

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**



**ANÁLISIS DE LAS EXPLICACIONES CIENTÍFICAS  
DEL ESTUDIANTADO DE PRIMERO MEDIO SEGÚN EL SEXO.  
Una Propuesta Coeducativa para la enseñanza-aprendizaje  
del comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio  
refractor y el microscopio, utilizando como recurso la  
“Ciencia Ficción Feminista”**

**Robbie Barrera Yáñez**

**Pablo Jiménez Jaime**

**Profesora Guía:**

**Johanna Camacho González**

**Dra. En Ciencias de la Educación**

**Seminario de Grado para optar al grado de  
Licenciado en Educación de Física y Matemática**

**Santiago – Chile**

**2013**

**ANÁLISIS DE LAS EXPLICACIONES CIENTÍFICAS  
DEL ESTUDIANTADO DE PRIMERO MEDIO SEGÚN EL SEXO.  
Una Propuesta Coeducativa para la enseñanza-aprendizaje  
del comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio  
refractor y el microscopio, utilizando como recurso la  
“Ciencia Ficción Feminista”**

**Robbie Barrera Yáñez**

**Pablo Jiménez Jaime**

**Seminario de Investigación enmarcado en el Proyecto FONDECYT 11121249. Creencias  
del profesorado sobre las relaciones entre la ciencia y  
el género en la Educación Científica y sus consecuencias,  
en el desarrollo de las prácticas pedagógicas.  
Investigadora Responsable. Dra. Johanna Camacho González**

**Santiago – Chile**

**2013**

**XXXXXX** © Robbie Barrera Yáñez  
Pablo jimenez Jaime

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra, con fines Académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y Cuando se incluya la cita bibliográfica del documento.

**ANÁLISIS DE LAS EXPLICACIONES CIENTÍFICAS  
DEL ESTUDIANTADO DE PRIMERO MEDIO SEGÚN EL SEXO.  
Una Propuesta Coeducativa para la enseñanza-aprendizaje  
del comportamiento de la luz  
en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio,  
utilizando como recurso la “Ciencia Ficción Feminista”**

**Robbie Barrera Yáñez**

**Pablo Jiménez Jaime**

Este trabajo de graduación fue elaborado bajo la supervisión de la profesora guía Dra. Johanna Camacho González y ha sido aprobado por los miembros de la comisión calificadora, Sra. Carla Hernández Silva y Sra. Soledad Saavedra Ulloa.

---

Sra. Carla Hernandez Silva  
Profesora Correctora

---

Sra. Soledad Saavedra Ulloa  
Profesora Correctora

---

Sra. Yolanda Vargas Hernandez  
Directora

---

Sra. Johanna Camacho González  
Profesora Guía

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE	i
Indice de Esquemas	vi
Indice de Tablas	vii
Indice de Gráficos	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Antecedentes de la Educación a partir de las Pruebas Nacionales e Internacionales	1
1.2 Contexto Cultural Científico: la Ciencia Ficción	4
1.3 La Explicación Científica	5
1.4 Objetivos	7
1.5 Supuestos Teóricos	8
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Reflexiones Iniciales acerca de la Ciencia	11
2.1.1 El Modelo Cognitivo de Ciencia	12
2.2 La presencia del Sexo y del Género en la Educación Científica	18
2.2.1 ¿Qué entendemos por sexo?	18
2.2.2 ¿Qué entendemos por género?	20
2.2.2.1 El Cisgénero y Transgénero	23
2.2.3 Androcentrismo en el Curriculum de Ciencias	25
2.2.4 Situaciones Didácticas	28
2.3 Ciencia Ficción Feminista	30

2.3.1 Características de la Ciencia Ficción como elemento de la Cultura Contemporánea	33
2.3.2 Nacimiento de la Ciencia Ficción Feminista: el cambio de los roles sexuales	36
2.3.3 Antecedentes del uso de la Ciencia Ficción como Recurso Didáctico	39
2.3.3.1 La Ciencia Ficción como modo de contextualizar el Conocimiento Científico	41
2.3.3.2 La Ciencia Ficción como modo de generar aprendizajes y competencias con enfoque sociocognitivo	43
2.4 La Explicación como Competencia científica	45
2.4.1 Competencia Científica	45
2.4.2 La Explicación Científica	47
2.4.2.1 ¿Qué entenderemos por Explicación Científica?	49
2.5 Modelos Explicativos en Ciencia	54
2.5.1 La construcción de Sistema Conceptuales	54
2.5.2 Perspectivas de Construcción de Modelos Explicativos	55
2.5.3 Modelos Científicos en la clase de Ciencias	56
2.5.4 Modelos Explicativos según Sexo	61
2.6 Secuencias para la elaboración de una Unidad Didáctica	62
2.6.1 La Enseñanza de las Ciencias Basada en la indagación (ECBI)	63
2.6.2 El modelo “5E”	64
2.6.3 Ciclo Constructivista de Aprendizaje	67

2.6.4 Razones que Justifican el Trabajo basado en el modelo 5E	68
2.7 Antecedentes sobre la Enseñanza-Aprendizaje del Comportamiento de la Luz en el ojo humano, el telescopio Refractor y el Microscopio	69
2.7.1 La Sub-unidad de “Luz en Lentes Convergentes y Divergentes” en el Aula	69
3. MARCO METODOLÓGICO	71
3.1 Fundamentación de la Metodología Cualitativa	71
3.2 Diseño de la Investigación	74
3.2.1 Diseño Didáctico	74
3.2.1.1 Antecedentes Curriculares	74
<i>a) Contexto Curricular en Chile</i>	75
<i>b) Ejes Temáticos propuestos por Planes y Programas</i>	76
<i>c) Características Generales de la Unidad Didáctica</i>	77
3.2.1.2 Descripción Técnica de la Propuesta Didáctica	79
3.2.1.3 Justificación Pedagógica para la Elaboración de la Propuesta	81
<i>a) Decisiones y Estrategias</i>	81
<i>b) Metodología de Resolución de Problemas</i>	83
3.2.1.4 Proceso de Validación	84
3.2.2 Análisis de la Explicaciones Escolares	87
3.2.2.1 Participantes del Estudio	88
3.2.2.2 Recolección de Datos	90
3.2.2.2.1 Instrumento de Recolección de Datos	96
3.2.2.3 El Análisis de Contenido	97

3.2.2.4 Plan de Análisis de los Datos	99
<i>a) Preparación del Corpus</i>	101
<i>b) Reducción de Datos</i>	110
<i>c) Triangulación Interna por los Investigadores</i>	112
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	114
4.1 Elaboración de una Propuesta Didáctica de carácter coeducativo	114
4.1.1 Resultados del Proceso de Validación	115
4.1.2 Unidad Didáctica	116
4.2 Análisis de las Explicaciones Científicas	129
4.2.1 Caracterización según Modelos y Tipos de Explicación	130
<i>a) Modelos de Explicación Científica</i>	130
<i>b) Caracterización según Tipo</i>	145
<i>c) Distribución General de Tipos y Modelos</i>	159
4.2.2 Distribución de Tipos y Modelos según Sexo	164
4.3 Complejidad Total	165
4.4 Análisis Según Sexo de las Explicaciones Científicas	172
4.4.1 Presencia de Mujeres y Hombres en un Modelo Determinado	172
4.4.2 Presencia de un Sexo en los Tipos y Modelos, comparados con el total de los Participantes	175
4.4.2.1 Distribución de Sexo en un Modelo determinado, separados según Nivel	175
4.4.2.2 Distribución de Sexo en un Nivel determinado, separados según Modelo	178
4.4.3 Distribución de Sexo según Categoría de Complejidad Total	180
5. CONCLUSIONES	182

6. COMENTARIOS FINALES Y PROYECCIONES	217
7. BIBLIOGRAFÍA	220
8. ANEXOS (CD-ROM)	228
Anexo 1 - material enviado a los pares evaluadores	
Anexo 2 - corpus y explicaciones	
Anexo 3 - documentos originales de las y los participantes	

## ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema nº1: “Transgénero y Cisgénero”. Extraído de Meyer, 2010:38	24
Esquema nº2: elementos comunes entre la Ciencia y la Ciencia Ficción. (Tomado de: García, 2009)	44
Esquema nº3: La explicación científica como competencia científica (Tomado de Camacho, 2012:6)	53
Esquema nº4: ejemplo de reconstrucción de modelos - Tomado de Arzola, Muñoz, Rodríguez y Camacho, 2011, página 12.	60
Esquema nº5: construcción total de parte del Corpus	109
Esquema A: “funcionamiento básico del ojo humano” (Unidad Didáctica)	119
Esquema B: “funcionamiento básico de un microscopio” (Unidad Didáctica)	120
Esquema C: “funcionamiento básico de un telescopio (refractor)” (Unidad Didáctica)	121
Esquema nº6: nivel de complejidad de las explicaciones, según tipo	151
Esquema nº7: categorías de complejidad Total de las Explicaciones	166

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº1: Características ontológicas, epistemológicas y conceptuales del conocimiento intuitivo y del conocimiento científico, a partir de Pozo y Gómez Crespo (1998). – extraída de Bravo, Pesa y Pozo, 2010, página 114.	57
Tabla nº2: “Instrumento para la Validación a través del Juicio de Expertas/os”	86
Tabla nº3: Caracterización de los Participantes	90
Tabla nº4: estructura del Corpus	101
Tabla nº5: descripción de los indicadores de la pauta de explicación científica	127
Tabla nº6: niveles de explicación según tipo	159
Tabla nº7: resumen de caracterizaciones según Modelos Explicativos y Niveles en cada uno	159
Tabla nº8: resumen de caracterizaciones según Niveles y Modelos Explicativos en cada uno	161
Tabla nº9: resumen de distribución de Tipos y Modelos según Sexo	164
Tabla nº10: complejidad total de las explicaciones científicas de las y los Participantes	171
Tabla nº11: distribución de Sexo según Modelo Explicativo	172
Tabla nº12: Distribución de Sexo en un Modelo determinado, separados según Nivel	175
Tabla nº13: Distribución de Sexo en un Nivel determinado, separados según Modelo	178
Tabla nº14: Distribución de Sexo según Categoría de Complejidad Total	180

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico nº1: promedio de los indicadores de evaluación de la UD.	115
Gráfico nº2: distribución de los participantes según Modelo Explicativo	143
Gráfico nº3: resumen de caracterizaciones según Modelos Explicativos y Niveles en cada uno	160
Gráfico nº4: resumen de caracterizaciones según Niveles y Modelos Explicativos en cada uno	162
Gráfico nº5: distribución de Sexo según Modelo Explicativo	173
Gráfico nº6: Distribución de Sexo en un Modelo determinado, separados según Nivel	175
Gráfico nº7: Distribución de Sexo en un Nivel determinado, separados según Modelo	179
Gráfico nº8: Distribución de Sexo según Categoría de Complejidad Total	180

## RESUMEN

El trabajo de este seminario tuvo como directriz el analizar las explicaciones científicas del estudiantado según sexo. Para esto se construyó una unidad didáctica estructurada desde el modelo de las 5E y que utiliza elementos de la ciencia ficción feminista para contextualizar fenómenos físicos cotidianos, desde una perspectiva coeducativa, con el fin de motivar la creación de explicaciones originales y novedosas pero también estructuradas y coherentes con la teoría científica.

En el transcurso de este seminario podremos darnos cuenta de la importancia de realizar clases de física, desde una perspectiva coeducativa, para promover el aprendizaje de todos los participantes de la clase independiente de su sexo, pues vivimos en un país que tiene clases de ciencia androcéntricas, lo que deriva en el alejamiento de las mujeres en el ámbito de las ciencias

También abordaremos la utilidad y pertinencia de utilizar la ciencia ficción como herramienta de contextualización de fenómenos físicos, para acercar al estudiantado a través del interés que siente por la ciencia ficción (García, 2009) a la clase de física.

La unidad didáctica ha sido validada por un grupo de expertos, los cuales emitieron un juicio como docentes de la asignatura de física de enseñanza media midiendo el nivel de pertinencia, factibilidad y claridad de la Unidad Didáctica.

El análisis de las explicaciones científicas se realizó con respecto al sexo, y para esto se consideraron tanto los modelos como los tipos explicativos con el fin de realizar un análisis exhaustivo y minucioso de estas

**Palabras clave:** Coeducación, Ciencia ficción feminista, Explicaciones científicas, Modelos de explicación, Tipos de explicación, Metodología 5E.

## ABSTRACT

This research had as its main line of investigation, the analysis of scientific explanations of the students depending on the sex. For this purpose, a didactical unit was developed. This unit was based on the 5E model and uses science fiction feminist elements in order to contextualize daily physics phenomena. We wanted to motivate the creation of new and original explanations that was related with scientific theory.

With this research we can notice the importance of promote the physical classes in which the students can learn no matter their sex. We still have male-dominated classes of science, and that makes women take distance from the science.

We also talk about how to use the science fiction as a tool to explain physical phenomena. In this way, the students feel more interest in science fiction.

The didactic unit was approved by expert people in this topic, who analyzed this research like a high school physical teacher.

Finally, the analysis of the scientific explanation is related to the sex of the students. Different models and types of explanation were considerate in order to have a detailed analysis.

**Keywords:** Coeducation, Feminist Science Fiction, Scientific Explanations, Models of Scientific Inquiry, Types of Explanation, “5E” Methodology.

## INTRODUCCIÓN

La ciencia a lo largo de la historia siempre se presentó como una actividad reservada a los *hombres*: prácticamente todos los científicos famosos en los libros de texto y en la clase de ciencias son hombres, y hasta las mismas unidades de medida y constantes universales llevan sus apellidos. Lo cierto es que, como toda actividad humana, de este machismo es responsable la historia misma, y el papel reducido que se le obligó a aceptar por incontables siglos a la *mujer*, a través de la misma.

La clase de ciencias en la escuela, a pesar de pertenecer a un mundo globalizado y moderno, alejado de las antiguas prácticas sexistas, cae muchas veces sin quererlo en el terrible *androcentrismo científico* reflejado en sus ejemplos, el *lenguaje* y en aquello mismo que las y los docentes *esperan* de sus estudiantes.

Aunque no puede adjudicarse solamente a este hecho el bajo nivel de *alfabetización científica* que posee en general el estudiantado chileno, según los estándares de la Organización para la cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Aunque como agravante, existen *grandes diferencias entre las competencias científicas* según sexo. Las y los jóvenes no ven la clase de ciencias como algo significativo, útil o siquiera interesante, sino como un trámite más, aburrido y solo reservado para las y los genios. Como recurso para *contextualizar las ciencias*, y hacer más entretenidas las clases, gran parte del cuerpo docente nacional hace uso de la “Ciencia Ficción”. Desgraciadamente, esto tampoco asegura una buena educación científica.

Pocas personas acuden a una sala de cine, leen un comic o disfrutan de algún elemento de la ciencia ficción con la pretensión de desentrañar los misterios científicos que se ocultan tras las espectaculares escenas que pueden observarse allí, como *las hazañas increíbles y sobrehumanas de los*

*superhéroes*. Sin embargo, el carácter didáctico de este tipo de recursos es innegable, y pocas personas que hayan dedicado su vida al estudio, construcción y enseñanza de las ciencias, pueden negar las múltiples posibilidades educativas de preguntas como las siguientes:

*¿Podría Superman moldear un planeta hasta hacer que adopte forma cúbica en lugar de esférica? ¿Hasta qué punto resulta creíble la capacidad para volar de Iron Man?*

Aprovechar esta capacidad natural de presentar fenómenos susceptibles de análisis en la clase de ciencias hace de la Ciencia Ficción un elemento de alto potencial para apoyar las clases de ciencias. No obstante, la misma ciencia Ficción es conocida por su alto carácter *androcentrista*, el cual dificultaría las clases de ciencias que buscaran trabajar bajo una metodología *coeducativa*, para resolver el problema de las diferencias según sexo.

