados de abstracción se relacionan con el grado de significatividad que tal fenómeno reviste para la persona y el grado de análisis que es capaz de realizar a fin de atomizar los elementos que conforman a dicho modelo (Nappa et al., 2006). Aprender ciencia requiere, por tanto, aprender modelos y reconstruirlos en el aula (Fernández González et al., 2003).

A esto se suman las consideraciones de Galagovsky et al. (2001) quienes proponen que, a menudo, la formalización de los modelos científicos puede estar fuera de las capacidades operatorias y de la disponibilidad de los conocimientos previos de los alumnos. Por lo tanto aprender ciencias naturales exigirá la reconstrucción de los contenidos científicos por medio de una imagen didáctica adecuada, producto de la trasposición didáctica. Se trataría entonces, no solo de que los alumnos manejen modelos, sino que especialmente, se detengan a pensar acerca de los modelos con los que trabajan y desarrollen habilidades metacognitivas, por ejemplo, reconociendo los usos y las limitaciones de los modelos que utilizan y del propio proceso en sí del modelaje.

Tal como lo propone Halloun (2004, en Justi, 2006) la enseñanza de la ciencia en los diferentes niveles educativos aporta, no solo a una instrucción general amplia sino también al desarrollo de diferentes competencias científicas. De este modo los alumnos pueden desarrollar en las clases formas de pensar y aprender que se asemejan bastante a las formas científicas de pensar e investigar.

6.3.5. Caracterización de los contenidos de la materia Biología Humana (en fáciles o difíciles de comprender) y argumentación de las respuestas

Cuando se les consultó a los alumnos (ítem 5 Anexo I) si los contenidos de la materia Biología Humana, asociados al estudio de las células, sus partes y su función, les resultaron fáciles de comprender o difíciles de comprender, un elevado porcentaje de alumnos (62.9%) respondieron que les resultaron fáciles de comprender; un menor porcentaje (25.7%) de los encuestados manifestaron que les resultaron difíciles de comprender y a pesar de no existir la opción más o menos difíciles, un pequeño número de alumnos (1.4%) los calificó de esta manera (ver Figura 17). Un 10% de los encuestados no respondió a esta pregunta.

Aquellos que caracterizaron a los contenidos de Biología Humana trabajados en clase, como *fáciles de comprender* argumentaron 1) porque *los vieron en el secundario*, otros comentaron 2) porque *la cursada fue buena (tanto el profesor como los materiales)* y otros dijeron 3) porque *les gusta la materia y los temas*. En el primer argumento se considera que toman relevancia las trayectorias educativas de los alumnos; en cuanto al argumento 2) se destaca el valor de la didáctica en las clases de ciencia; finalmente, el tercer tipo de argumento 3) se entiende como un aspecto de motivación, inquietud o gusto personal.

En el caso de los alumnos a los que los contenidos de la asignatura les resultaron *difíciles de comprender* justificaron esto diciendo que: 1) *se ven muchos nombres muy difíciles*, otros dijeron 2) porque *no les gustan los temas*; otros 3) *porque consideran que los contenidos de Biología Humana no tienen relación con la Psicología y las ciencias sociales*; algunos otros porque 4) *necesitaron aprender los conceptos de memoria* y unos pocos, 5) *porque tuvieron mala base en la escuela secundaria*, aquí también se repiten entre los argumentos las categorías expuestas en el párrafo anterior. Es decir aparecen cuestiones que refieren a una apreciación de tipo personal (2, 3 y 4); otras referidas a las trayectorias escolares (5) y por otra parte hacen mención a la dificultad vinculada al lenguaje propio de la disciplina como un posible obstáculo epistemológico sobre el cual podría trabajar la didáctica de las ciencias (1).

Autores como Audisio (2013) sostienen que muchos de los estudiantes de la carrera de Psicología no encuentran la relación entre los contenidos biológicos y su carrera, ofreciendo cierta resistencia al aprendizaje de estos temas. Además da testimonio en su publicación, que los alumnos manifestaron haber cursado predominantemente, estudios secundarios vinculados con las ciencias sociales y esto representaría en principio, un posible obstáculo para comprender contenidos biológicos. Aquí vuelve a aparecer la variable trayectorias educativas, ya que son aquellas que aportan los cimientos a partir de los cuales los alumnos construyen nuevos saberes. Si bien, y tal como se mencionó anteriormente, no se observa en los resultados de este trabajo de tesis una relación significativa entre la orientación del título secundario con las respuestas al ítem 5, ni su vinculación con otras respuestas de la encuesta, resulta importante en este contexto, atender a las ideas manifestadas por de Garay Sánchez et al. (2012) quienes consideran que el análisis de las dificultades que experimentan los jóvenes en los primeros años de la universidad suelen tener relación directa con los logros y déficits de los niveles precedentes. Las trayectorias signadas por la discontinuidad o sancionadas por el

fracaso pueden generar una base endeble para la adquisición de nuevos aprendizajes, es por eso que se destaca que los alumnos mencionaron como una variable los conocimientos adquiridos en el nivel secundario cuando debieron calificar como fáciles o difíciles los contenidos trabajos en la materia Biología Humana.