Es justo en la época donde se vuelve popular la lucha de las mujeres por igualar las cuotas de poder en la sociedad (década del 60) en donde aparece como uno de los principales elementos nacidos de la cultura humana para “cambiar los roles sexuales” un subgénero literario llamado “la Ciencia ficción Feminista”, que mantiene todas las características de su precursora, pero que cambia drásticamente el papel que desempeñan hombres y mujeres en las historias, presentando un nuevo enfoque protagónico.

Seleccionando correctamente estos elementos de fantasía, podría contextualizarse cualquier concepto científico en clases, desde una perspectiva distinta, una inclusiva para ambos sexos, y cambiar la forma en que se hace y enseña la ciencia escolar en Chile.

# 1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

## 1.1 Antecedentes de la Educación a partir de las Pruebas Nacionales e Internacionales

En los últimos años, en nuestro país la educación se ha convertido en un tema principal en la agenda pública y en el contexto social de los medios y de la gente. Como nunca en Chile, temas como la calidad, la equidad y el enfoque dado a la Educación, se han debatido, analizado y estudiado por todos los agentes del sistema educativo (estudiantes, docentes y autoridades políticas). Digno de atención entre todas estas aristas, aparece la falta de igualdad de los procesos de Enseñanza-Aprendizaje entre sexos, particularmente en la educación científica. Podemos evidenciar esta diferencia gracias a los resultados obtenidos por el estudiantado de Chile en la prueba internacional PISA (MINEDUC 2006, 2009) y en la prueba SIMCE (2010).

Si bien la evidencia de la prueba SIMCE (MINEDUC 2010) muestra que existe una diferencia significativa en el rendimiento escolar según el sexo, favoreciendo a los varones, es gracias a la prueba PISA (2006, 2009) donde observamos en qué indicador Chile presenta la mayor diferencia según sexo: este es explicar fenómenos científicamente (MINEDUC-UCE, 2007 en MINEDUC, 2009). En las otras 2 competencias: Identificar Cuestiones Científicas y Usar Evidencia Científicas, no aparecen diferencias significativas.

Es en el SIMCE (2010) donde se pueden observar diferencias significativas entre hombres y mujeres directamente en Ciencias Naturales, en estudiantes de enseñanza Básica, lo que indica que el tema viene ya desde los primeros niveles de escolaridad. Una pregunta surge de estos resultados: ¿las estudiantes chilenas tienen menores rendimientos escolares en todos los niveles, con respecto a sus compañeros varones en las Ciencias Naturales?

Al parecer el lenguaje, las prácticas docentes, e incluso los textos de estudio (SERNAM 2009; Duarte et al., 2010) presentes en nuestro país podrían tener efectos sobre las diferencias según el sexo en el rendimiento escolar en ciencias. Según Camacho (2013), estos elementos, se presentan de forma diferenciada y el profesorado puede replicar ese trato en sus estudiantes.

Se considera sexista a todo acto, dicho, imagen, video y en general, a cualquier situación donde se promueva el trato diferenciado entre mujeres y hombres, y donde se esperan, en función de su sexo, comportamientos cotidianos definidos. Se asocia muchas veces a la discriminación, y aparece en forma muy poderosa en la publicidad actual. Quién no recuerda el comercial “le saco la sal” de un conocido analgésico, o bien uno más actual como el del yogurt en que un niño recalca que su apellido es López Rodríguez y no sólo López.

En el mismo discurso de cada persona puede aparecer el sexismo. Expresiones a las que se están habituadas, como “las damas primero”, “¿cómo están todos?” o “no seas niña y hazlo” son ejemplos de este tipo de comportamiento. En base a esto, merecerá mayor atención el discurso del cuerpo docente nacional, ya que desde ahí se construye un ambiente propicio para la enseñanza-aprendizaje, así como las relaciones con las y los estudiantes.

Podría pensarse entonces que, respecto a la existencia de prácticas docentes “sexistas” en Chile, es el profesorado el cual tendría la última responsabilidad. Sin embargo, el profesorado enseña lo que el curriculum le indica, y este, en forma explícita, presenta un carácter androcentrista en su lenguaje, ejemplos y actividades. Esto puede aminorarse al transparentar elementos del curriculum oculto, que nacen en cada aula, pero no representan una generalidad del sistema educativo de nuestro país (investigaciones como la de Márquez (1985), constatan que a pesar de la conciencia de dar una educación no diferenciada, existía una contradicción entre discurso y lo que se espera de niños y niñas). Son las bases del curriculum nacional las cuales deben cambiar sus políticas de

sexo y género, pensando en la transversalidad de estos respecto al aprendizaje, no pensando en los contenidos, sino en el discurso.

La educación en Chile debe repensarse desde la coeducación (Silva-Peña, 2009), para terminar con la transmisión de ideologías sexistas. El concepto, que a principios del siglo XX era entendido como un espacio educativo donde cohabitan hombres y mujeres, debe ser redefinido y aplicado en las aulas actuales, con lo que se ha denominado desde la teoría feminista postmoderna "la perspectiva de género sensible" donde no solo se reconocen diferencias entre los dos sexos, sino también entre personas del mismo sexo (Camacho, 2013). La redefinición de este concepto nace de su dinamismo: durante la historia de la humanidad, los roles propios de cada sexo han cambiado. En nuestros tiempos modernos, el papel de la mujer en la sociedad es más importante e influyente que nunca, lo cual obliga a las naciones a educar a la ciudadanía en la verdadera igualdad: el acceso a las oportunidades y la transversalidad de los conocimientos y labores del ser humano (Ancheta, 2010).

El problema principal que la Coeducación debe resolver es la "invisibilización" (Silva-Peña, 2010) de la mujer en la historia, específicamente de la ciencia, en donde existe el mayor androcentrismo de todos, partiendo desde los más importantes descubrimientos y logros (leyes universales, unidades de medida, fenómenos y efectos en la naturaleza con nombres de hombre) hasta la definición de "imprescindibles" de ciertas labores, adjudicadas a los hombres (dentro de las cuales, las ciencias son las más importantes para el mundo actual). Tanto mujeres como hombres viven en la misma sociedad, en contacto con los mismos avances de la ciencia y la tecnología, ¿Por qué debería entonces, el cuerpo docente, presentarla de forma distinta (Mercado, 2003) en concordancia a mujeres y a hombres?

## **1.2 Contexto Cultural Científico: la Ciencia Ficción**

Por otro lado, mirando el mundo presente, parece necesario y evidente que el ser humano posea un cierto conocimiento científico (transversal a su sexo), siendo el primer lugar de adquisición la escuela. En este lugar, existe una “resistencia” impuesta por las preconcepciones del estudiantado hacia las ciencias, la cual puede y debe cambiarse. Para ello, se debe ser capaz de buscar un método, una técnica adecuada a cada momento. Según Piaget las y los adolescentes empiezan a adquirir un saber basado en la abstracción sobre los 16 años y es adecuado decir que disciplinas como la Física, la Química y otras pertenecientes al área de Ciencias de la Naturaleza requieren una mayor capacidad abstractiva (Liguori y Noste, 2007).

El ser humano está en constante contacto con la ciencia, ya sea a través de avances tecnológicos de uso diario (Smartphone, televisores, computación), los nuevos descubrimientos en medicina (equipo médico, nanotecnología), la misma exploración del espacio (tan en boga por las misiones en el planeta Marte) y en gran medida en los elementos culturales de entretenimiento pertenecientes al género de la ciencia-ficción (películas, videojuegos, novelas, comics, etc.). Pero esta situación de preponderancia tiene como contrapeso el escaso conocimiento a nivel de la ciudadanía de ciertas nociones científicas y tecnológicas indispensables para poder aprovecharse de las comodidades que se brindan.

Una propuesta para acercar los principios de las materias experimentales a los alumnos, basada en sus gustos, y con el objetivo de iniciarlos en su aprendizaje, es el uso del género de la ciencia-ficción o fantaciencia. Esta idea está apoyada por Umberto Eco en su libro “*Apocalípticos e integrados*” (1965), donde nos relata, desde dos extremos opuestos (pesimistas y benévolos) el alcance de la cultura a las masas, todo a través de los medios de comunicación. La ciencia-ficción es un género literario que se ha extrapolado al cine. Los

relatos presentan una idea común: la especulación. En los mismos se relatan o describen los avances científicos y tecnológicos. Estos relatos, cuentos o historias poseen un don genial: la motivación y la divulgación científica.

¿Y qué mejor forma de combinar provechosamente la influencia de esta cultura sobre las masas, la motivación y divulgación científica, y la posibilidad de generar aprendizaje básico respecto a temas científicos en dichas masas de personas, que la del uso de la ciencia-ficción como instrumento mismo de enseñanza?

Aparece entonces, la tarea de “fusionar” la necesidad de entregar las ciencias en forma coeducativa a través de la rica herramienta de la ciencia-ficción. Es allí donde aparece una nueva perspectiva, derivada de este elemento cultural: la ciencia-ficción feminista. Utilizando los mismos elementos de su género progenitor, es capaz incluso de invertir los roles de género en las más diversas situaciones y contextos, perfectamente aplicables a la clase de ciencias. Para los investigadores, se entenderá que cada vez que se habla de ciencia-ficción, se hablará del subgénero feminista, el cual poseerá aquí el mayor valor a la hora de generar aprendizajes básicos en ciencia.

### **1.3 La Explicación Científica**

Según el análisis realizado por Gubler y Williamson (2009) se reporta que existen diferencias significativas entre las explicaciones, según el género a favor de los estudiantes varones en nuestro país.

Según la OCDE el nivel de desempeño en Ciencias general de los estudiantes chilenos, está en un nivel 2 de 6, (basada en la prueba PISA 2006-2009), lo cual significa que están en el nivel mínimo de desempeño de competencias científicas necesarias. Es objetivo de este estudio investigar las diferencias

según sexo en los resultados, más allá del desempeño general, por lo que esta problemática no será abordada.

A partir de estos antecedentes, se evidencia como un problema grave el que el estudiantado de Chile tenga explicaciones científicas nivel distinto según su sexo, siendo que están inmersos en la misma sociedad y cultura.

Desde esta perspectiva, y en forma particular, se considera necesario intervenir en la clase de Física, para la investigación de las diferencias que existen los niveles de la competencia explicación científica a nivel de sexo y sí existe un “favorecimiento” a los varones. Para ello, se presentará una propuesta didáctica que utilice una serie de elementos extraídos del contexto cultural general en el cual están inmersos las/los estudiantes de Chile, específicamente aquellos pertenecientes a un subgénero de la ciencia-ficción (películas y series de televisión, comics y revistas, obras literarias), que detallaremos más adelante.

A partir de los antecedentes anteriores antecedentes, se proponen la siguiente pregunta de investigación:

*¿Cómo son las explicaciones científicas acerca del comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio, según el sexo, en el estudiantado de 1º año de Enseñanza Media, después de la aplicación de una Propuesta Didáctica de carácter coeducativo basada en la ciencia-ficción feminista?*

## 1.4 Objetivos

### *Objetivo General:*

- *Analizar las explicaciones científicas escolares* acerca del comportamiento de la luz en el ojo, el telescopio refractor y el microscopio, según el sexo, después de la aplicación de una propuesta didáctica de carácter coeducativo basada en la Ciencia Ficción Feminista.

### *Objetivos Específicos:*

- Elaborar y validar una *Unidad didáctica* de carácter coeducativo que incorpora elementos de la Ciencia Ficción Feminista, para la enseñanza-aprendizaje del comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio, en 1° año Medio.
- Identificar y caracterizar las explicaciones científicas respecto al comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio, a través de los distintos *Tipos* de explicación científica, según el sexo.
- Interpretar los *Modelos* explicativos, según el sexo, acerca del comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio, que emergen después de la aplicación de la Unidad didáctica elaborada.
- Identificar cuáles son los *aportes y limitaciones* de una propuesta didáctica de carácter coeducativo que incorpora elementos de la Ciencia Ficción Feminista, en las explicaciones científicas escolares.

## 1.5 Supuestos Teóricos

1) Una unidad didáctica de carácter Coeducativo que incluya elementos desde la ciencia-ficción feminista para la enseñanza-aprendizaje del comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio, desarrollará distintos tipos y modelos de explicaciones científicas escolares, independiente del sexo del estudiantado. Además, promoverá distintos niveles de complejidad en las explicaciones tanto en chicas como en chicos. Por las siguientes razones:

- Tiene en cuenta una visión de ciencia desde el Modelo Cognitivo, orientada hacia el aprendizaje científico escolar.
- Fortalece las características de cada sexo y los distintos roles de género, en el desarrollo de las actividades con el estudiantado.
- Visibiliza el rol protagónico del ser femenino, mediante el personaje de “Superchica”, quien se caracteriza por ser una heroína no masculinizada, alejándose de la visión androcéntrica de las ciencias tradicional.
- Tiene en cuenta el uso del lenguaje inclusivo, para evitar el sexismo en la interacción con las y los estudiantes.
- Considera distintos contextos para la incorporación de elementos conceptuales, en este caso la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio.
- Promueve distintas habilidades científicas como la observación de un fenómeno, deducción y razonamiento a partir del mismo, a través de contextos problemáticos.
- Explicita aquello que será evaluado en el trabajo de cada estudiante, de tal manera de promover la metacognición en los procesos de construcción de las explicaciones.

2) Las explicaciones científicas de las y los estudiantes sobre el comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio, serán de distintos tipos: descriptiva, interpretativa, causal o predictiva. Esta diferenciación evidenciará que existen distintos niveles de abstracción y complejidad en las explicaciones científicas escolares, independiente del sexo de quien las haya construido.

Después de la aplicación de la unidad didáctica coeducativa, las explicaciones escolares aumentarán su nivel de complejidad, según el tipo, incorporando nuevos conceptos, por ejemplo: la trayectoria recta de la luz; estableciendo nuevas relaciones, como: la relación entre la densidad de un medio y la refracción de la luz en dicho medio y, proponiendo nuevas situaciones, en función de otras características de los objetos, como el tamaño.

3) Los modelos explicativos que las y los estudiantes construyen emergen a partir de sus ideas previas y la relación que hacen con la información proporcionada a través de la unidad didáctica coeducativa. Esto significa que cada estudiante construye su propio modelo con características propias y esto, estará relacionado con su manera de interactuar con el mundo en que vive. Por lo tanto, será posible encontrar modelos científicos similares en el grupo participantes y a su vez, reconocer que es posible que existan diferencias tanto en el mismo sexo como en distinto sexo.

Podrán existir modelos científicos escolares que relacionan el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico, pero esta relación se centra sólo en describir la situación concreta, en este caso el ojo humano. También, podrán existir modelos científicos escolares en donde hay una relación interpretativa que se centra en las condiciones del problema, por ejemplo el origen genético, las características familiares, entre otros aspectos que no son físicos. Y otros modelos, que incluyen el uso y manejo de conceptos físicos, por ejemplo la trayectoria y el comportamiento de la luz, para construir explicaciones causales y predictivas.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Reflexiones Iniciales acerca de la Ciencia

Se hablará de: Competencia científica, Explicación Científica y Ciencia ficción Feminista. Todas ellas con un aspecto en común, la Ciencia. Pero, ¿Qué es la ciencia? ¿Qué entendemos cómo “ciencia”?