Otro aspecto a considerar en la enseñanza de la Biología, y que fue mencionado entre las respuestas de los estudiantes como una dificultad, es que existen problemas con la terminología de la disciplina dada la complejidad que para ellos suele significar. Frente a esto el profesor de ciencia debe asumir un papel de guía respecto de la terminología científica siendo importante que tenga claridad en el uso y definición de términos de su especialidad. El lenguaje científico-técnico se encuentra en constante evolución, pero los educadores deben asumir en parte la responsabilidad de efectuar aproximaciones, aclaraciones y rectificaciones que mejoren su utilización (San Martín et al., 2009; Santamaría Cortes et al., 2012; Tamayo Hurtado y González García, 2003). Estos mismos autores expresan que la enseñanza de las ciencias biológicas presenta una serie de problemas en relación con la terminología de los conceptos, nomenclaturas y clasificaciones, que a veces confunden e inducen o refuerzan concepciones erróneas. Los textos de estudio suelen contener conceptos antiguos, términos en desuso o dudosos, concepciones antropomórficas o teleológicas, generalizaciones excesivas, inexactitudes, contradicciones, ambigüedades, clasificaciones defectuosas, vaguedades, etimologismos, afirmaciones que suponen verdades absolutas, definiciones erróneas, tautológicas o redundantes, o lapsus generados al transcribir o traducir un texto, lo que torna a la disciplina un tanto difícil, tal como la calificaron algunos alumnos.

En este contexto resulta oportuno citar la pregunta que plantean Galagovsky et al. (2009: 15): “¿Podrá lograrse una buena comunicación entre el docente y sus estudiantes si es tan diferente lo que cada uno de ellos tiene en sus mentes?”, pudiendo ser este un posible obstáculo en el aprendizaje de los alumnos de determinados conceptos y modelos científicos. La comunicación comprensiva entre individuos puede lograrse cuando estos comparten modelos mentales sobre el tema que están argumentando. Una clase, un aula, son espacios de comunicación entre expertos en un tema (los docentes) y novatos en dicho tema (los estudiantes). Una idea fuerte en didáctica de las ciencias naturales está centrada en la problemática de “hablar ciencia”. Docentes y estudiantes deben compartir significados partiendo de diferentes capacidades (Galagovsky et al., 2001). Resulta oportuno que los docentes revisen los denominados obstáculos epistemológicos que en ocasiones dificultan la comunicación en el aula, en tanto

docentes y estudiantes debieran compartir significados partiendo de grandes diferencias en sus respectivas capacidades de “hablar ciencias” (Galagovsky et al., 2009). Henao y Stipcich (2007, citado por Galagovsky et al., 2001) señalan que enseñar y aprender ciencia requiere de estrategias basadas en el lenguaje y que al mismo tiempo consistirá en apropiarse del acervo cultural y compartir significados.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

Luego de haber analizado los resultados obtenidos en este trabajo de Tesis de Maestría, en el presente capítulo se exponen algunas conclusiones que de ellos se desprenden.

En principio se asume que todas aquellas investigaciones, como la presente, que tuvieran como finalidad interpretar la manera en que las personas construyen las representaciones sobre determinados fenómenos, realizarán aportes significativos a la didáctica de las ciencias ya que brindarán mayor información sobre cómo aprenden y qué aprenden los estudiantes.

De los resultados también se deduce que la analogía del modelo de membrana con un *mosaico fluido* resulta poco significativa para los alumnos, que a menudo incorporan estos conceptos memorísticamente, representando un modelo que no es completamente científico. Sería este uno de los posibles factores intervinientes para que muy pocos alumnos recuerden el nombre y la estructura del modelo de membrana unos años después de haber cursado la materia Biología Humana, a pesar de haber aprobado, muchos de ellos, con buenas notas el examen final o la promoción de la materia. Un obstáculo que se suma a esto es que la construcción de modelos mentales requiere de distintos grados de abstracción para poder representar mentalmente un fenómeno. Al mismo tiempo, los mecanismos que se ponen en juego al interpretar un evento con diferentes grados de abstracción, se relacionan con el grado de significatividad que tal evento o fenómeno tenga para la persona y con el grado de análisis que sea capaz de realizar a fin de atomizar los elementos que forman el modelo.

Cabe destacar que un experto y un novato comprenden e interpretan de diferentes maneras los modelos. Un docente o un científico comprende que un dibujo, una maqueta, un esquema, son representaciones que involucran una simplificación del concepto científico referente; interpreta sus alcances, aplicaciones y limitaciones, sus escalas de trabajo entre el concepto científico y sus representaciones concretas. El novato, en cambio, suele aceptar este tipo de representación como “verdadera”, sustituyendo a la entidad científica, sin comprender necesariamente la naturaleza mediática y metafórica de las convenciones, correspondencias y simplificaciones utilizadas. Podría ser este el motivo por el cuál en la encuesta muchos alumnos reconocieron en las tres imágenes de la membrana citoplasmática representaciones elaboradas por los científicos para explicar dicha estructura celular, pero al mismo

tiempo, un porcentaje elevado de ellos también consideró que esta sería, además, la forma en que la membrana citoplasmática se vería a microscopio electrónico.

La diferencia entre los modelos mentales entre expertos y novatos contempla diferentes aspectos lingüísticos (semánticos y sintácticos) y representacionales. En la práctica, muchos docentes pueden suponer que los modelos conceptuales, por ser lógicamente claros y diseñados para facilitar la comprensión y la enseñanza, deben ser aprendidos por los alumnos, quiénes además de representar en sus cabezas reproducciones de esos modelos, deberían ser capaces de utilizarlos para establecer relaciones entre la teoría presentada y los fenómenos. Sin embargo se puede observar que ni los modelos mentales resultan copias perfectas de los modelos conceptuales que los profesores y los científicos generan, ni ese proceso de modelización resulta tan evidente para los alumnos. De este modo podrían interpretarse las respuestas dadas por los estudiantes sobre estos temas, puesto que se deben a invariantes que la docencia no ha sido capaz de modificar ya que el aprendizaje del conocimiento científico supone, consecuentemente, la modificación de los esquemas y, por ende y para ello, la reestructuración y el enriquecimiento de los modelos mentales que los jóvenes generan.

Por eso será necesario que los profesores comprendan que el razonamiento basado en modelos es una habilidad altamente deseable, pero requiere de práctica y capacitación dentro de la cultura de la clase. Debe considerarse que ninguna representación por sí sola puede llegar a dar cuenta de todas las facetas de un fenómeno. Este aspecto puede chocar con la imagen que tienen los alumnos sobre un modelo, que para ellos, como manifestaron algunos, suelen no ser más que réplicas exactas de la realidad. En este sentido, el uso de diversos modelos sumado a la intervención adecuada del docente, podrían contribuir a fortalecer el desarrollo y cambio en los modelos mentales que tienen los alumnos. Resulta necesaria también la mediación docente durante el trabajo con imágenes, tan frecuente en las clases de ciencia ya que las imágenes no constituyen meros objetos contemplativos, por el contrario, se ha de trabajar sobre ellas observándolas, modificándolas, criticándolas, sustituyéndolas.

La nueva sociedad de la información presente en la vida de nuestros jóvenes requiere una capacitación específica que desemboque en una verdadera alfabetización científico-visual acorde con su peso en dicha sociedad. La gran diversidad de imágenes presentes en la educación formal e informal exige una rigurosa selección de las mismas en función de los objetivos educativos planteados, sin descartar el uso de distintos tipos de imágenes para representar un mismo hecho científico.

Del mismo modo que el docente diseña actividades de análisis de texto escrito (lectura de un libro, resolución de problemas, etc.) también debería contemplar la interpretación visual de gráficos, la detección de errores en las figuras, la construcción de gráficos, etc., en búsqueda de la coherencia verbal y visual. Los contenidos complejos suelen verse favorecidos por su representación icónica.

Una de las principales funciones de las imágenes simbólicas en el conocimiento científico es la de constituir un medio de representación de dicho conocimiento a través del proceso de modelización, por lo que debiera potenciarse su uso teniendo presente una clara separación entre los planos real, teórico y simbólico. Ello implica recuperar las imágenes preexistentes pero también formas alternativas.

Son, entonces, los docentes los encargados de hacer asequibles a los alumnos unos saberes que fueron construidos por otros actores en otros contextos sociales y con fines particulares. Camilloni (2007, p. 144) propone que “enseñar es una acción orientada hacia otros y realizada con otros”, es por eso que el docente se convierte en mediador clave entre los estudiantes y los saberes en cuestión, con la finalidad de facilitar su acceso a determinados objetos culturales.

Por el contrario, la posible consecuencia de la utilización de modelos científicos simplificados, carentes de contexto histórico y sin las indicaciones adecuadas producto de la mediación docente, que le permitan al estudiante el análisis de las limitaciones y alcances del modelo en cuestión, podrían más que facilitar el aprendizaje, propiciar confusión en los alumnos.

Por otra parte si la persona entiende cómo se produce un fenómeno, cuáles son las causas que lo provocan, cómo se relacionan los elementos que intervienen, entonces entiende el fenómeno; al mismo tiempo, el modelo de trabajo que construya estará estrechamente relacionado con sus saberes previos y sobre todo con aquellos saberes que la situación problemática a la que se enfrenta le permita evocar. Aquí toman relevancia las prácticas constructivistas, poco habituales en el ámbito universitario.

Como sostienen Fernández González et al. (2003) aprender ciencia requiere, por tanto, aprender modelos y reconstruirlos en el aula. En el momento en que se les solicitó a los alumnos en la encuesta que propusieran un nuevo nombre para el modelo de membrana, algunos propusieron un nombre vinculado a la estructura de la misma, otros relacionado a su función, mientras que otros eligieron un nombre analógico (colchón, sándwich, aduana). De este modo puede evidenciarse que no todas las personas modelizan de la misma manera, sino que cada una lo hará con distintos grados de abstracción en función

de sus posibilidades en términos del estadio de pensamiento en que se encuentre, el manejo y la comprensión de conceptos involucrados en el fenómeno, etc.

Son muchas las contribuciones que producto de este análisis pueden realizarse a la didáctica de las ciencias naturales. Por un lado, atendiendo que la formalización de los modelos científicos hace que a menudo estén fuera de las capacidades operatorias y de la disponibilidad de conocimientos previos de los alumnos será necesaria su reconstrucción en el aula por medio de una imagen didáctica adecuada producto de la trasposición. Siendo los modelos instrumentos mediadores entre la realidad y la teoría, el alumno aprende ciencia cuando el modelo mental va transformándose en modelo científico.

Por otra parte, la enseñanza de la ciencia en los diferentes niveles educativos aporta, no solo a una instrucción general amplia del sujeto, sino también al desarrollo de diferentes competencias científicas. De este modo, al trabajar en las clases de ciencias con modelos, los alumnos pueden desarrollar formas de pensar y aprender que se asemejan bastante a las formas científicas de pensar e investigar.

Respecto de la enseñanza universitaria en particular, que ha sido el ámbito de este trabajo de investigación, puede considerarse que se atraviesan momentos de crisis e interrogación, que invitan a sus actores a un debate interno y a una etapa de transición en el proceso. Parafraseando a Morin (2001:8): “La reforma del pensamiento exige la reforma de la Universidad”. Esta situación tiene que ver con el reconocimiento y la asunción de que la docencia es un continuo repensar la práctica, aún en el nivel superior y que la dinámica áulica implica cambios permanentes y ajustes continuos y coherentes con los cambios sociales.