Antiguamente se caracterizaba a los científicos (entes de ciencia) como personas encerradas en sus laboratorios, preocupados de sus experimentos y teorías, con el fin de elaborar conocimiento útil a la humanidad, que aportara a mejorar la vida diaria de las personas. Este tipo de caracterización nos lleva a concebir la ciencia como: “*un conjunto organizado (modelos, teorías) y validado (a través de los experimentos y el método científico) de conocimientos que explican cómo es el mundo en que vivimos*” (Izquierdo, 1999: 3). Pero esta concepción de ciencia no parece ir acorde a los tiempos contemporáneos, porque aquello que investiga el conocimiento científico y la práctica científica, la filosofía de las ciencias -que en la actualidad centra su interés en cómo hacen la ciencia los científicos en vez de la justificación del conocimiento científico- concibe la Ciencia como un tipo de actividad humana que se construye en conjunto a otras personas (en este caso la comunidad científica), que a través de un sistema de valores (axiología) decide que es lo que está bien o mal y establece las reglas para juzgar y razonar si una determinada teoría es aceptable y puede ser compartida y aceptada como conocimiento científico, junto a la justificación de esta teoría a través de la epistemología. (Izquierdo, 1999)

Esta concepción de ciencia deja como insuficientes aquellos modelos que conciben que las teorías se obtienen por inducción a partir de los experimentos, quedando demostradas a partir de ellos (empíricamente), y a los modelos que exponen que todo experimento se diseña y se realiza en un determinado marco

teórico del cual se deduce el resultado experimental (racionalistas), por lo cual surge la necesidad de un nuevo modelo, acorde a los tiempos actuales, este es el “Modelo Cognitivo de Ciencia” (MCC) (Giere, 1988; 1992 en Izquierdo, 1999)

### **2.1.1 El Modelo Cognitivo de Ciencia**

Este modelo nace como una respuesta a la crisis enfrentada por los modelos anteriores (empiricistas y racionalistas), incapaces de ir a la par de la nueva concepción de Ciencia. El modelo, tomando en consideración la forma en cómo se concibe la Ciencia actualmente, nos muestra que el proceso mediante el cual se construyen los conocimientos científicos no es muy distinto al de otras elaboraciones humanas que entregan un significado a los acontecimientos que se quieren controlar. Es más, destaca los aspectos psicológicos y sociales que dan origen al pensamiento científico experimental a partir del cual es posible tanto el razonamiento como la justificación teórica (Izquierdo, 1999).

Tomando en consideración tanto a las personas (científicos) como a las instituciones (comunidad científica), la epistemología (justificación de teorías) y axiología (sistema de valores), una manera más acertada de referirse a la ciencia sería la de “actividad científica” puesto que así se enmarca mucho mejor todo lo que ella (la ciencia) abarca y se ha descrito hasta ahora.

Esta “actividad científica” puede compararse con la construcción de un edificio real: primero hay que poner los cimientos físicos –procurando firmeza y anclaje potente sobre la tierra- y luego subir paulatinamente cada vez, siempre en firme y organizado crecimiento. Mentalmente, es la investigación y la experiencia la que edifica cimientos sólidos en la mente, y los pisos están formados por el constructo social en donde se trabaja. Finalmente, ambas edificaciones nos permiten “vivir seguros”, en el caso de la actividad científica, teniendo una idea concreta de cómo funciona el mundo que nos rodea. Es gracias a este paralelo, que se puede considerar a esta actividad, como una de tipo *cognitiva*.

Desde el Modelo Cognitivo de Ciencia, la Ciencia es el resultado de una actividad cognitiva como lo son también los aprendizajes y por esto es que este modelo es acertado para la enseñanza de las ciencias, puesto que en ambos contextos (científico y escolar) se comparten métodos de construcción de conocimientos, conscientes de las proporciones de cada uno.

Si bien desde el Modelo Cognitivo de Ciencia existen similitudes entre la Ciencia y los aprendizajes, en el contexto de la escuela no estarán implicados los mismos agentes que en la “actividad científica” (científicos, comunidad científica), si lo estarán a nivel de factores (epistemología, axiología).

En la escuela existe un sistema de valores autónomo y distinto del que existe en otros ámbitos, el cual no será un factor variable pero que si intervendrá en la construcción de conocimiento: La Normatividad (Echeverría, citado en Izquierdo, 1999), que es considerada propia de esta actividad –que mediante las similitudes mencionadas anteriormente podemos llamarla ya “actividad científica”-, es aquella que se encarga de que en el contexto escolar el conocimiento científico sea aceptado como correcto e incuestionable.

Otro factor que debemos considerar es la epistemología en la escuela, en este caso la “epistemología escolar” la cual aceptando la normatividad de algunos conocimientos científicos como bases para la comprensión del mundo debe promover tanto la creatividad en la elaboración de argumentos como las aplicaciones para que estos conocimientos normativos adquieran sentido y proporcionen autonomía de pensamiento. Esto podría parecer contradictorio frente a lo que es la normatividad, pero tan importante como lo es esta en la escuela, lo son el desarrollo de la creatividad y el espíritu crítico.

Tomando lo expuesto en consideración, podemos afirmar entonces que en la escuela, a pesar de que se comparten factores, no se hace Ciencia en sí, puesto que el estudiantado no cuenta con una formación sólida como los

científicos, dado que se encuentran justamente construyendo esa formación. Tampoco cuentan con la autonomía para realizar experimentos, dada su inexperiencia en ese ámbito. Siendo así, en la escuela existe entonces una “Ciencia Escolar” y haciendo el paralelo entre la consideración de “Ciencia” y “actividad científica” podemos considerar entonces la “Ciencia escolar” como una “actividad científica escolar”.

Al establecer esta diferencia entre el contexto científico y el escolar, considerándolo como una actividad (saber hacer), el segundo tendrá limitaciones, que trataremos más adelante, frente a cómo el método cognitivo de ciencia concibe la actividad científica.

De manera, quizás, muy pragmática podemos dividir la actividad científica en tres partes: La Meta, el Método y el Campo de Aplicación. La Meta será construir conocimiento científico para aportar a la humanidad; el Método será tanto los experimentos como las teorías validadas a través de la axiología y la epistemología, razonados y juzgados por la comunidad científica; y el Campo de Aplicación es el contexto donde se investiga (Ondas, Electricidad etc.).

Ahora, como hemos repetido anteriormente, como la actividad científica escolar no podrá ser desarrollada de la misma manera que la actividad científica, estas tres partes: la Meta, el Método, y el Campo de Aplicación deben estar adecuados al contexto escolar en conjunto con los valores del alumnado y con el objetivo de la escuela -que es promover la construcción de conocimientos y hacerlos evolucionar- (Sanmarti e Izquierdo, 1997 citado en Izquierdo, 1999). Tomando en consideración esto, podemos inferir entonces que la Meta en la actividad científica escolar será la construcción de conocimiento científico escolar, interpretar el mundo, darle significado para intervenir en él; El Método será la axiología de la normatividad de la escuela y la epistemología escolar que permita la discusión e intervención por parte del profesor para dar las bases

del conocimiento científico que se quiere construir, apoyada (la epistemología escolar) en una Estructura Didáctica que propicie esta discusión y retroalimentación por parte del profesor para apoyar al estudiantado en su aprendizaje; Y El campo de Aplicación será aquel que corresponda en el contexto escolar desde el curriculum establecido.

Siendo así es pertinente tener en claro lo siguiente a la hora de utilizar el MCC, desde la filosofía de las ciencias y que es recopilado por Izquierdo (1999):

*– Si la ciencia es una actividad (es un saber hacer) y no sólo un conjunto de conocimientos, la ciencia escolar debería ser una “tecnociencia”, puesto que no podemos disociar los contenidos teóricos del proceso de intervención técnica que los fundamenta.*

*– La ciencia escolar ha de “tener valor” para los alumnos, porque sólo así harán de ella una actividad significativa, sólo así podrán “entrar en el juego” y aprenderla.*

*– Si lo fundamental en las ciencias son las teorías y éstas se obtienen mediante la conexión entre un modelo teórico y un dominio de fenómenos, para poder enseñar teorías es imprescindible disponer de un “mundo” apropiado e intervenir en él de manera consciente y reflexiva.”(Izquierdo, 1999: 5)*

Conscientes de esto, también debemos considerar las limitaciones del MCC en el contexto escolar, las cuales también son expuestas por Izquierdo (1999):

*“La meta y los resultados de la actividad científica escolar serán los que permitan el contexto escolar, que tiene sus propias finalidades y sus propios sistemas de convencimiento (la «retórica del profesor”, Ogborn et al., 1996 citado en Izquierdo 1999).*

*“El mundo que los alumnos conseguirán interpretar (sus hechos científicos) será el que haya podido ser discutido y construido en el marco de los modelos teóricos previstos en el currículo y de las actividades realizadas con la finalidad de hacerlos significativos, gracias a la construcción de los hechos científicos.*

*El “método” con el cual los alumnos alcanzarán su meta será el que funcione en el aula, y probablemente no será el método experimental propio de las ciencias (puesto que difícilmente se llegará a poder experimentar de manera autónoma, debido a que los métodos y los instrumentos les son tan desconocidos como las teorías científicas); los experimentos no van a tener sentido para ellos si no es a través de su reconstrucción escrita, gracias a la cual tomará sentido tanto el proceso como la “visión del mundo” que resulte de él. Así pues, discutir con los demás sobre los experimentos, escribir reflexivamente sobre ellos y construir para ello los signos adecuados (tablas, gráficos símbolos, palabras) llegando a un consenso sobre su significado será el “método” que conduzca a la construcción del conocimiento científico escolar.*

*Las teorías o representaciones del mundo que los alumnos vayan construyendo en las clases de ciencias han de ser creíbles y útiles. Estas nuevas teorías podrán convivir con las «cotidianas» y ambas irán evolucionando.*

*Quizás algunas (de ambos campos) no sobrevivirán, pero otras llegarán a utilizarse simultáneamente, aplicadas a los respectivos contextos (o cotidiano, o científico) en los cuales tienen, ambas, significado (Guidoni, 1985 citado en Izquierdo, 1999)”.*

Ahora que conocemos de qué se trata el Modelo Cognitivo de Ciencia y sus limitaciones solo nos queda hacer que la clase de ciencias sea un ambiente propicio para su aprendizaje a través de aspectos tales como:

- Los objetivos de los alumnos en clase de ciencias (meta)
- El mundo (hechos científicos) a conocer a partir de la manipulación y modelización (campo de aplicación, contexto)
- Los métodos a practicar
- Los lenguajes teóricos

Considerando estos aspectos podremos tener una clase de ciencias que permita tanto estudiar (comprender y recordar) el conocimiento estructurado y normativo del curriculum en conjunto con los valores propios de la escuela, como para formar personas autónomas y capaces de pensar de manera crítica.

Finalmente podemos establecer como meta de la clase de ciencias que quiere desarrollar este seminario: la de estudiar y formar personas autónomas, capaces de pensar críticamente junto con la de mejorar las explicaciones científicas del alumnado.

La Explicación es un proceso de la metacognición, por lo que no es extraño que su desarrollo sea apoyado por este modelo cognitivo. Los autores sostienen que es acertado utilizarlo para una unidad enfocada en mejorar la explicación científica.

Por lo tanto, con todo lo expuesto anteriormente, la construcción de la Unidad Didáctica propuesta en este seminario estará fundamentada desde este Modelo Cognitivo de Ciencia, pues los autores consideran que este Modelo, es adecuado al contexto escolar, reúne los factores que propiciarán un mejor desarrollo cognitivo y una mejora en las explicaciones de las y los estudiantes.

## **2.2 La presencia del Sexo y del Género en la Educación Científica**

Ambos conceptos son manejados en el vocabulario común de nuestra cultura casi indistintamente para referirse a hombres y a mujeres. En el área de las ciencias como ya hemos mencionado, se le da menos protagonismo al “género” femenino, y bajo esa perspectiva, equivale a hablar de la poca presencia del “sexo” femenino en el área. Pero, a pesar de esta forma común de mencionarlos, cada uno de ellos posee sus propias definiciones y características, basadas en factores tan diversos como la genética, el contexto social y los cambios históricos y políticos.

Sin embargo debe entenderse también que, a pesar de ser caracterizaciones humanas distintas, están íntimamente relacionadas en la vida de cada ser humano (como se verá en esta sección), y es en función de esa relación, el cómo cada persona construye sus pensamientos e identidad (Lauretis, 1994) y toma sus decisiones respecto al mundo y a las personas con las cuales se relaciona.

Por lo tanto, para el buen desarrollo de este seminario, es pertinente dejar en claro qué se entenderá por sexo y por género.

### **2.2.1 ¿Qué entendemos por sexo?**

El concepto “sexo” será tratado como las características biológicas y fisiológicas que distinguen a hombres y mujeres, entendiendo que en ningún caso estas predisponen a un comportamiento o característica de personalidad (CIEG, 2007 citado en SERNAM 2009) o a un rol dentro de la sociedad. Estas diferencias no implican en ningún caso alguna superioridad de un sexo sobre el otro (Sullerot y Lwoff, 1976 citado en Lamas, 1986).

Este concepto es una categoría creada por el ámbito médico y político para categorizar y reconocer distintos tipos de cuerpos. También es una categoría legal que es regulada por todos los países en donde a cada individuo se le

asigna un sexo oficial dependiendo de sus genitales al nacer. Si este quisiera cambiarlo, debe pasar bajo un largo proceso físico y psicológico para ser reconocido legalmente del sexo que desee (Meyer, 2010).

Si bien la categoría “sexo” es entendida cotidianamente como una categorización dicotómica, ya se han propuesto distintas clasificaciones según los órganos, y su función reproductiva, de una persona al momento de nacer. En el año 1993, la feminista Anne Fausto-Sterling propuso 5 sexos distintos: *hombre, mujer, hermafrodita, mermafrodita (hombres parcialmente hermafroditas) y fermafrodita (mujeres parcialmente hermafroditas)*. Este sistema produjo tanta controversia -debido a que separaba completamente el sexo del género- que su misma autora decidió no citarlo más. Sin embargo, considerando que el género tiene una mayor importancia en las relaciones sociales que el sexo, Meyer (2010) propuso 4 términos para ayudarnos a entender las diferencias de sexo: *hombre, mujer, transexual e intersexo*. Veamos una breve descripción de cada uno de ellos:

*Hombre:* Al momento de nacer, basados en la apariencia de los genitales externos de una persona, si esta tiene un pene, se le asignara el sexo hombre.

*Mujer:* Al momento de nacer, si la apariencia de los genitales externos de la persona es una vagina, se le asignara el sexo mujer.

*Transexual:* Son aquellas personas a las cuales se les asigno un sexo determinado al nacer, pero en el transcurso de su vida, se dan cuenta que el sexo en el cual fueron clasificados no es el sexo que mentalmente les corresponde. Por lo general suelen describirse como mujeres u hombres “atrapados” en el cuerpo de un hombre o mujer respectivamente. Este tipo de personas se somete a tratamiento de terapia de hormonas y/o cirugía para transformar su cuerpo, de modo

que este se ajuste a su identidad social y sexual (Gires, 2006 mencionado en Meyer 2010), es decir, al género con el cual se identifique.

*Intersexo*: una persona es intersexo si comparte características sexuales de ambos sexos, no tan solo a nivel de apariencia externa de genitales, sino que también a nivel cromosómico. Esto ocurre generalmente cuando nacen bebés con dos genitales y por la necesidad de clasificarlo como hombre o mujer, uno de estos genitales es cercenado, por lo general el pene, ya que resulta más fácil formar una vagina que un pene. Es en estos casos donde a pesar de tener ahora un solo genital, cromosómicamente poseen características de ambos, como pechos de mujer pero mayor musculatura. Un ejemplo claro de intersexo es la atleta sudafricana Caster Semenya.

Conviene aclarar que en esta investigación, en ninguna instancia se busca establecer si existe alguna superioridad intelectual de un sexo sobre otro. Las diferencias acá señaladas tienen solamente un carácter aclaratorio de las definiciones formales.

Por otro lado, más allá de las diferencias biológicas al momento de nacer, a lo largo de la historia humana han existido una serie de *otras* diferencias entre hombres y mujeres, ya sea por los papeles que desempeñaron en cada civilización, como por la influencia cultural de ciertos hombres y mujeres a lo largo de la historia. La OMS (2013) define el género como los roles socialmente construidos, comportamientos, actividades y atributos que una sociedad considera como apropiados para hombres y mujeres.

### **2.2.2 ¿Qué entendemos por género?**

El término “género” será tratado como “*La construcción social de la diferencia sexual entre varones y mujeres*” (de Miguel, 2003: 11), diferencia que se ha

utilizado a través del tiempo para asignar distintos roles dentro de la/cada sociedad dependiendo de cada sexo, pero que en ningún caso predispondrán a los autores a encasillar a un sexo o a otro en un determinado rol.

El género como tal no viene intrínseco en los seres humanos al nacer, se adquiere en los primeros años de vida y es influenciado desde el nacimiento por la experiencias, ritos y costumbres atribuidas a cierto género, siendo el sexo biológico un factor no determinante de esta construcción según las investigaciones de Stoller (1968), quien concluyo que *“la asignación y adquisición de una identidad es mayor que la carga genética, hormonal y biológica”* (Stoller, 1968 citado en Lamas, 1986: 16).

El proceso de adquisición del género según Lamas (1986) se articula en tres instancias básicas, las cuales son:

- a) La asignación del género: Esta se realiza en el nacimiento de la/el bebe y es a partir de la apariencia externa de los genitales (es decir, desde el sexo).
- b) La identidad de género: Se establece relativamente a la misma edad donde la/el infante adquiere el lenguaje (entre los dos y tres años) y es anterior a un conocimiento de la diferencia anatómica entre los sexos. Desde esta identidad la/el infante estructura su experiencia identificando el género al que pertenece, “niña” o “niño” en todas sus manifestaciones, actitudes, comportamientos, juegos, etc. Una vez establecida la identidad de género, que una niña se sepa y asuma como perteneciente al grupo de lo femenino y un niño al de lo masculino, esta se vuelve un filtro por donde las personas clasifican sus experiencias.

- c) El rol de género: Este se forma con el conjunto de normas y prescripciones que dicta la cultura y la sociedad sobre el comportamiento femenino o masculino. Si bien existen variaciones dependiendo de la cultura, clase social, grupo étnico y nivel generacional de las personas; es posible afirmar que existe una división básica que corresponde a la división sexual del trabajo más primitiva: las mujeres tiene a los hijos, situación por la cual se les atribuye que deben cuidarlos. Esta dicotomía femenino-masculino establece estereotipos, muchas veces rígidos, que condicionan los roles limitando así las potencialidades humanas de las personas al reprimir los comportamientos según si son o no “adecuados” (definido por la sociedad) para el género.

Sin embargo, es conveniente tener en cuenta que desde que el ser humano ha alcanzado un nivel de tecnología tal, que ha dejado de depender de la caza y de otras labores señaladas como “masculinas” para sobrevivir, empoderando a la labor femenina, que estos estereotipos se han vuelto cada vez menos rígidos. (Fernandez et al, 1996).

Si bien intervenir en la asignación e identidad de género no es posible, ni tampoco el objetivo de los autores, el *rol del género* puede ser manejado en el aula para propiciar un ambiente de trabajo cordial, evitando que los y las estudiantes se queden en estereotipos obsoletos. Por ejemplo, a través de una propuesta didáctica *Coeducativa*.

Al estar íntimamente relacionado con el sexo, el género también posee diversas caracterizaciones, en función de la definición social de los roles y la propia comodidad de la persona, independiente de su sexo, con dichos roles pre-establecidos. A continuación, se presentan los principales términos para definir las diferencias de género, que aunque no serán utilizados en los análisis de los

resultados de esta investigación, si dan una mayor perspectiva para entender desde donde nacen las explicaciones de las y los estudiantes.

### **2.2.2.1 El Cisgénero y Transgénero**

Las categorías de *Cisgénero* y *Transgénero* pueden o no, escucharse familiares, pero a continuación aclararemos cada uno de ellos y describiremos su relación con el sexo. Es importante aclarar que estas no se refieren a uno de los dos géneros principales en particular (masculino y femenino), sino que más bien a una concordancia entre lo que la sociedad espera de la persona, su rol de género y su sexo.

El concepto de *Cisgénero* es un término utilizado para describir a los individuos que poseen una concordancia entre su identidad de género, su sexo y lo que la sociedad culturalmente espera del sexo que le asignaron al nacer.

El concepto de *Transgénero* es un término utilizado para describir a los individuos que no poseen una concordancia entre su identidad de género, su sexo y lo que la sociedad culturalmente espera del sexo que le asignaron al nacer.

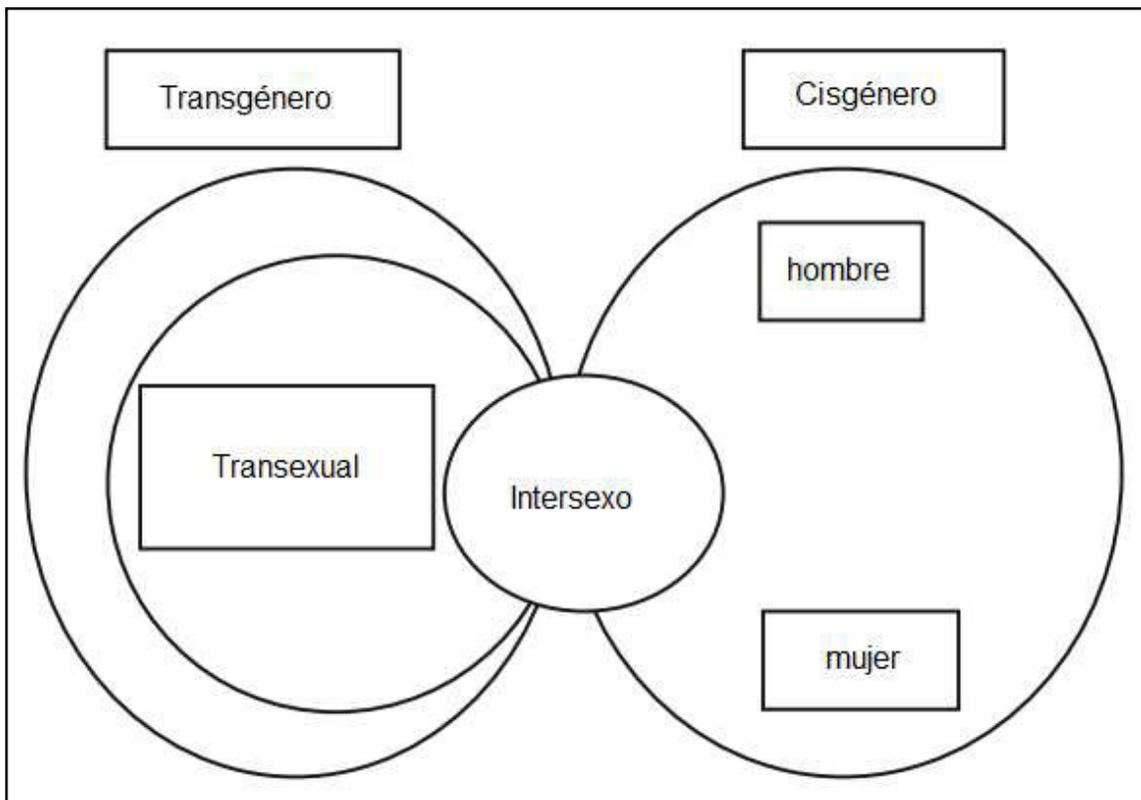
Se entenderá como “lo que la sociedad culturalmente espera del sexo que le asignaron al nacer” a aquello que la clase misma de ciencias espera en el comportamiento del estudiantado según su sexo particular. Más adelante veremos que, actualmente, se esperan distintas cosas de hombres y de mujeres en la clase de ciencias (Altable, 1993 citado en Silva-Peña, 2010) y que en cuanto a la complejidad de los *Modelos explicativos mentales* que construyen para explicar fenómenos, efectivamente hay diferencias entre hombres y mujeres.

Mujeres, hombres e intersexos que estén a gusto con su identidad de género, el sexo que se les asignó y actúan de acuerdo a lo que la sociedad culturalmente

espera del sexo al cual se les asigno son clasificados como Cisgéneros. En esta clasificación no pueden entrar las personas transexuales puesto que ellas no están conformes con el sexo que se les asigno al nacer.

Transexuales e Intersexos que no estén a gusto con su identidad de género, el sexo que se les asigno y no están contentos de actuar social y culturalmente como la sociedad espera que se comporten según su sexo asignado al nacer, son Transgéneros.

A continuación presentamos un esquema de Meyer (2010) que permite clarificar cualquier duda que podría quedar en la categorización de Transgénero y Cisgénero recién definida:



Esquema nº 1: "Transgénero y Cisgénero". Extraído y traducido de Meyer, 2010:38

Como ya se ha mencionado, no puede separarse el sexo del género, por lo que en la investigación que se haga dentro del contexto de la clase de ciencias,

debe siempre considerarse que ambos siempre estarán presentes. Luego, es de esperarse, que el desempeño de cada estudiante en esta clase, tenga directa relación con ambas categorizaciones.

### **2.2.3 Androcentrismo en el Curriculum de Ciencias**

El sexismo del lenguaje se denuncia como un condicionante de toda la educación y un impedimento clave para que en las personas se abra paso la idea de igualdad. La subordinación de las mujeres se deja notar en los conceptos, las estructuras y los usos. Los trabajos de García Meseguer (1986), ayudaron a comprender que el idioma español, incurre en el sexismo lingüístico entre el hablante, el oyente y sus respectivos contextos mentales, mas no en la lengua misma como sistema. La estructura masculinizada del idioma no solo provoca una ocultación sistemática de las mujeres y todo lo que a ellas atañe, sino que además produce una especie de masculinización en “el cuadro de clavijas de la mente y sesgan, por rutina de reflejos, nuestra forma de captar el mundo”.

Es en el mismo Currículum Explícito, y en su selección de los contenidos, donde queda en evidencia un carácter androcéntrico del mismo. Dicho proceso no es un proceso azaroso, ni neutro, si no que por el contrario, está cargado ideológica y valóricamente (Madgenzo, 1990). En este proceso se decide qué aspectos de la cultura deben ser incluidos y aquellos que serán excluidos, los que se convierten en conocimiento escolar y que son dispuestos para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Hablamos de una selección de carácter androcéntrica cuando los planes y programas no muestran los aportes de lo femenino, apuntando a una invisibilización de la mujer.

El análisis de las características del saber transmitido en la enseñanza evidencia tres cosas: la casi total inexistencia de referencias a los aportes que han hecho las mujeres a la cultura, la falta de atención a los aspectos culturales que pueden ser especialmente interesantes para ellas, y las frecuentes

afirmaciones sobre las mujeres en base a prejuicios y no sobre comprobaciones objetivas. Estas ausencias y prejuicios implican una grave amputación de la historia de la Humanidad y un vacío importante en el discurso científico. A partir de este contexto de análisis, se utiliza la expresión androcentrismo en la ciencia para explicar que, en su mayor parte, la ciencia actual está construida desde el punto de vista de los hombres, punto de vista que se convierte en medida de todas las cosas.

Hablamos de ello cuando, por ejemplo, no se muestra el aporte realizado por mujeres tales como María Lavoisier que tuvo que escribir un texto con el nombre de su marido. Tampoco se menciona las teorías de Hildegarde de Bingen que se adelanta a algunos planteamientos de Galileo, o no se incluye el aporte de Theano<sup>1</sup>, la mujer de Pitágoras, entre otros ejemplos (Cañellas, 1989). También es una manera de invisibilización cuando estos ejemplos son considerados como únicos, como la excepción a la regla.

Las consecuencias del carácter androcéntrico de la ciencia sobre el saber transmitido en la escuela son diversas. En primer lugar, la herencia cultural que se sigue transmitiendo excluye el sexo femenino de la historia y del saber en general, y no muestra ejemplos de mujeres que hayan contribuido a mejorar las condiciones de la vida colectiva. De esta manera, mientras los niños y los jóvenes pueden identificarse con los héroes, los guerreros, los sabios o los artistas; las niñas y las jóvenes difícilmente encuentran precedentes de mujeres en la cultura y en el poder que les proporcionen un estímulo similar. Las santas y las reinas han constituido los únicos modelos de mujeres dignas de mención, e incluso éstas van quedando en segundo término a medida que varían los temas culturales. Es interesante constatar que algunas de las pocas figuras femeninas que han alcanzado un cierto relieve en la historia legitimada por la

---

<sup>1</sup> tratados sobre matemáticas, física, medicina y la proporción áurea. Se conservan fragmentos de sus cartas.

Academia, como Juana de Arco, deben tal relieve a la realización de gestas consideradas masculinas en la distribución tradicional de papeles.

Otro aspecto a señalar es la jerarquización androcéntrica de los saberes en el currículum escolar: se juzgan como importantes e indispensables para la vida adulta -antes sólo para varones, pero ahora también para las mujeres- materias como matemáticas, historia o lenguaje y, sin embargo, no se considera imprescindible aprender a cuidar a un recién nacido, a preparar una comida, a conocer los efectos de un lavado sobre los tejidos o a atender a las necesidades cotidianas; en todo caso, estas tareas no requieren unos conocimientos de los cuales deba ocuparse la escuela, porque no se les atribuye la categoría de un saber fundamental. En este sentido, la unificación de currícula para niños y niñas ha supuesto la pérdida del aprendizaje de unos conocimientos y actividades que, por ser antaño exclusivos de la educación de las niñas, se han desvalorizado hasta el punto de desaparecer por completo del currículum de la escuela mixta; cuando perviven, lo hacen bajo la forma de conocimientos secundarios, tratados como un juego en las primeras edades y sin dar lugar a una transmisión pautada que permita avances sistemáticos en el dominio de las técnicas que comportan.

Se han realizado distintos esfuerzos desde el estado en torno a intervenir en el nivel del currículum explícito. Desde el propio Ministerio de Educación (MINEDUC) a través de la generación de cartillas para la formación docente (Alcalay, Milicic, Torretti, 1998) o cursos de perfeccionamiento (Salinas, Aylwin, Labra y Nordenflycht, 1998), acciones en alianza con variadas ONG como la elaboración del manual para la producción de textos escolares no sexistas (Araneda, Guerra, Rodríguez, 1997), a través de la colaboración Universidad-Estado como fue la generación de programas de estudio (Mendoza, 1998).

Un punto destacado es la acción conjunta realizada por el Servicio Nacional de la Mujer (SERNAM) con el Colegio de Profesores, que permitió a través de

trabajos de investigación docente involucrar a las profesoras como protagonistas del proceso educativo a esta transformación curricular, a través de la utilización de la investigación–acción como una manera de reflexión y transformación de su propia práctica docente (Contreras, 2004). Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados, no existe hoy día evidencia de que se hayan generado cambios, al menos, en el currículum explícito que es un espacio en el cual desde las políticas de estado se puede intervenir directamente (Madrid, 2007, Ávalos, 2003, Guerrero, Valdés & Provoste, 2006).

#### **2.2.4 Situaciones Didácticas**

En Chile, hacia el 2007 existía cerca de un 7% de estudiantes que asistían a escuelas segregadas por sexo (MINEDUC, 2007), el cual, no por ser minoritario es menos importante, ya que si hablamos de diversidad hay que entender que también se debe analizar este sector educativo. Es especialmente relevante que los establecimientos que aún se mantienen separados por sexo son aquellos de carácter público llamados “tradicionales”, los hay para mujeres y para hombres en las principales ciudades del país y muchos de ellos representan la formación de varias generaciones.

A diferencia de lo que sucedió en España en la era post-franquista (Subirats & Brullet, 1992), el proceso de reducción de colegios separados por sexo (diferenciados) en los últimos años ha sido impulsado principalmente desde colegios privados dependientes de algunas congregaciones de la Iglesia Católica. Aunque existen diferencias entre los establecimientos en los modos de asumir el concepto de igualdad de géneros en educación, es claro que hay una migración desde la educación segregada a otra en donde al menos se comparten algunos espacios entre hombres y mujeres. En este sentido podemos decir que el Gobierno Chileno aún tiene una deuda pendiente que es por lo menos discutir y analizar acerca de la necesidad de construir espacios de

educación mixta en la totalidad de los establecimientos financiados por el Estado.