Tradicionalmente la educación superior ha estado centrada en el rol del profesor activo, transmisivo, frente a un alumno pasivo que desde su condición no tenían nada que aportar, decir, opinar ni cuestionar. Esta metodología ha permanecido invariable durante siglos, no obstante, en la actualidad, esta perspectiva educativa, basada en la transmisión de información y fundamentada en la metodología expositiva, parece no dar respuesta a las demandas de la sociedad de nuestro tiempo.

Sería conveniente también que los docentes en las aulas universitarias comprendan que los alumnos de primer año de la Facultad de Psicología, tienen en su haber una trayectoria educativa que puede, en mayor o en menor medida, haber realizado aportes a los temas vinculados con las ciencias naturales. Se podría partir del supuesto de que, en función de su trayecto educativo los alumnos podrían conceptualizar, interpretar o

utilizar de diferentes maneras el modelo de membrana citoplasmática. Si bien en los resultados de este trabajo de Tesis no se observa una relación directa entre la orientación del título secundario (sociales, naturales, gestión y economía, etc.) de los alumnos y las respuestas esperadas, ni tampoco una relación directa entre la orientación del título secundario y la nota obtenida en el final o promoción de la materia, es necesario destacar que muchos de los encuestados indicaron que los conocimientos adquiridos en el nivel secundario fueron importantes, tanto para aquellos que manifestaron facilidad y afinidad por la materia Biología Humana como para aquellos que manifestaron dificultad con los contenidos vinculados a las células. Conocer las trayectorias educativa de sus alumnos podría aportar a los docentes de esta cátedra datos significativos que se verían reflejados en el desempeño y rendimiento de los estudiantes.

Se espera también que los resultados de la presente investigación inviten a los docentes en ciencia a reflexionar y proponer a los estudiantes actividades en las que se plantee la elaboración, revisión y evaluación del grado de validez y las limitaciones del modelo en cuestión. Los modelos, como por ejemplo el de membrana citoplasmática, pueden ser revisado en clase, criticados, modificados y consensuados, evitando de este modo la imposición autoritaria del punto vista científico.

Los alumnos necesitan aprender acerca de cómo los modelos expresados son debatidos y probados hasta que llegan a ser aceptados por la comunidad científica. Este es un aspecto que representa bien la dimensión social de la ciencia y que debería ser objeto de estudio y reflexión también desde la enseñanza y el aprendizaje. Esto constituye en sí un buen motivo para pensar en la incorporación de la historia de la ciencia en las clases de Biología. Singer (citado por Rossi, 1990) confirma esto diciendo:

Apreciar a las ciencias en sus recíprocas relaciones evolutivas, y en sus relaciones con la historia como un todo, ayudará al profesor de ciencias a presentar sus temas como el producto de una progresiva evolución del espíritu humano en lugar de como una mera descripción de un fenómeno (p. 159).

En este sentido se concluye también que sería necesario que se modificaran algunas prácticas en las aulas universitarias, movilizandoviejas estructuras. Podría pensarse, por ejemplo, en la inclusión de la historia de la ciencia vinculada, en este caso, a la historia del modelo de membrana citoplasmática. De este modo los alumnos podrían comprender que el modelo de mosaico fluido no es una “verdad” en sí misma sino que es producto de una historia y el más aceptado en la actualidad por la comunidad

científica, quién lo pondrá en cuestión y revisión permanente para su posible mejoramiento.

El hecho de que un modelo sea una construcción humana y un conocimiento provisorio, no implica que no pueda cumplir perfectamente las funciones para las que fue diseñado: describir, explicar y predecir el objeto de estudio. Tal como lo proponen diferentes autores citados en este trabajo de Tesis, en las actividades de modelización debe ayudarse a los estudiantes a reflexionar sobre los propósitos y productos del proceso de modelado, poniendo en juego las funciones de los modelos (describir, explicar y predecir) y sus limitaciones, primero con modelos ya establecidos y luego con los diseñados por ellos mismos; además de trabajar con los estudiantes las características y el uso de las analogías, entre otras cosas.

Todo indicaría que una combinación de estrategias ayudaría a lograr el objetivo de mejorar el aprendizaje del concepto de modelo científico, apuntando a la complementariedad de actividades integradas de la naturaleza de la ciencia con el contenido científico. Las actividades metacientíficas, entendidas como aquellas que implican reflexionar sobre la naturaleza de los modelos, resultan necesarias para la comprensión del conocimiento científico por parte de los alumnos.

En este aspecto pueden resultar relevantes los aportes de Edgar Morin (2001) quien sugiere una reforma del pensamiento, y por lo tanto una reforma para la enseñanza. Este autor propone abandonar el paradigma del pensamiento simplificador en reemplazo por un paradigma de pensamiento complejizador o complejo. El pensamiento complejo integra la incertidumbre y concibe la organización que contextualiza, globaliza, pero también reconoce lo singular y lo concreto. El método tradicional separaba para conocer y el pensamiento complejo contextualiza, globaliza y relaciona lo que está separado. En ese orden, se hace necesario reaprender a ver, a concebir, a pensar y a actuar.

Para finalizar, en este contexto de análisis, sería oportuno que se instalara una nueva concepción del hombre a partir de las intervenciones de los docentes que dictan la materia Biología Humana y otras asignaturas afines. De este modo no habría lugar a dudas para los alumnos la relevancia de esta materia biológica en el contexto de una carrera de tipo social. En este sentido las Neurociencias, entendidas como la nueva disciplina que comprende la Biología del sistema nervioso y las ciencias del hombre y la sociedad, junto con las ciencias "duras" (matemática, lógica), abarcadoras de aspectos

teóricos y abstractos, hasta aproximaciones médicas, tecnológicas e industriales, constituyen un buen marco de acción docente disciplinar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Díaz, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*. 1(1), 3-16.
- Acosta, S. y García, M. (2012). Estrategias de enseñanza utilizadas por los docentes de biología en las universidades públicas. *Revista Omnia*. 18(2), 67-82. Universidad de Zulia. Venezuela.
- Adúriz Bravo, A. (1999-2000). La didáctica de las ciencias como disciplina. *Enseñanza*, 17-18, 61-74.
- Adúriz Bravo, A.; Izquierdo Aymerich, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. 1 (3):130-140.
- Adúriz Bravo, A., Eguren, L., y Rocha, A. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. En *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3).
- Adúriz Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz Bravo (2008). “¿Existirá el método científico?” en L. Galagovsky. (coordinadora) *¿Qué tienen de “naturales” las ciencias naturales?* Buenos Aires: Editorial Biblos.
- Adúriz-Bravo, A. (2011). “Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución”. En L. Galagovsky (coordinadora). *Didáctica de las Ciencias Naturales: El caso de los modelos científicos* (pp. 141-160). Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Alberts, B.; Bray, D.; Hopkin, K.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. (2007). *Introducción a la Biología Celular*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana
- Ander- Egg, E. (2004). *Métodos y técnicas de investigación social II. La ciencia: su método y la expresión del conocimiento científico*. Buenos Aires: Grupo Editorial Lumen.

- Andrade de Martins, R. (2006). “Introdução: A história das ciencias e seus usos na educação” en Celestino Silva, C. (org.) *Estudos de história e filosofia das ciencias*. San Pablo: editora Livraria da Fisica, p.p XVII-XXXX.
- Ansermet, F. y Magistretti, P. (2006). *A cada cual su cerebro. Plasticidad neuronal e inconsciente*. Buenos Aires: Katz.
- Aranega, C. Peme de (1989). Un marco teórico referencial para la Didáctica. Teorías psicológicas contemporáneas y actuales del aprendizaje. *Trabajos de Educación en Ciencias*. Núm. 2. Facultad de Matemática, Astronomía y Física. UNC.
- Ardila, R. (2007). Psicología en el contexto de las ciencias naturales, comportamiento y evolución. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 31(120), 395-403.
- Astolfi, J.P. (1987). El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. Ponencia presentada en II Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas. Valencia, España.
- Astolfi, J.P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 12: 206-16.
- Audisio, E. (2009). Interrelaciones de la biología con la psicología: aportes para su problematización. *Revista Mnémica (Facultad de Psicología – UNR)*, 1: 167-182.
- Audisio, E. (2013). Concepciones sobre la importancia de los contenidos biológicos en la formación del psicólogo. *e-universitas, UNR Journal* 6(1).
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D.; Novak, J.D. y Hanesian, H. (1978). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Azofra, M. J. (1999). *Cuestionarios. Cuadernos metodológicos*. CIS, Madrid.
- Bacigalupe, M.A. y Mancini, V. (2014). Contribuciones para la construcción de un enfoque de las neurociencias de y con la educación en la formación universitaria de pregrado en ciencias de la educación. *Profesorado: Revista de currículum y formación del profesorado* 18(1): 431-440.

- Banet, E. y Nuñez, F. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2):105-110.
- Barquero, B. (1995). La representación de estados mentales en la comprensión de textos desde el enfoque teórico de los modelos mentales. Tesis doctoral. U.A. de Madrid. Citado en Rodríguez Palmero, M.L. y Moreira, M.A. (1999). Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências*. 4(2).
- Basabe, L. y Cols, E. (2007). La Enseñanza. En A. Camilloni, *El saber didáctico*. 125-159. Bs. As.: Paidós.
- Becker W.M. y Hardin, J. (2007). *El mundo de la célula*. USA: Pearson- Addison Westwy. 6ta. Edición.
- Bruner, J. (1987) *La importancia de la educación*. Buenos Aires: Paidós Educador.
- Bruner, J. (1996). *La educación, puerta de la cultura*. Madrid: Visor.
- Buitrago Reinoso, M.A. (2014). Enseñanza-aprendizaje del concepto de célula en estudiantes de básica secundaria. Tesis de Magister. U. N. Colombia.
- Bunge, M. (1983). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- Bybee, R. y De Boer, G.B. (1994). Research on goals for the Science curriculum. En Gabel, D.L. *Handbook of Research on Science Teaching and learning*. New York: Mc Millan P.C.
- Camilloni, A. (2007). *El saber didáctico*. Buenos Aires: Paidós.
- Coll, R.; France, B. y Taylor, I. (2006). El papel de los modelos y analogías en la educación en ciencias: Implicaciones desde la investigación. *Eureka* 3(1).
- Cook, T. D. y Reichardt, Ch. S. (1986). *Métodos cualitativos y cuantitativos en la investigación evaluativa*. Madrid: Morata. S.A.
- Creswell, J. W.; Plano Clark, V. L.; Gutmann, M. L., & Hanson, W. E. (2003). Advanced mixed methods research designs. En A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), *Handbook of mixed methods in social and behavioral research* (pp. 209–240). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Curtis, H., Barnes, N. S., Schnek, A., Massarini, A. (2008). *Biología*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Chamizo, J.A. y García Franco, A. (2010). *Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Damasio, A. (2013). *El error de Descartes*. Bs. As.: Editorial Paidós.
- de Garay Sánchez, A. y Sánchez Medina, R. (2012). La modificación de la política de admisión en la UAM y los cambios entre las trayectorias escolares al primer año de estudios en la Unidad Azcapotzalco. *Perfiles educativos* 24(135): 78-99. México.
- De Robertis, E. y De Robertis, E. (1986). *Biología celular y molecular*. Bs. As.: El Ateneo.
- De Robertis, E. y Hib, J. (1998). *Fundamentos de la Biología celular y molecular*. Bs. As.: El Ateneo.
- De Robertis, E. y Hib, J. (2004). *Fundamentos de la Biología celular y molecular*. Bs. As.: El Ateneo.
- Dibarboure, M. y Rodríguez, D. (2013). *Pensando en la enseñanza de las ciencias naturales: la pregunta investigable*. Uruguay: Camus Ediciones.
- Domínguez Castiñeiras, J.M; De Pro Bueno, A.; García Rodeja Fernández, E. (2003). Esquemas de razonamiento y de acción de estudiantes de ESO de la interpretación de los cambios producidos en un sistema material. *Enseñanza de las ciencias*, 21(2), pp. 199-214.
- De la Torre, S. (2000). *Estrategias didácticas innovadoras*. Barcelona: Octaedro.
- Driver, R. y Oldham, V. (1988). Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en Ciencias, en Porlán, R; García, J. E., y Cañal, P. (comp.): *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla: Diada, 115-136.
- Driver, R. (1989). “Students conceptions and the learning of science”, *International Journal of Science Education*, vol. 11, num. especial, p.p. 481-490.
- Felipe, A.; Gallareta, S.; Merino, G. (2006). Aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias. Ejemplos en biología del desarrollo. *Revista Iberoamericana de Educación*.
- Fenstermacher, G. (1989). “Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre la enseñanza”, en: Wittrock, M., *La investigación en la enseñanza I*, Barcelona, Paidós.
- Fernández, J.; Elórtégui, N.; Rodríguez, J. F.; Moreno, T. (1997). ¿Qué idea se tiene de la ciencia desde los modelos didácticos? *Alambique*12: 87- 99.