Más allá de la infraestructura, la deuda también se extiende al Curriculum mismo y a todos los agentes del sistema Educativo: el sexismo del lenguaje y el androcentrismo científico, la canalización de éstos a través de los libros de textos, la interacción entre el personal docente y el alumnado, la gestión del aula o la del propio centro educativo, los usos de los equipamientos o las instalaciones deportivas o laboratorios manifiestan claramente aspectos claves de la cultura androcéntrica, convirtiéndose en ámbitos transmisores y reproductores de los estereotipos sexistas.

También es importante destacar que desaparecidas e “invisibilizadas” en el currículo de la escuela mixta las materias sobre cuidados y responsabilidades domésticas, tradicionalmente desempeñadas por las mujeres y que han pervivido, durante algún tiempo, en la socialización familiar de las chicas, hoy están desapareciendo. La resistencia de los varones a su asimilación como actividades realizables por ambos sexos ha hecho que, progresivamente, las madres, ante las dificultades de implicar a los hijos varones –carentes de modelos masculinos– hayan liberado también a sus hijas de estos aprendizajes en nombre de la igualdad, y por el deseo de éxito profesional también para ellas. En estos momentos nuestros jóvenes, tanto chicos como chicas, no están recibiendo formación alguna en todos esos saberes que, de forma discriminada, han sido reducto de las mujeres; saberes indispensables para la autonomía personal y sobre los que se soporta nuestra sociedad del bienestar.

Por estas razones la propuesta es generar espacios educativos donde exista igualdad de trato y oportunidades para hombres y mujeres, los que son compartidos en base al respeto y la tolerancia, alejados de todo sexismo. Se debe insistir en el hecho de que no basta con que hombres y mujeres estén

compartiendo un mismo espacio escolar, ya que en la educación mixta no existen definiciones en torno a la convivencia de niños y niñas. Esto lo podemos comparar con la sociedad en su conjunto, hombres y mujeres compartimos espacios, pero no es posible decir que por esta razón existe equidad en el trato, acceso y oportunidades para ambos.

### **2.3 Ciencia Ficción Feminista**

A principios de los años setenta tuvo eco popular un libro que nos alertaba sobre la llegada prematura del futuro. Se trataba de *“El Shock del Futuro”* (1970), del norteamericano Alvin Toffler. En dicha obra se reflexionaba sobre la velocidad de cambio en una cultura como la nuestra, dominada por los efectos de la ciencia y la tecnología y su excepcional capacidad transformadora. La idea central del libro de Toffler puede exponerse de forma simple con un sencillo ejemplo: nuestros antepasados nacieron y aprendieron a vivir en un mundo que, en grandes líneas, seguiría siendo el mismo entorno donde acabarían sus días. En aquel entonces no era necesario adaptarse a un mundo cambiante, ya que los cambios, inevitables y siempre presentes, se producirían a un ritmo lo suficientemente lento como para no alterar significativamente los modos fundamentales de comportamiento personal durante la vida de un ser humano.

Entender el cambiante presente de nuestra actualidad no es tarea fácil. Por razones de lenguaje, complejidad, dificultad y especialización, la comprensión de la tecno-ciencia y su alcance no constituyen una meta alcanzable de modo sencillo por la mayoría de los integrantes de nuestra sociedad. Sabemos ya que en la infancia y la adolescencia nos es imprescindible no sólo aprender, sino que -y eso es lo más importante- aprender a aprender (Martín, 2008). Nuestro futuro como seres humanos se configura ya desde la necesidad imperiosa de adquirir siempre nuevos conceptos y aprender a manejar nuevos artefactos tecnológicos.

En este escenario se posiciona la llamada *Ciencia Ficción* como un elemento cultural que permite acercar la tecnología y la ciencia a las personas, realizando anticipaciones a desarrollos culturales posteriores.

Aunque, al explorar en su interior –sus historias, narraciones y “reglas” –, descubrimos una falla vital en este rico elemento cultural: un marcado androcentrismo. Basta leer la larga lista de héroes –varones– y sus aventuras, en las que realizan las más fantásticas hazañas, ayudados por la *fantaciencia* ya mencionada, para rescatar a sus damiselas –obviamente, mujeres– que no hacen otra cosa en el guión que “estar en peligro” y dar un motivo para la historia. Siempre es el “famoso científico” el que da con la solución al problema (tal vez inspirado por un amor, la extorsión o una hija en peligro); de hecho el personaje femenino aparece muchas veces como una reina malvada y llena de rencor por el género masculino, del cual nacen los protagonistas.

Lisa Tuttle, feminista, escritora y crítica de la Ciencia Ficción, hizo un listado de los estereotipos femeninos más frecuentes en este género, durante los años sesenta y setenta:

- “La virgen tímida”. Frecuente objeto de rescate y que, además, por su mentalidad infantil, necesita de abundantes y sencillas explicaciones científicas, muy útiles en determinados momentos de algunas tramas.
- “La reina de las Amazonas”. Por primera vez, se introduce el sexo en su doble vertiente de atracción fatal, mujer origen de todos los males, y advertencia al lector frente a las mujeres independientes.
- “La científica solterona y frustrada”, que puede entenderse como un recordatorio a las lectoras de que el éxito profesional conlleva el fracaso como mujer.

- “La buena esposa”, compañera fiel y eterna del protagonista, quien le espera en casa con la comida lista, mientras él salva el Universo de la garras de Ming<sup>2</sup>.
- “La hermana pequeña marimacho”, a la cual sí se le permite una cierta independencia, hasta que llega a su destino final: ser esposa y madre, previo paso por el papel de virgen deseada, una vez su sexualidad se hace explícita.

Es evidente que durante toda esa época la Ciencia Ficción no hacía sino reflejar el papel subordinado de las mujeres estadounidenses de los años cincuenta<sup>3</sup>, una época, por cierto, marcadamente conservadora en lo político, lo social y lo ideológico. Era una literatura dedicada a los varones, especialmente adolescentes; una literatura de hombres para hombres que tendía a perpetuar la fórmula que más les atraía: las aventuras basadas en la ciencia y la tecnología, la violencia y las batallitas espaciales. En general, podemos decir con seguridad que el elemento femenino siempre aparecía muy disminuido y estigmatizado en la Ciencia Ficción.

Así fue por años, hasta que las mismas mujeres comenzaron a escribir y a sobresalir en el género (grandes autoras como André Norton y Úrsula K. Le Guin<sup>4</sup>), dándole a la mujer un espacio que se había reservado solo para los hombres. En un principio, ellas debieron escribir con seudónimos masculinos para entrar en el mundo de la literatura (ya que en general de la historia, toda actividad siempre estuvo limitada para la mujer). Fue gracias a esta intervención, que nació un subgénero llamado **Ciencia Ficción Feminista**,

---

<sup>2</sup> El enemigo mortal de Flash Gordon (1934).

<sup>3</sup> Marcelo Benítez, “Los Orígenes de la Mujer Moderna” parte 1  
(<http://www.icarodigital.com.ar/numero8/eldamero/mujermod/mujer.htm>)

<sup>4</sup> Ganadoras del galardón “Gran Maestro Damon Knight Memorial” reservado para los mejores autores del género, desde 1974.

donde los papeles estaban igualados, e incluso invertidos (el hombre es “la damisela en peligro” esta vez y la mujer la protagonista principal).

### **2.3.1 Características de la Ciencia Ficción como elemento de la Cultura Contemporánea**

Rizando el rizo de las definiciones no se llega a ninguna parte. Y, desde el “*Frankenstein*”<sup>5</sup>(1818) de Mary Shelley, los casi dos siglos de historia de la Ciencia Ficción la han cambiado tanto, que ya ninguna definición cuadra a todas sus manifestaciones. Digamos que esta es, esencialmente, un género narrativo propio y característico de nuestra época que, en la vieja formulación (1951) del doctor Isaac Asimov, *intenta analizar la respuesta humana a los cambios en el nivel de la ciencia y la tecnología*. Su función característica es la de estimular la reflexión sobre las consecuencias sociales y de todo tipo que comportarán indefectiblemente las nuevas tecnologías.

La Ciencia Ficción se distingue como género literario independiente el año 1920. Desde entonces, ha atraído la curiosidad de las personas de distintas generaciones, ya sea en libros o revistas, o en sus manifestaciones posteriores como por ejemplo series de televisión, películas o videojuegos.

Un modo más complejo de definirla, es la entregan los escritores Eduardo Sánchez y Guillem Gallego -ganadores del premio UPC 2008 (Universidad Politécnica de Cataluña) de Ciencia Ficción- en su ensayo “*¿Qué es la Ciencia Ficción?*”(2003):

---

<sup>5</sup> Sin embargo, Carl Sagan e Isaac Asimov coinciden en que *Somnium* (1623) de Johannes Kepler es el primer relato de ciencia ficción como tal.

*“La Ciencia Ficción es un género de narraciones imaginarias que no pueden darse en el mundo que conocemos, debido a una transformación del escenario narrativo, basado en una alteración de coordenadas científicas, espaciales, temporales, sociales o descriptivas, pero de tal modo que lo relatado es aceptable como especulación racional”.*

Uno de los elementos constitutivos de la Ciencia Ficción tiene que ver con esta transición entre los elementos propios de la realidad científica, espacial, temporal o social y la transformación de los mismos, siendo ésta una de las características que han fundado la decisión de su utilización como recurso para la enseñanza.

Cabe destacar que estas narraciones pueden tomar forma a partir de distintos tipos de soporte comunicacional. Si bien es una definición entregada desde la literatura, no es menos aplicable a nivel audiovisual, puesto que el objetivo de la narración es el mismo. Lo distinto es el medio a través del cual se entrega.

En términos de desarrollo histórico de la Ciencia Ficción, se deben mencionar a aquellos considerados precursores de este género como H. G. Wells y Julio Verne, quienes hicieron un gran aporte acercando la ciencia y la tecnología a las personas a través de sus obras literarias. En el caso de Julio Verne es importante destacar que llegó incluso a adelantarse décadas a los avances técnicos de su tiempo, describiendo entre otras cosas el funcionamiento de submarinos futuristas (“20.000 Leguas de Viaje Submarino” 1869), helicópteros (“Robur el Conquistador” 1886) e incluso los viajes fuera del planeta (“De la Tierra a la Luna” 1865). Por su lado, Wells desafiaba ya en el siglo XVIII los límites que la ciencia tiene incluso en la actualidad, con obras como “La Máquina del Tiempo” (1895) o “El Hombre Invisible” (1897).

Los relatos de este género, tanto en lo escrito como en lo audiovisual, presentan una idea en común: la especulación; y se observa cierta tendencia a sugerir y/o proporcionar hipótesis no sustentadas de modo concluyente por la ciencia o con cierta base real (García, 2009). Esta puede tratar distintos temas, tales como: avances fantásticos o posibles de la ciencia, utopías y distopías, exploración del espacio, extraterrestres o superhéroes (Sánchez y Gallego, 2003).

La versatilidad y la cantidad de formas de existencia que posee en la cultura son tan variadas y extensas como el público que la disfruta. Dicho público está representado en las impresionantes cifras que generan en el cine las películas de su género -“Avatar” (2009), de James Cameron, logró recaudar más de 2700 millones de dólares, convirtiéndose en la película más taquillera de todos los tiempos<sup>6</sup>- o en la cantidad de fans presentes en las convenciones del género mismo -la “*San Diego Comic Con*” reúne durante 4 días, a más de 130 mil personas, y está entre las 4 más grandes del mundo junto a la “*Comiket*” (Japón), el “*Angoulême International Comics Festival*” (Francia) y la “*Lucca Comics & Games*” (Italia)-. Asimismo, la industria de los videojuegos y/o merchandising relacionados, mueven millones de dólares al año, demostrando que la Ciencia Ficción es un fenómeno cultural que atrae a un gran número de personas alrededor del mundo, existiendo numerosas actividades asociadas a ella en muchas culturas.

Este rasgo de masividad permite asociar los elementos de la Ciencia Ficción a un mayor número de sujetos, obteniendo gran ventaja sobre otros posibles recursos didácticos.

Cabe destacar que esta masividad en el consumo de la cultura proveniente de la Ciencia Ficción ya ha sido utilizada anteriormente para acercar la ciencia al

---

<sup>6</sup> Seguida de “Titanic” (1997) y “The Avengers” (2012), en la lista de las películas con más recaudaciones de la historia.

público general. Este trabajo se ha llevado a cabo por aquellos profesionales formados tanto desde la ciencia misma como de la literatura o el periodismo, los llamados “divulgadores científicos”. Nombres como el ya citado Isaac Asimov, Michio Kaku, Neil de Grasse Tyson, Lawrence M. Krauss y Carl Sagan, que a través de sus obras han establecido puentes de fácil recorrer para el público general, logrando despertar su curiosidad, captando su atención con charlas, demostraciones, documentales y todo tipo de trabajo en los medios. Sin embargo, es necesario diferenciar entre este trabajo de divulgación o traducción a lenguaje simple de fenómenos científicos de lo que es propiamente la Ciencia Ficción que como ya hemos definido realiza alteraciones futurísticas a los hechos y fenómenos haciendo ejercicios de especulación plausibles a nivel científico.

### **2.3.2 Nacimiento de la Ciencia Ficción Feminista: el cambio de los roles sexuales**

*“Los roles sexuales en la Ciencia Ficción son tan inalterables como el metal del casco de la nave espacial, y la emancipación una palabra desconocida”<sup>7</sup>. Con esta contundente afirmación, Sam Lundwall (1971) se refería al papel que tradicionalmente desempeñaba la mujer en la Ciencia Ficción. Es un momento en el que finaliza lo que luego se llamó “la edad de oro”<sup>8</sup> y en el que precisamente se están produciendo importantes cambios en la Ciencia Ficción. Se está gestando una más madura, más preocupada por la coherencia de las sociedades, de las culturas o de los seres que imagina, y de mayor calidad literaria.*

Pero primero retrocedamos un poco en el tiempo: en 1915 se publica *“Dellas, un mundo femenino”*. Se trata de una novela escrita por Charlotte Perkins

---

<sup>7</sup> Sam Lundwall, “Historia de la ciencia-ficción”, *Nueva Dimensión*, nº 75, 1976.

<sup>8</sup> Durante los años cincuenta y sesenta se sientan las bases de lo que hoy conocemos por ciencia-ficción y es cuando comienzan a escribir algunos de los autores consagrados como Asimov, Clark, Bester, Pohl, Leiber o Heilein.

Gilman, una escritora estadounidense de principios de siglo, redescubierta en los setenta por grupos feministas que encontraron en su cuento “*El papel de pared amarillo*” un relato sutil y dramático sobre el enclaustramiento femenino en el hogar.

*Dellas* es una obra de Ciencia Ficción en la que se describe un país habitado sólo por mujeres. En ella, tres expedicionarios descubren este país por azar. Las mujeres se dedican a la agricultura y a la maternidad. Tienen las hijas por partogénesis<sup>9</sup>, aunque no todas ellas están autorizadas a concebir. El trabajo de la crianza está destinado a las educadoras. En cambio, el sexo no juega ningún papel: no son lesbianas, son asexuadas.

Vale mencionar también, entre las autoras pioneras de la Ciencia Ficción, a Thea Von Harbou y su “*Metrópolis*” (1927). Fritz Lang, el marido de Von Harbou, dirigió la que sería una de las mejores películas del cine mudo. Pero la novela y el guión eran de ella. Y luego a Leigh Brackett, quien, además de sus historias de colonización del sistema solar (de las cuales Ray Bradbury era un fan confeso), co-escribió una pequeña película no muy conocida llamada “*The Empire Strikes Back*” (1980) para un tal George Lucas.

Hasta ese momento, la Ciencia Ficción, como casi todos los géneros literarios, había estado monopolizada por los hombres. Pero, curiosamente, la que se considera novela seminal de la Ciencia Ficción, *Frankenstein o “el moderno Prometeo”*, había sido escrita en 1818 por una mujer, Mari Shelley. Curioso es ver que dicha historia, carece de personajes femeninos.