- Fernández González, J.; Moreno Jiménez, T.; González González, B.M. (2003). Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 35: 82-89.
- Fernández González, J.; González González, B.M. y Moreno Jiménez, T. (2005). La modelización con analogías en los textos de ciencia secundaria. *Eureka* 2 (3) 430-439.
- Furió, C. y Vilches, A. (1997). “Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad”, en Luis del Carmen (coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Furman, M., y de Podestá, M.E. (2010). *La aventura de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires: Ed. Aique.
- Galagovsky, L; Adúriz Bravo, A. (2001) Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2): 231-242.
- Galagovsky, L. y Greco, M. (2009). Uso de analogías para el “aprendizaje sustentable”: el caso de la enseñanza de los niveles de organización en sistemas biológicos y sus propiedades emergentes. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias [en línea]*, Núm. especial, 10-33. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-
- Galagovsky, L; Di Giacomo, M.A; Castelo, V. (2009). Modelos vs. Dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 8(1).
- Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia: Un acercamiento Cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Giere, R. (1999). Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las ciencias*, núm. extra, p.p. 9-13.
- Gil Pérez, D. (1984). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- Gil Pérez, D.; Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez, T. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Editorial Horsori.

- Giordan, A. (2001). Aprender, un verdadero desafío en la Biología. *Revista de educación en Biología*. 4(1).
- Giúdice, J. y Galagovsky, L. (2008). Modelar la naturaleza discontinua de la materia: una propuesta para la Escuela Media. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 7(3): 629-657.
- Greca, I. y Moreira, M.A. (1998). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Cad. Cat. Enseñanza de la Física*, 15(2):107-120.
- Guevara, M. y Valdez G.R. (2004). Los modelos en la enseñanza de la Química: algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje. *Educación Química*, 15(3), 243-247.
- Gutiérrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto “modelo mental” consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências* 10(2): 209-226.
- Hernández, C. (2005). ¿Qué son las competencias científicas? Disponible en: <http://www.cneq.unan.mw>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*. 24: 173-184.
- Kuhn, Th. (1985). *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*. México: FCE, cap. 5.
- Le Boterf, G. (1995). *De la competence: essai sur un attracteué- trange*. París: Les Editiond’Organisations.
- López Noguero, F. (2007). *Metodología participativa en la Enseñanza Universitaria*. Madrid: Narcea.
- Manuale, M. (2007). *Estrategias para la comprensión: Construir una didáctica para la educación superior*. Argentina: Ediciones Universidad Nacional del Litoral.
- Marco, B. (2000). La alfabetización científica. En F. Perales y P. Cañal (Eds.) *Didáctica de las ciencias experimentales*, Alcoi: Marfil.
- McMillan, J. y Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa. Una introducción conceptual*. Madrid: Pearson Educación.
- Meirieu, P. (1998). *Frankenstein educador*. Barcelona: Laertes.

- Membiela, P. (2002). Las temáticas transversales en la educación científica. *Alambique* 32. 17-23.
- Merino, G. (1995). *Didáctica de las Ciencias Naturales. Aportes para una renovada metodología*. Bs. As.: El Ateneo.
- Merino, G. (1996). *De qué hablamos cuando hablamos de alfabetización científica para la ciudadanía del siglo XXI. Ciencia, tecnología y vida cotidiana*. Uruguay: Editores y compiladores Bottinelli N. y Giamello R.
- Merino, G. (1998). *Enseñar Ciencias Naturales en el tercer ciclo de la E.G.B.* Bs. As.: Aique.
- Merino, G. (2003). Enseñanza de las Ciencias Naturales: Génesis, cuestiones presentes y perspectivas futuras de su Didáctica. Tesis Doctoral. La Plata. Argentina.
- Moreira, M. A. (1996). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1). En línea en: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- Moreira, M.A.; Greca, I.M. y Rodríguez Palmero, M.L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), 37-57.
- Morin, E. (2001). *La cabeza bien puesta*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Nappa, N., Insausti, M., y Sigüenza, A. (2006). Características en la construcción y rodaje de los modelos mentales generados sobre las disoluciones. *Eureka* 3(1), 2-22. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92030102>.
- Nicastro, S. y Greco M. (2009). *Entre Trayectorias: Escenas y Pensamientos en espacios de formación*. Buenos Aires: Homo Sapiens.
- Perales, F. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3): 369-386.
- Perales Palacios, F. J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza De las ciencias*, 24(1): 13-40.
- Perales, F. (2008). La Imagen en la Enseñanza de las Ciencias: Algunos Resultados de Investigación en la Universidad de Granada, España. *Formación Universitaria* 1(4): 13-22.
- Perrenoud, P. (2005). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Grao.

- Piña Osorio, J.M. (1997). Consideraciones sobre la etnografía educativa. *Perfiles educativos.V XIX (78)*. Disponible en <http://132.248.192.201/seccion/perfiles/1997/n78a1997/mx.peredu.1997.n78.p39-56.pdf>
- Porlán, R. (1988). “El pensamiento científico y pedagógico de maestros en formación”, en Porlán, R., García, J. E. y Cañal, P. (Comp.). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada.
- Pozo, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I. (1997). *Enfoques para la enseñanza de la Ciencias*. Madrid: Editorial Morata.
- Pozo, J. I. (1999). Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: Del cambio conceptual a la integración jerárquica. *Enseñanza de las ciencias. Núm. extra*. 15-31
- Prieto Navarro, L. (2008). *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje*. Barcelona: Editorial Octaedro-Ice.
- Pujol, R. (2002). Educación científica para la ciudadanía en formación. *Alambique 32*: 9-16.
- Ramírez, S.; Legarralde, T.; Lapasta, L.; Vilches, A.; y Matschke, V. (2012). *Alfabetización científica en alumnos de nivel primario y secundario*. La Plata: Editorial Molinari.
- Raviolo, A. (2009). Recursos didácticos visuales en la clase de ciencias. II Jornadas de Enseñanza e investigación educativa en el campo de las ciencias Exactas y Naturales Actas, II (2): 331-338. La Plata.
- Raviolo, A.; Ramírez, P.; López, E. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka*, 7(3): 561-612.
- Rodríguez Palmero, M.L. (1997). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/aprendizaje de la estructura y del funcionamiento celular. I.B. Dr. Antonio Glez y Glez. C/Felipe del Castillo nº 15. Tejina. La Laguna. Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias
- Rodríguez Palmero, M.L. y Moreira, M.A. (1999). Modelos mentales de la estructura y del funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências 4(2)*.

- Rodríguez Palmero, M. L. (2001). Modelos mentales de célula. El caso de Genoveva. Aceptado en *Currículum*. Universidad de la Laguna. España.
- Rodríguez Palmero, M.L.; Marrero Acosta, 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* 6(3): 243-268.
- Rodríguez Palmero, M.L. y Moreira, M.A. (2002). Modelos mentales vs esquemas de célula. *Investigações em Ensino de Ciências* 7(1):77-103.
- Rodríguez Palmero, M. L; González González, A.; Moreira M. A. (2006). La célula, cinco años después. Instituto de Física, U.F. de Río Grande del Sur. Brasil. En <https://apice.webs.ull.es/pdf/151-056.pdf>
- Roe, R. (2002). "What makes a competent psychologist?" *European Psychologist* 7 (3) 192-202. (Publicado en castellano en castellano en: Papeles del Psicólogo, 2003,83).
- Rossi, P. (1990). "Perfil de la historia de la ciencia en el siglo XX" en *Las Arañas y las Hormigas*, trad. J. Bignozzi, Barcelona: Crítica. 153-195.
- Rossi, A. (2003). Estudios de las dificultades post-instruccionales de alumnos universitarios en la interpretación del modelo estructural y funcional de membrana plasmática: influencia de los materiales curriculares. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza. Argentina.
- Ruse, M. (2008). *Charles Darwin*. Buenos Aires: Katz.
- Sacks, O. (2002). *El hombre que confundió a su mujer con un sombrero*. Barcelona: Ed. Anagrama.
- Samaja, J.A. (2004). *Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*. Bs. As: Eudeba.
- Sanmartí, N. (sin fecha). Enseñar y aprender Ciencias: algunas reflexiones. Disponible en <http://www.guiasenseanzasmedias.es/verpdf.asp?area=natura&archivo=GR104.pdf>
- San Martín, E. y Sánchez Soto, I. (2009). Unidad didáctica para abordar el concepto de célula desde la resolución de problemas por investigación. *Paradigma*, 1(30): 63-85.

- Santamaría Cortes, L.; Llanos Tobar, L.; Cortes Marín, M.E.; Martínez Blandón, G.; Urrea Aguirre, M.; Betancourt Sepúlveda, C.; Galindo Castaño, H.; del Río Trujillo, D. (2012). Obstáculos epistemológicos en la enseñanza del concepto de célula. *Revista Investigumire: Ciencias Sociales y Humanas*. 3(3), 38-52.
- Sanz de Acedo Lizarraga, M.L (2010). *Competencias cognitivas en Educación Superior*. Madrid: Nancea ediciones.
- Serrano, T. (1987). Los marcos alternativos de los alumnos, un nuevo enfoque en la investigación sobre el aprendizaje de las ciencias. *Bordón*, 363-386.
- Solomon, E.P.; Berg, L. y Martín, D. (2001). *Biología*. México: Mc Graw- Hill Interamericana.
- Sutz, J. (1996). *Ciencia, tecnología, innovación e inclusión: una cuestión de agendas*. *Ciencia, tecnología y vida cotidiana*. Uruguay: Editores y compiladores: Bottinelli N. y Giamello R.
- Tamayo Hurtado, M. y González García, F. (2003). Algunas dificultades en la enseñanza de la histología animal. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). (<http://www.saum.uvigo.es/reec/lang/spanish/volumenes.htm>).
- Taylor, S. y Bogdan, R. (2000). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Paidós.
- Terigi, F. (2007). Los desafíos que plantean las trayectorias escolares. Fundación Santillana, III Foro Latinoamericano de Educación, Jóvenes y Docentes. La escuela secundaria en el mundo de hoy.
- Treagust, D.; Chittleborough, G. y Mamiala, T. (2004). Comprensión de los estudiantes acerca de la naturaleza descriptiva y predictiva de los modelos escolares en química orgánica. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 272-274.
- Vielma Vielma E. y Salas M. L. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner. Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo *Ed. Educere*. Universidad de los Andes Mérida, Venezuela. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Universidad Autónoma de México.