Pero como cualquier género, tampoco la Ciencia Ficción está al margen de los cambios sociales que se producen. Y cuando Lundwall escribe su tajante y hasta aquel momento incontrovertible afirmación, está desarrollándose un

---

<sup>9</sup> Reproducción basada en el desarrollo de células sexuales femeninas no fecundadas.

potente movimiento feminista<sup>10</sup> en Estados Unidos que iba a influir poderosamente en toda la sociedad y, cómo no, en la Ciencia Ficción.

Así, en plena década de reivindicación feminista surge un nombre tan importante para la Ciencia Ficción como Ursula K. Le Guin. En novelas como *“La mano izquierda de la oscuridad”* (1969) o *“Los desposeídos”* (1974), Le Guin presenta mundos que cuestionan la necesidad o incluso la conveniencia de que la sociedad sea dirigida por hombres. Y no solamente se hizo un espacio en el género: llegó a remecer un “club de hombres”, y posicionarse como una de las más grandes exponentes del mismo, cuya sombra nos llega hasta el día de hoy, y con quien, justa o injustamente, toda autora de Ciencia Ficción es comparada. Con Ursula K. Le Guin, los años setenta vieron el surgimiento de una generación de escritoras que abrieron nuevas perspectivas y exploraron nuevos temas. Cabe citar a Lisa Tuttle, Anne McCaffrey, Vonda McIntyre, Marion Zimmer Bradley y Suzy McKee Charnas, entre tantas otras.

Gracias a la fuerza del movimiento y de sus representantes (que tuvieron acceso incluso a los premios HUGO<sup>11</sup>), ya en los años 80 se puede afirmar que la mujer accede a cuotas de poder semejantes a las del hombre... o casi. Es cierto que la mayor parte de los protagonistas seguían siendo masculinos, pero el papel de la mujer como objeto al que hay que rescatar desaparece y no nos extraña ver a personajes femeninos con tanta fuerza como la teniente Ripley de *“Alien, el octavo pasajero”* (1979) o Molly en *“Neuromante”* (1984).

Parecía que en los ochenta la mujer se empezaba a interesar por el género, y recíprocamente, el género por ellas. Un gran y curioso ejemplo lo tenemos en la

---

<sup>10</sup> El movimiento se llamó “el feminismo de la diferencia” vivido en “la segunda ola del feminismo” de finales de los 60.

<sup>11</sup> en honor a Hugo Gernsback, fundador en 1926 de “Amazing Stories” la primera revista de ciencia ficción. Los concede desde 1953 la World Science Fiction Society (WSFS) para premiar de entre todos los títulos publicados el año anterior la mejor novela, novela corta, relato y relato corto del género.

supuestamente machista sociedad japonesa, donde empiezan a surgir importantes obras protagonizadas por féminas independientes. Así tenemos a la guerrera/princesa *Nausicca* (1982), de Hayao Miyazaki –director en el famoso *Estudio Ghibli*–, autor que muestra predilección por protagonistas femeninos infantiles, o las mujeres policía de Masamune Shirow: verdaderos iconos *ciberpunk*<sup>12</sup> como Deunan Knute (*Appleseed*, 1985) o Motoko Kusanagi (*Ghost in the Shell*, 1989). Esto puede ser debido a la particular estructura del mundo editorial del manga japonés, cuya tradición de cómic es igual de larga en ambos géneros, por lo que la ampliación de personajes y el mestizaje entre ellos han sido siempre mucho más factibles.

Más recientemente, el auge de escritoras de éxito como Connie Willis (actualmente, la escritora de Ciencia Ficción más premiada de la historia), Elizabeth Moon o Kristine K. Rusch, ha traído una nueva oferta de heroínas enfocadas desde una perspectiva genuinamente femenina.

Actualmente, podemos decir que ya no existe una diferencia marcada en los roles sexuales en el mundo de la Ciencia Ficción, lo cual la convierten un perfecto elemento cultural de aprendizaje, para todas las personas por igual.

### **2.3.3 Antecedentes del uso de la Ciencia Ficción como Recurso Didáctico**

A partir de lo ya expuesto respecto a la Ciencia Ficción y sus características principales, los autores podemos y debemos señalar su versatilidad y eficacia como elemento para ser usada dentro de las secuencias didácticas, ya que además de todo su ya señalado valor cultural, posee tres características propias que la hacen idónea para la tarea:

---

<sup>12</sup> Estilo fantástico que inicio con la película “Blade Runner” (1982), donde los avances tecnológicos se ven de forma pesimista, en un mundo oscuro y de futuros distópicos.

- Una narrativa que presenta especulaciones arriesgadas e intencionadas que nos hacen meditar sobre nuestro mundo y organización social, o sobre los efectos de la ciencia y la tecnología en las sociedades que las utilizan.
- Ofrece posibilidades de maravilla y de admiración casi inagotables. Abren los ojos de la mente a un nuevo universo de posibilidades: nuevos mundos, nuevas formas de vida, nuevas culturas y nuevos avances tecno-científicos. De ahí que muchas veces se diga que posee un *sentido de lo maravilloso*.
- Es de fácil acceso debido a la masificación de este objeto y contenido cultural<sup>13</sup>.

Ya se mencionó la capacidad de despertar el interés y la curiosidad científica de este género, aprovechada tanto por los divulgadores como por la industria cultural contemporánea: Hollywood y escritores de comics, entre otros. En el caso de la presente propuesta, estos mismos rasgos pretenden aprovecharse para generar situaciones problema que fomenten el desarrollo de competencias científicas.

El alumnado, a partir de los elementos de ficción puede muchas veces, mirar algo del género y decir “¡¡eso no es posible!!”, “para que eso ocurra aún faltan muchos años...” y a partir de esa disonancia con la vida cotidiana generar hipótesis de lo que observa, como: “para que ese superhéroe pueda volar, debe ocurrir que...” lo que motiva el conflicto cognitivo, la necesidad de explicación y la consecución de aprendizajes (Palacios 2007).

A su vez, la asociación de este tipo de elementos con el espacio de ocio de los educandos fomenta la motivación por las temáticas de la clase de ciencias

---

<sup>13</sup> ¿Qué es la ciencia ficción? Sanchez y Gallego, 2003. Link: <http://www.ciencia-ficcion.com/opinion/op00842.htm>

¿Qué mejor para un alumno que luego de una visita al cine para ver *Transformers*, o jugando el nuevo juego de *Superman* y *Wonder Woman*, llegue a la clase de Física y se encuentre con que las actividades implican observar, analizar e inferir conceptos a partir de situaciones donde dichos personajes son nuevamente los protagonistas? El uso de estos elementos acerca la ciencia a los sujetos, pudiendo ser valorados de modo más cercano y humanizado, lo que redundaría en la mejora de interés, motivación y logros académicos. (García, 2009).

Si bien en Chile no existen antecedentes al respecto desde las publicaciones académicas referidas, si existen autores que han trabajado en el diseño didáctico y teorización sistemática con respecto al tema y temas afines como la utilización del cine, el cómic e incluso series de televisión de gran éxito mediático tales como "*House*" o "*Prision Break*" (García, 2006, 2009, 2011; García y Guirao, 2010; Palacios, 2007; Petit y Solves, 2012). La revisión de estos antecedentes permite configurar una base teórica para la presente propuesta, sistematizando los principales elementos mediante los cuales las características de la Ciencia Ficción permiten fomentar aprendizajes conceptuales y desarrollo de competencias científicas. Fundamentalmente, esta sistematización tiene dos ejes: la contextualización y acceso al conocimiento científico y la posibilidad de desarrollo de habilidades cognitivas debido a la generación de problemas que motiven el aprendizaje.

### **2.3.3.1 La Ciencia Ficción como modo de contextualizar el Conocimiento Científico**

En 1959 C. P. Snow declaró que nuestras dos culturas (humanidades y ciencias) sufrían de una profunda incompreensión mutua. Como resultado, Snow dijo, nuestro conocimiento se había convertido en una colección de campos aislados, cada uno con sus propios hábitos y vocabularios. "Sus actitudes eran tan diferentes" escribía Snow, "que no podían encontrar una base común". La

solución de Snow a este cisma epistémico era la formación de una “tercera cultura”. Él esperaba que esta nueva cultura pudiera cerrar la brecha comunicacional entre científicos y artistas. Cada lado podía beneficiarse de la comprensión del otro, aumentando a su vez la comprensión del mundo.

Este tipo de iniciativas pueden resumir el sentido del uso de la Ciencia Ficción en tanto elemento que ocupa el rol de vaso comunicante entre un tipo de conocimiento –el científico– y otro –el literario– que permite aumentar la comprensión del fenómeno. En ese sentido la cotidianidad de los elementos de la Ciencia Ficción, potencia la idea de cercanía de dichos tópicos, pudiendo afectar positivamente el trabajo de estudiantes con diversos intereses. Utilizar todos esos elementos durante la clase, convertirá a nuestros jóvenes estudiantes en participantes activos, interesados y motivados de la misma. Y en consecuencia, los llevará a una mejora de los aprendizajes significativos debido a su involucramiento con la clase.

La dimensión de cercanía con respecto al quehacer científico que permite la Ciencia Ficción es uno de los elementos que se ha trabajado anteriormente desde la didáctica y divulgación de las ciencias. Fundamentalmente, se destaca el modo en que la asociación entre la Ciencia Ficción y los espacios de ocio y diversión de estudiantes permite el superar prejuicios e imágenes compartidas con respecto a la dificultad y aridez del conocimiento científico (García, 2009; Petit y Solves 2012).

Este mismo rasgo ha impulsado la creación de asignaturas en distintas universidades que desarrollan la relación entre ambas temáticas, fomentando la difusión del conocimiento científico y el interés por su actividad investigativa (Palacios, 2007). Asimismo, se han generado libros tales como:

- *"De King Kong a Einstein: la física en la Ciencia Ficción"* (1999).  
Autores: Manuel Moreno Lupiañez y Jordi José Pont.

- "*La Física de los Superhéroes*" (2006). Autor: James Kakalios.
- "*The Science of Superheroes*" (2002). Autores: Louis H. Gresh y Robert Weinberg.
- "*The Physics of Star Trek*" (2007). Autor: Lawrence M. Krauss.
- "*La Guerra de Dos Mundos*" (2008) y "*Einstein vs Predator*" (2011). Autor: Sergio Palacios.

Entre tantos otros, quienes han trabajado, recorriendo y analizando, la plausibilidad de las obras de Ciencia Ficción, realizando la revisión de fenómenos físicos de alta complejidad aprovechando situaciones erróneas y/o contextualizadas que aparecen en distintas obras literarias y audiovisuales del género.

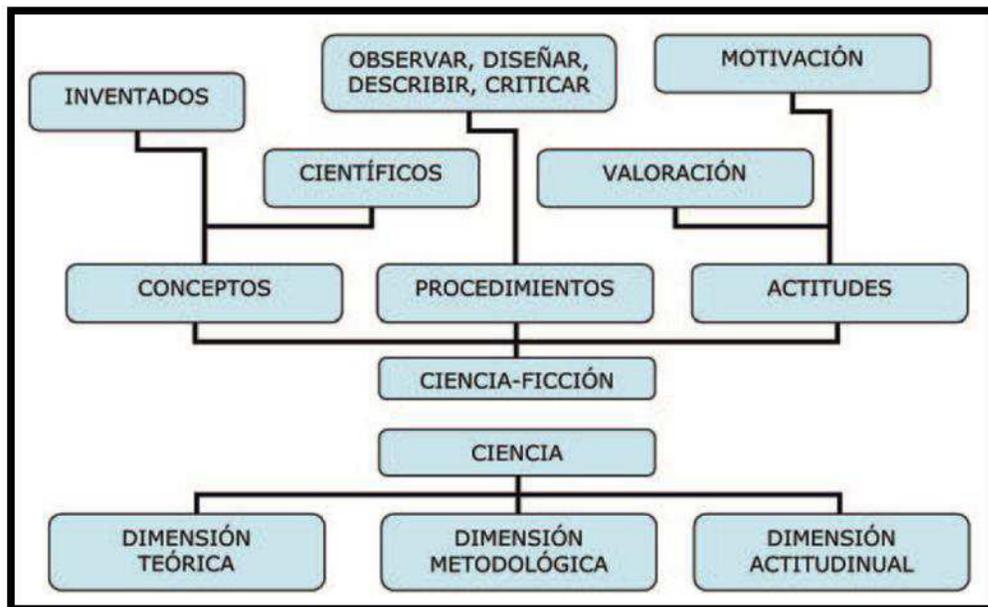
### **2.3.3.2 La Ciencia Ficción como modo de generar aprendizajes y competencias con enfoque sociocognitivo**

No tan sólo se ha utilizado la Ciencia Ficción en relación a la motivación que deriva debido a la cercanía entre el conocimiento científico, la Ciencia Ficción y la vida cotidiana de estudiantes e incluso público en general.

Los autores/investigadores en educación suelen criticar fuertemente el estado actual del profesorado y las clases de ciencias, especialmente por la sobreutilización de la memorización y la falta de contextualización de las que sufren sus clases (García, 2006).

La Ciencia Ficción es considerada como un elemento que permite generar una actitud positiva frente al aprendizaje, al mismo tiempo que por sus características permite alcanzar metas de enseñanza, fundamentalmente en el ámbito de desarrollo de habilidades cognitivas que se alimentan de la apertura al medio, la curiosidad y la posibilidad de diálogo frente a los fenómenos, abordándolos desde una perspectiva científica.

Una de las posibilidades didácticas más importantes que plantea la Ciencia Ficción es la necesidad que plantea al educando de completar aquellos elementos ambiguos y ficticios con elementos conceptuales que permitan tanto aceptar como refutar situaciones presentes en relatos o filmes de este tipo. (Vílchez y Perales, 2005; García, 2006)



Esquema n°2: elementos comunes entre la Ciencia y la Ciencia Ficción.  
(Tomado de: García, 2009)

La estrategia didáctica básica en el desarrollo de aprendizajes, busca que a partir de la observación de fenómenos ficticios, las y los estudiantes se hagan la pregunta “¿será posible?” respecto a aquello que hagan y/o vivan los personajes de narraciones y películas de Ciencia Ficción. Gracias a la guía docente, el estudiantado podrán identificar dónde las leyes de la física se violan y donde son respetadas. El objetivo específico es que el alumno identifique esas distintas situaciones en el material entregado. Así, en forma transversal, se desarrollaría la competencia de observación crítica en su vida cotidiana apropiándose de la rigurosidad necesaria para hablar, pensar y decidir respecto a la ciencia. (Vílchez, 2005).

Se podría resumir el modo en que actúa la Ciencia Ficción con respecto a los aprendizajes del ámbito científico a partir del siguiente modelo: el aumento de la motivación de los estudiantes se realiza gracias a una situación problemática presentada desde su contexto cultural, incluyendo el respeto por el código audiovisual donde se mueven cotidianamente los estudiantes. Lo anterior, lo llevará a trabajar en función de sus interacciones tanto con los contenidos científicos, como con la comprensión del desarrollo de sus propias habilidades. Es esto lo que finalmente nos garantizará un aprendizaje real significativo.

La Ciencia Ficción permite un continuo cuestionamiento del funcionamiento del entorno a partir de las numerosas violaciones a las leyes naturales a partir de sus necesidades de narración o argumento.

En el ámbito de las estrategias didácticas expuestas para el desarrollo de los aprendizajes antes mencionados, éstas se articulan fundamentalmente en torno a la detección de elementos anómalos existentes entre lo mostrado por el relato (audiovisual o escrito) de Ciencia Ficción con respecto a la realidad de la naturaleza para su posterior explicación de ambos tipos de fenómenos a partir del conocimiento conceptual de la física (Vílchez y Perales, 2005).