- Vestfrid, M. y Luis, M. A. (2011). Biología Humana: Programa 2011. Documento de cátedra. Facultad de Psicología, Universidad Nacional de La Plata. Disponible en:

http://www.psico.unlp.edu.ar/content/programa_biol%C3%ADa_humana

ANEXO

ANEXO I

Mes..... 201..

Datos del encuestado:

Edad:..... e- mail.....

Año de la carrera de Psicología que cursas actualmente.....

Año en que cursaste la materia Biología Humana 20....

Año de egreso del colegio secundario:.....

Orientación del título secundario:.....

Rendiste el final de Biología Humana? Si..... No.....; Promocioné:.....

Nota:.....

En la materia Biología Humana, del primer año de la carrera de Psicología, estudiaste, entre otros temas, la estructura de la célula eucariota. Esta unidad de vida está limitada por la membrana citoplasmática.

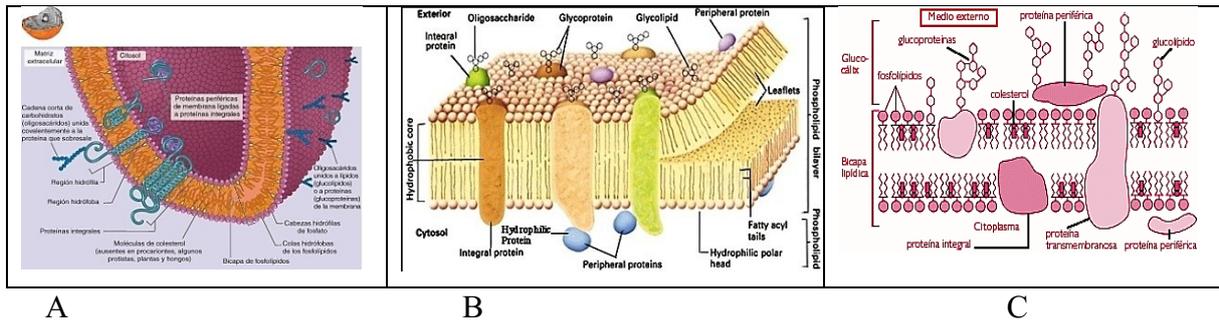
1.- ¿Recordás el nombre del modelo que representa a la membrana citoplasmática?

Si..... No..... Si lo recordás,

mencionalo.....

¿Podrías dibujarlo?

2.- ¿Cuál de todos estos gráficos consideras que representa el modelo de membrana citoplasmática?



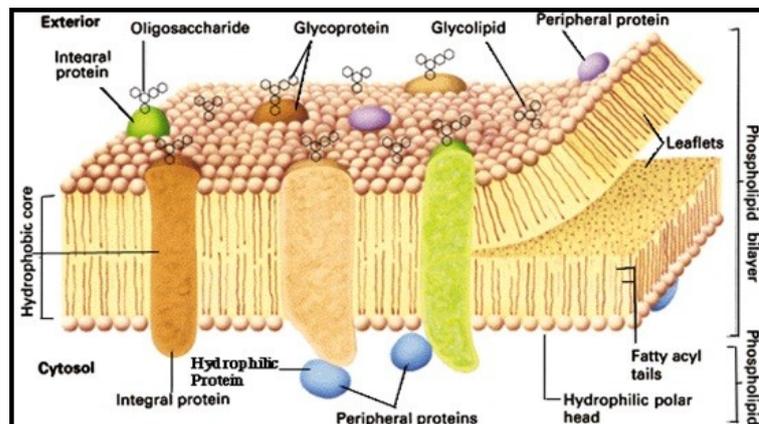
Marca con una cruz:

- El A..... porque.....
- El B..... porque.....
- El C..... porque.....
- Todos..... porque.....
- Ninguno..... porque.....

3.- Selecciona una opción, ¿Qué representan, a tu criterio, los gráficos presentados en el punto anterior?:

- a.- Constituyen una imagen de la membrana tal como se vería a microscopio electrónico.....
- b.- Son una representación elaborada por los científicos para facilitar la comprensión de la estructura de la membrana.....
- c.- Las dos anteriores son correctas.....

4.- En el caso que no recuerdes el nombre del modelo que representa a la membrana citoplasmática (pregunta 1 a sin responder), observando esta representación:



¿Qué nombre le darías al modelo de membrana citoplasmática, del tal modo que te facilite recordar su estructura o partes? ¡Tenés que usar tu creatividad!

5.- Marca una opción con una cruz: Los contenidos de esta materia, asociados al estudio de las células, sus partes y su función ¿te resultaron:

a.- fáciles de comprender.....

b.- difíciles de comprender.....

Porque.....