## **2.4 La Explicación como Competencia científica**

### **2.4.1 Competencia Científica**

La competencia es un concepto heredado de la formación profesional y las exigencias del mundo empresarial en donde *“se le llama competente a una persona cuando tiene la capacidad para hacerlo de forma adecuada y creativa”* (Cockenill, 1989 citado en Yus 2013: 6). En el ámbito de la enseñanza el concepto se ha utilizado desde hace decenios en movimientos de reforma escolar más ajustadas a las demandas del mercado, donde generalmente los empresarios y empleadores establecían las cualidades que perfilan a un aprendizaje competente (Mirabile, 1998 citado en Yus 2013: 6). La OCDE,

siguiendo esta idea, en la década de los 90 se propuso impulsar a nivel internacional, en los países miembros, un cambio de rumbo en los sistemas educativos, para que así se enfocara la enseñanza en el logro de aprendizajes más competentes, con la convicción de que esto propiciaría el objetivo de la misma, es decir un mayor desarrollo económico en estos países, en una clara identificación entre aprendizaje competente y aumento de la competitividad (OCDE, 1997 citado en Yus 2013).

El concepto de competencia en educación puede ser encontrado de distintas formas, pues cada país que adhiera a utilizar este concepto para construir su currículum le daría el enfoque que estime necesario. Camacho y Quintanilla (2008: 198) afirman que *“han surgido diferentes iniciativas de innovación basadas en la investigación en didáctica de las ciencias naturales, que promueven cambios curriculares en la enseñanza de las ciencias, para instaurar el desarrollo de habilidades y destrezas que permitan a los estudiantes mediante procesos reflexivos la construcción y resignificación de los conocimientos científicos que aprenden. Estas habilidades y destrezas se han establecido en un campo teórico bastante complejo, dinámico y a la vez difuso denominado competencias”*

El contexto mencionado corresponde a la clase de Física; uno eficiente nos señala la necesidad de un aula bien preparada y organizada. El conocimiento complejo que se busca desarrollar, para ser ejercido de manera eficiente, será aquél de tipo científico –en este caso, las explicaciones científicas– referido a la clase y a la unidad correspondiente del subsector de Física. Aparece entonces como una cuestión imperante para continuar, la construcción de una definición clara de lo que estos autores entenderán y expondrán como competencia científica.

La evaluación internacional PISA del año 2006<sup>14</sup>, nos presenta la siguiente definición al respecto:

*“La capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Además, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como un método del conocimiento y la investigación humanas, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas sobre la ciencia como un ciudadano reflexivo (PISA, 2007: 20)”.*

Los autores de este seminario pueden, a partir de este momento, definir una de las competencias científicas básicas que deben ser desarrolladas en los jóvenes a nivel mundial (según la misma OCDE), que corresponde al objetivo principal de todo este trabajo.

#### **2.4.2 La Explicación Científica**

El entregar explicaciones a sucesos y situaciones de nuestro entorno es una de las operaciones básicas de la ciencia y por lo tanto, en la clase de Física, es necesario entregar a las y los estudiantes las herramientas que les permitan crear estas explicaciones. Pero para esto primero debemos entender nosotros mismos que es una explicación científica (Cáceres et al, 2013).

Según Humberto Maturana (1997) las explicaciones científicas son proposiciones que se generan por una pregunta que exige una explicación y

---

<sup>14</sup> Año donde el certamen se enfocó en el área de ciencias, de ahí la validez de la definición.

presentadas como reformulaciones de experiencias que son aceptadas por un oyente.

Maturana (1999) concibe cuatro condiciones en la proposición de una explicación científica:

- 1. Descripción de fenómenos de manera aceptable para la comunidad de observadores*
- 2. Proposición de un sistema conceptual capaz de generar el fenómeno*
- 3. Deducción, a partir del punto 2, de otros fenómenos no considerados*
- 4. Observación de estos últimos fenómenos” (Maturana, 1999: 3)*

Esta manera de entender la explicación científica nos indica que esta es una parte intrínseca del ser humano, puesto que todos tendemos a responder preguntas que nos hagan otras personas o incluso nosotros mismos. Además, al observar las condiciones de una explicación científica presentadas, podemos ver que esta es un objeto que evoluciona, pues primero se describe y luego se propone desde un sistema conceptual (teoría científica) que abarca ese fenómeno como aquellos que podría abarcar en otros contextos, para finalmente ser observados.

Para Hempel (1965), citado en Concari (2001), la explicación comienza con la declaración de un fenómeno a ser explicado y con la indagación de las leyes y enunciados que se relacionan con el fenómeno, se deduce su mecánica de funcionamiento y se explica el fenómeno con proposiciones verdaderas basadas en la investigación que se realizó (Concari, 2001).

Es decir, al investigar un determinado fenómeno o situación científica, la manera de explicarlo radica en investigar las leyes y teorías científicas que se relacionan con él, y a través de eso deducir sus implicancias y emitir una

declaración basada en esta investigación, que resultara verdadera al estar apoyada en el conocimiento científico aceptado.

Una manera más acotada de percibir esta “definición” de explicación sería la establecida por Rolando García (1979) que establece que *“una explicación física consiste simplemente en demostrar que un fenómeno dado es una consecuencia de leyes ya aceptadas.* (Concari, 2001: 4)

#### **2.4.2.1 ¿Qué entenderemos por Explicación Científica?**

En todas estas concepciones de explicación científica, existe un factor común: la capacidad de aquel que investiga el fenómeno a explicar, de indagar por todo el conocimiento científico relacionado con dicho fenómeno, y además, a través de dicho conocimiento, transmitir un “nuevo” conocimiento que será verdadero al estar apoyado desde las teorías y leyes aceptadas como verdaderas.

Las definiciones aquí presentadas tienen aspectos absolutamente destacables, pero deben ser entendidas más que como solo definiciones. Se menciona un factor común entre todas estas, que es la capacidad de indagación del investigador, pero en ellas mismos esto no parece ser un aspecto destacable. La “capacidad” en sí, más bien parece ser un puente necesario de recorrer que un aspecto a resaltar al explicar.

Y es de esa manera que los autores de este Seminario entenderán la explicación científica: desde el aspecto de la capacidad de explicar hechos científicos, de extraer información y de la capacidad de entender la ciencia como una construcción humana.

Aquí es donde profundizamos aún más lo que es explicar científicamente, puesto que no solo implica habilidades de identificación, descripción, interpretación o aplicación de aquel fenómeno natural sino que también debe

existir la capacidad de anticipación (hacer predicciones). Se debe tener un manejo de las teorías científicas asociadas al fenómeno y a la vez un modelo mental para poder aplicar dichas teorías asociadas y así poder explicar los hechos que ocurren y que ocurrirán.

Como bien describe Concari (2001), las teorías científicas son enunciados que tienen fines explicativos. El modelo es la estructura supuesta, construida mentalmente para entender la teoría; mientras que la teoría es el conjunto articulado de enunciados que describe dicha estructura.

Los modelos, si bien no son explicativos, tienen como rol el ser un instrumento que ayuda a descubrir las relaciones que tendrán lugar en la formulación precisa de la teoría (Concari, 2001). Siendo más específicos un modelo físico es un sistema de relaciones con una interpretación precisa de los términos que intervienen (García, 1999 citado en Concari, 2001), estos modelos pueden ser representaciones visuales como en el caso de algún fenómeno físico como un rayo, como modelos sin una "imagen" posible de formar, como los utilizados en física cuántica.

Estos modelos son los que ayudan a la persona a hacer comprensible el fenómeno que se quiere explicar y depende de cada persona como son construidos. Por supuesto que dependiendo de cada caso, es posible que existan modelos más adecuados que otros, es por esto que los modelos deben ser dinámicos y siempre abiertos a ser reconstruidos para así lograr nuevos argumentos y conclusiones que respondan de la manera más ordenada y correcta aquello que se solicita.

Recapitulando, la explicación científica, es un conocimiento aplicado de las teorías referentes a un fenómeno natural, en el cual se identifica, describe y analiza dicho fenómeno, a través de la creación de un modelo, visual o no, de este, el cual permite relacionar las teorías con el suceso en estudio y junto con

esto, es posible predecir cambios en dicho fenómeno, basándose en los factores ya descritos.

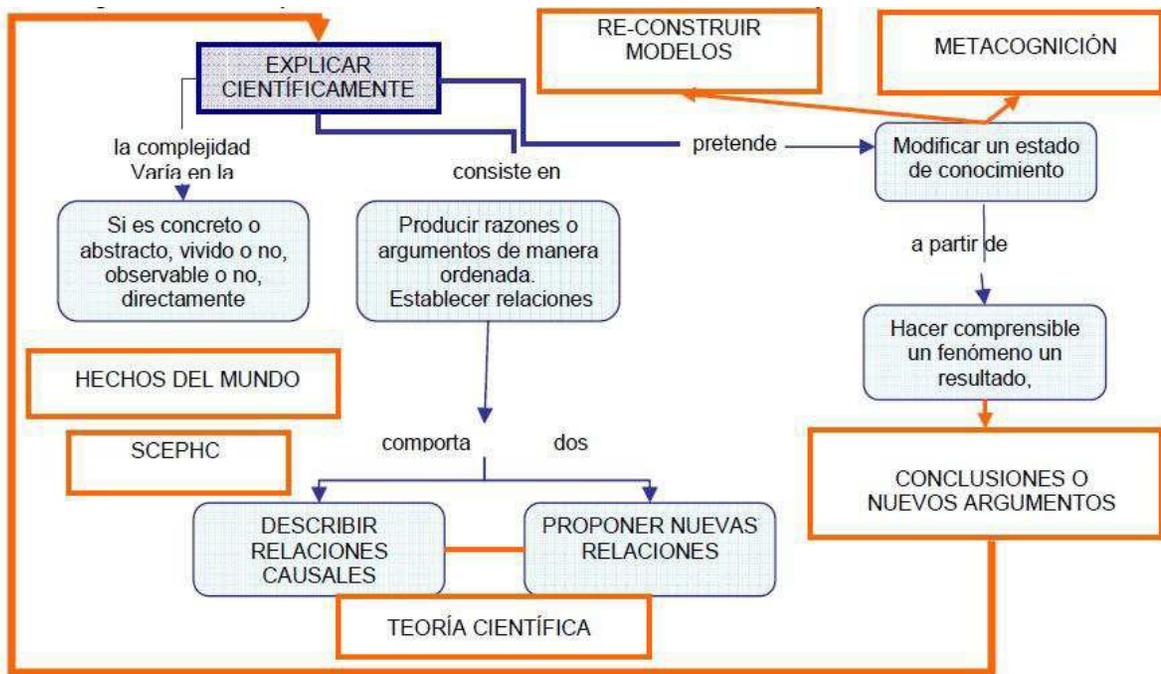
Se hizo mención anteriormente de que las explicaciones son objetos que evolucionan constantemente, y pueden verse como más de un tipo de explicación (según el momento en que se mire el proceso). Gilbert et al. (1998 citado en Concari, 2001) establecen una clasificación de explicaciones según las siguientes categorías:

- 1) *Explicación intencional*: Por qué se solicita la explicación, es decir, cuál es el problema al que se responde.
- 2) *Explicación descriptiva*: Cómo se comporta el fenómeno explicado.
- 3) *Explicación interpretativa*: De qué se compone el fenómeno.
- 4) *Explicación causal*: Por qué el fenómeno se comporta como lo hace.
- 5) *Explicación predictiva*: Cómo debería comportarse en otras circunstancias.

Si bien en estas categorías se establece una diferencia y por tanto, más de un tipo de explicación, en la construcción del concepto llevada a cabo anteriormente se concibe la explicación científica integrando cada una de estas categorías. Por lo tanto más que una clasificación, esta podría ser descrita como un ordenamiento o pasos a seguir para entregar una explicación científica. Ya que la explicación científica requiere ser ordenada y clara, pues como señala Wartofsky (citado en Camacho, 2012) “*explicar algo es haber llegado a entenderlo de tal manera que uno sea capaz de hacer que otro lo entienda*”, implica que no tan solo debe existir un modelo claro para quien explica, sino que también para quien recibe la explicación, pues así se vuelve comprensible aquello que se explica, a través de argumentos y conclusiones claras.

Camacho (2012: 4) explica que en el desarrollo de la competencia (explicación científica) también se contempla “*la complejidad de estos procesos dentro de la persona*” puesto que esta toma decisiones sobre lo que debe saber hacer, saber conocer, saber comunicar y saber ser. Agrega que esta visión de la explicación científica eleva como relevante el rol significativo y personal, metacognitivos afectivos y emocionales que le otorgue la persona durante la construcción de su competencia.

En resumen, la explicación científica caracterizada como competencia científica es parte del desarrollo de personas competentes, que a través de la construcción y reconstrucción de modelos, cuya significancia es asignada por ellos mismos, crean explicaciones claras y ordenadas de un determinado fenómeno, demostrando de esa manera un dominio sobre las teorías que abarcan dicho fenómeno. Además de eso, deben predecir cómo dicho suceso se comportará en otras circunstancias y para esto deben describir relaciones causales y proponer nuevas relaciones que le permitan argumentar dicha predicción. Una vez este proceso resulta satisfactorio, es necesario retroalimentarlo, desde las conclusiones y nuevos argumentos, donde se busca siempre mejorar la explicación (pulirla).



Esquema n°3: La explicación científica como competencia científica  
(Tomado de Camacho, 2012:6)

Si las/los estudiantes logran un buen desarrollo de la explicación científica poseerán a su haber una manera ordenada de razonar a través de la re-construcción de modelos, donde para explicar los fenómenos científicos o algún resultado, construirán modelos mentales sobre los mismos para comprenderlos. Es posible que estos modelos sean correctos, pero serán en su mayoría incompletos y/o errados, por lo que estarán sujetos a cambios/mejoras.

Ahora bien, la sola creación de modelos no basta para poder entregar una explicación científica. Aquí entra también en juego el pensamiento involucrado (metacognición), el cómo el alumnado ordena la construcción de esos modelos, las razones y argumentos que explican estos modelos y la significancia que le dan al fenómeno. Ya que es una explicación, se deben entregar o producir razones o argumentos de manera ordenada al momento de comunicarla. Evitando caer en los “porque si” o entregando argumentos que no tengan

ningún tipo de relación (ya sea causales o de otra índole). Para lograr una buena explicación a través de los modelos que se re-construyen no solo se debe lograr relacionar los argumentos a través del cómo se presentan, sino que también crear nuevas relaciones que permitan anticipar sucesos relacionados con el fenómeno.

## **2.5 Modelos Explicativos en Ciencia**

### **2.5.1 La construcción de Sistema Conceptuales**

En ciencias, cada vez que se realiza una explicación a partir de un fenómeno observado, se parte por diseñar un sistema “simplificado e idealizado” para representar el fenómeno, una entidad abstracta en la cual se consideran como variables solo ciertos factores relevantes para el investigador (Lombardi, 1998, extraído de Alurralde y Salinas, 2007). Se entiende este proceso de construcción de conocimiento, como el conjunto de representaciones mentales que construyen las personas y que buscan facilitar la comprensión acerca del mundo natural. Es decir, un proceso que consiste en “*elaborar representaciones mentales más o menos ajustadas para explicar cómo puede funcionar algún aspecto de la realidad y cómo se puede intervenir en él*” (Bahamonde, 2006, p.23, citado en Arzola, Muñoz, Rodríguez y Camacho, 2011).

La naturaleza en su totalidad resulta ser demasiado compleja, enriquecida con variables de todo tipo, y es menester para la comprensión del fenómeno observado, el reducir y controlar esas variables. Bunge (1985, citado en Alurralde y Salinas, 2007) dice que la construcción de una teoría científica se hace a partir de la construcción de un sistema conceptual que representa con cierta aproximación algunos aspectos del fenómeno, idealizaciones que conservan los aspectos considerados relevantes en el sistema real al que se refieren, que no son todos los que intervienen. A este sistema conceptual se le llama modelo teórico, y lejos de ser una tarea reservada a los más altos

científicos, toda persona (independiente de su grado académico, edad o su sexo) es capaz de realizarlo. El “modelizar” un fenómeno para comprenderlo y explicarlo, es una tarea básica del razonamiento humano (Giere, 1992, citado en Arzola, Muñoz, Rodríguez y Camacho, 2011).

Respecto a la clase de ciencias, donde la mayor tarea del estudiantado consiste en comprender y explicar fenómenos naturales, se entiende que el modelo explicativo que construyan podría ser una clave para la comprensión del modo en que hacen uso de distintos razonamientos y concepciones alternativas. La identificación y caracterización de estos modelos explicativos podría ayudar a entender por qué las y los estudiantes en algunos contextos parecen adoptar ideas más cercanas a las aceptadas científicamente y, casi simultáneamente, en otros contextos recurren a concepciones incompatibles con las aceptadas científicamente.

El marco teórico adoptado supone que las y los estudiantes emplean concepciones propias sobre los sucesos y procesos físicos como base para la interpretación del comportamiento de los fenómenos que enfrentan y las usan para hacer inferencias, enfocando lo que perciben como factores importantes. Esas concepciones propias, entre las cuales es posible identificar tanto ideas científicas como no científicas (obtenidas de la clase misma o desde sus propias vivencias), son consideradas verdaderas por los estudiantes y son aceptadas por ellos como suposiciones básicas válidas. Es sobre esa base que construyen finalmente modelos que tienen una función explicativa.

### **2.5.2 Perspectivas de Construcción de Modelos Explicativos**

Desde el campo de la investigación educativa en ciencias y desde la psicología cognitiva se han hecho distintos aportes para “modelar” los razonamientos de los estudiantes y sobre el rol de las concepciones en esos razonamientos.

Desde diferentes perspectivas teóricas surge la idea del "modelo" como construcción personal del sujeto.

En la construcción de sus modelos, un estudiante recorta y simplifica el sistema, pero puede elaborar implícitamente varios modelos explicativos para un determinado sistema físico y puede utilizar diferentes modelos explicativos implícitos para tratar un mismo sistema físico, según cómo lo enfoque. Del mismo modo, varios estudiantes pueden compartir el o los mismos modelos explicativos, ya que estos nacen de un razonamiento común en un grupo de estudiantes de similares características (Driver, 1986; Pintó et al., 1996; Prieto Ruz et al., 1997, citado en Alurralde y Salinas, 2007).

### **2.5.3 Modelos Científicos en la clase de Ciencias**

Respecto del saber intuitivo que utiliza el estudiantado en la construcción de modelos, hoy coexisten diferentes perspectivas teóricas que intentan interpretar su origen, naturaleza y características más implícitas (Carretero y Limón, 1997 citado en Bravo, Pesa y Pozo, 2010). Algunos estudios recientes, por ejemplo (Mihas y Panagiotis, 2005 y Dedes, 2005 citados en Bravo, Pesa y Pozo, 2010), proponen posibles analogías entre las ideas de las y los estudiantes y las pre-científicas que fueron construyéndose a lo largo de la historia en el seno de la comunidad científica.

La perspectiva teórica que fue adoptada aquí, implica concebir el conocimiento científico (aquellos contenidos vistos en clase, por ejemplo) y el conocimiento intuitivo como dos modos de conocer, dos maneras sustancialmente distintas de "ver" e interpretar el mundo, que presentan características implícitas diferentes. Estas diferencias estarían relacionadas no sólo con aspectos conceptuales (y con ello con el modelo explicativo), sino también con los principios ontológicos y epistemológicos que caracterizan a estas maneras de conocer. Y serían justamente estos principios (que se describen en la Tabla

nº1) los que guían de forma implícita la manera en que se interpreta y concibe el fenómeno, como así también los modos de razonar que se activan al momento de elaborar una explicación (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Pozo, 2001; Sandoval y Salinas, 1996; Viennot, 2002 citados en Bravo, Pesa y Pozo, 2010).

Tabla nº1: Características ontológicas, epistemológicas y conceptuales del conocimiento intuitivo y del conocimiento científico, a partir de Pozo y Gómez Crespo (1998). – extraída de Bravo, Pesa y Pozo, 2010, página 114.

PRINCIPIOS	IDEAS INTUITIVAS	IDEAS CIENTÍFICAS
Ontológico	Estado: Interpretación del mundo en estados de la materia desconectados entre sí	Sistema: Los fenómenos se interpretan en función de relaciones complejas que forman parte de un sistema
Epistemológico	Realismo ingenuo: La realidad es tal como la vemos, lo que no se percibe no se concibe	Constructivismo: Se concibe que la ciencia está conformada por modelos alternativos que permiten interpretar la realidad pero no son la realidad misma
Conceptual	Hecho o dato: Los fenómenos y hechos se describen en función de propiedades y cambios observables	Interacción: Las propiedades de los cuerpos y los fenómenos se interpretan como un sistema de relaciones de interacción

Resultados de trabajos anteriores (Bravo y Rocha, 2004; Bravo y Rocha, 2006; Bravo y Pesa, 2005 citados en Bravo, Pesa y Pozo, 2010), alertan de que estos modos de explicar los fenómenos (aquel coherente con el científico y aquel netamente intuitivo) constituirían los extremos de un proceso que los estudiantes suelen recorrer durante su aprendizaje escolar cuando éste está guiado por una propuesta didáctica especialmente diseñada para propiciar un cambio de su modo de conocer y favorecer la construcción de una idea coherente con la de la ciencia escolar, en este caso, de un modelo explicativo. Es natural entonces pensar, que un modelo puede llegar a tener distintos niveles de complejidad, en función del momento (en el proceso de enseñanza-aprendizaje) a partir del cual sea construido. Visto desde el Modelo Cognitivo de Ciencia, se busca que las y los estudiantes generen fundamentos epistemológicos y didácticos sobre la actividad científica en la clase, a fin de que *“construyan modelos explicativos dinámicos y de distintos niveles de complejidad y que sepan utilizarlos adecuadamente, según el objetivo y el tipo*

*de situación problemática (práctica, teórica) a que se enfrentan”* (Bahamonde, 2006, p. 24 citado en Arzola, Muñoz, Rodríguez y Camacho, 2011).

Como se menciona al inicio de este capítulo, durante el transcurso de la clase de ciencias, los modelos explicativos que las y los estudiantes construyan para explicar fenómenos son susceptibles de ser analizados y caracterizados, para definir cuál o cuáles son los utilizados con mayor frecuencia, de modo de caracterizar tanto la forma de razonar de un grupo, como de utilizar propuestas didácticas adecuadas a dichos razonamientos. Es decir, que la construcción de modelos, y la mejora del razonamiento científico del estudiantado, pueden ser guiadas e intencionadas hacia los aprendizajes buscados.

La complejidad del aprendizaje se debería entonces al hecho de que aprender no implicaría la sustitución de ideas o formas de pensar, sino un cambio sustancial en los principios más implícitos que guían el entendimiento, la interpretación y la comprensión del mundo. La Actividad Científica Escolar puede verse como la búsqueda en la interacción de tres pilares: el pensamiento, el lenguaje y la acción necesaria en la ciencia escolar. A través de estrategias didácticas innovadoras, es posible promover la construcción de modelos explicativos escolares que permiten construir explicaciones científicas acerca del mundo, sustentando lo planteado por Izquierdo (2000, citado en Arzola, Muñoz, Rodríguez y Camacho, 2011): *“el concepto de modelo está recibiendo una mayor atención en la epistemología, a raíz, entre otras cosas, de las investigaciones específicas en psicología del aprendizaje, ciencia cognitiva y didáctica de las ciencias, que lo han señalado como un concepto poderoso para entender la dinámica de la representación que tanto científicos como estudiantes se hacen del mundo”*.

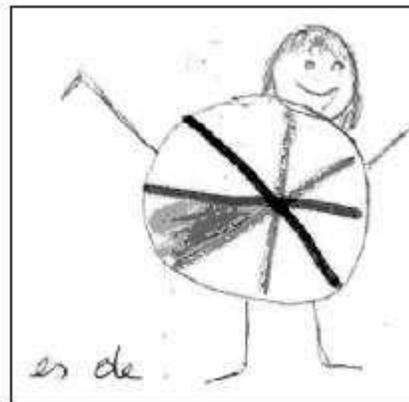
Es de vital importancia tener el conocimiento de que los modelos explicativos también pueden transformarse progresivamente con la aparición de nueva

información, provocando innovaciones conceptuales que los enriquecen y vuelven más complejos, en concordancia con lo anterior. Esto puede evidenciarse a partir del siguiente ejemplo breve, extraído de la investigación de Arzola y et al. (2011), en donde se describen los modelos explicativos acerca de la Teoría Celular en estudiantes de 8vo año básico antes y después de desarrollar una secuencia de actividades:

*“El modelo explicativo de la célula eucarionte animal de un estudiante durante el momento de diagnóstico (Figura 1), evidencia características que según Moreira et al. (2002) conllevan a tipificarlo como simplificado e incompleto ya que no hace mención a la estructura y función de la célula. Una vez se desarrolla la unidad didáctica (Jara, Rubio y Camacho, 2012) fundamentada desde el Modelo Cognitivo de Ciencia y estructurada según el Ciclo Constructivista de Aprendizaje (Sanmartí, 2000), este modelo previo se reconstruye y aparecen nuevas relaciones sobre la estructura principal de la célula, identificando cada estructura con su nombre y función (Figura 2). De esta manera se evidencia que el propio modelo explicativo del estudiante fue enriquecido, en particular con respecto a la técnica de representación y el lenguaje, aspectos simbólicos que constituyen la explicación científica, según Toulmin (1977).”*

Modelo explicativo de un estudiante de 8vo básico en el momento de diagnóstico.

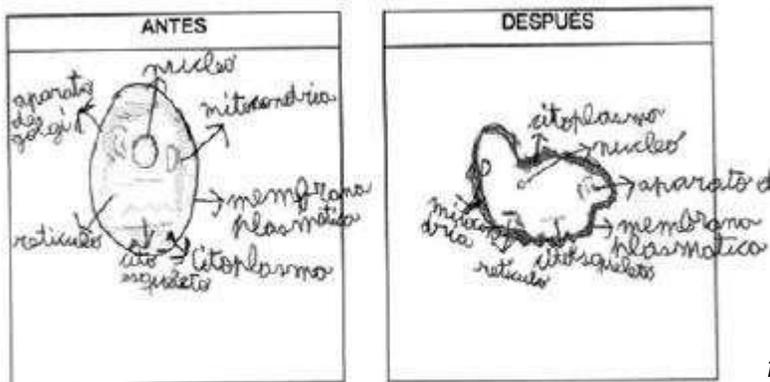
¿Cómo sería tu disfraz considerando las estructuras celulares?” (Arzola et al. 2011)



“Mi célula es de forma redonda, tiene Textura suave, las líneas de colores son unas venitas que tiene dentro de ella.”

Modelo explicativo reformulado de un estudiante de 8vo básico después del desarrollo de la Unidad Didáctica

“Las células también se enferman” (Arzola et al. 2011)



“Primero todo normal y sano, después todo se debilita, la membrana cambia de forma, el citoplasma disminuye el espacio que ocupa el citoesqueleto, aparato de golgi y el retículo pierde forma y tamaño. El núcleo se vuelve rojo y disminuye su tamaño. La mitocondria se vuelve de color negro y pierde tamaño.”

Esquema n°4: ejemplo de reconstrucción de modelos - Tomado de Arzola, Muñoz, Rodríguez y Camacho, 2011, página 12.

#### **2.5.4 Modelos Explicativos según Sexo**

La enseñanza de la ciencia es masculina en sus aspectos más superficiales: profesores y estudiantes de ciencias son mayoritariamente hombres, los ejemplos y las aplicaciones usados en la enseñanza son masculinos, las interacciones de clase son dominadas por los chicos, e incluso la evaluación podría estar sesgada por el género según el formato y los temas de las cuestiones de evaluación (AMIW, 1992; Kahle, 1990; Rosser, 1989; Spear, 1987 citados en Manassero y Vázquez 2003).

Existen estereotipos que consideran que los chicos están mejor dotados para las disciplinas científicas más “duras” y las chicas para las asignaturas y carreras más artísticas e intuitivas. Con relación a los papeles atribuidos a cada sexo, la conducta del profesorado reproduce y transmite los estereotipos, cuando debería contribuir a corregirlos practicando activamente una educación para la igualdad y potenciando las capacidades de las personas con independencia del sexo y otras circunstancias. Esto requiere una tarea de concienciación ardua, pero necesaria para la escuela.

El rendimiento escolar es un constructo que valora los logros alcanzados en el aprendizaje de las distintas áreas de conocimiento escolares. En los diversos estudios realizados en distintos países y épocas, se observa que el rendimiento escolar global de las chicas es superior (presentan un porcentaje inferior de fracaso escolar) en todos los niveles educativos. Sin embargo, las diferencias según los sectores y subsectores tienen distinto signo: los chicos tienden a ser mejores en matemáticas y ciencias, y las chicas en lenguas.

Una de las interpretaciones del superior rendimiento escolar de las mujeres se basa en su mayor capacidad verbal, que les permite rendir más en las pruebas y exámenes escolares tradicionales de respuesta abierta, basados en las destrezas lecto-escritoras; por el contrario, en las pruebas de opción múltiple

(tests), donde la destreza verbal no es tan crítica, los chicos tienen ventaja (Vázquez, 1990b; Andrés, 1998 citados en Manassero y Vázquez 2003).

Observando el contexto nacional, el curriculum en Ciencias está enfocado en modelos androcéntricos de enseñanza, según indican varias investigaciones (Silva-Peña, 2010). Enfrentados a la resolución de problemáticas científicas (explicación de fenómenos), las diferencias se mantienen: según los resultados presentados de nuestro país frente a la prueba PISA, las chicas poseen una mayor debilidad en la competencia “explicar fenómenos científicamente”. Es decir, que presentan una menor habilidad a la hora de representar un fenómeno mediante la simplificación de las variables existentes, y la creación de un sistema conceptual abstracto para la mejor comprensión del fenómeno en cuestión. Finalmente, los modelos explicativos generados por las chicas, resultan ser menos complejos que los de los chicos.

## **2.6 Secuencias para la elaboración de una Unidad Didáctica**

Para estructurar el desarrollo y la implementación de una Unidad Didáctica, hay que basarse en una secuencia didáctica -entendiéndola como la “manera” o la lista de pasos a seguir en el desarrollo de la unidad, para aplicar las actividades-, que sea válida y adecuada (en el contexto de este Seminario) para la enseñanza de las ciencias. Para esto, se presentarán tres de las estructuras didácticas más usadas: la ECBI, el modelo 5E, y el Ciclo Constructivista de Aprendizaje.

Si observamos cada una de las etapas en las distintas “estructuras didácticas” que serán expuestas, podremos observar que existen algunas que se repetirán, como la *exploración*, y otras que si bien no tienen el mismo nombre, poseerán ciertas similitudes reconocibles, como las de *motivación*.

### 2.6.1 La Enseñanza de las Ciencias Basada en la indagación (ECBI)

La metodología indagatoria para el aprendizaje de las ciencias se basa en que para lograr aprendizajes realmente significativos y duraderos en los estudiantes, estos deben entre otras cosas:

- Interactuar con problemas concretos
- Los problemas deben ser significativos e interesantes para los estudiantes
- Ser capaces de hacer sus propios descubrimientos
- Construir de manera activa su aprendizaje

El método de Indagación ECBI, es un método que separa la clase en 4 etapas: *Focalización, Exploración, Comparación y Contraste y Aplicación.*

- **Focalización:** En esta primera etapa las/los niñas/niños exploran y explicitan sus ideas respecto a la temática, problema o pregunta a investigar, a través de una lluvia de ideas. Estas ideas previas son el punto de partida para la experimentación posterior. Es necesario en esta etapa iniciar la actividad con una o más preguntas motivadoras, que permitan al docente recoger ideas previas de los estudiantes acerca del tema en cuestión. Es fundamental para el éxito del proceso de aprendizaje que los alumnos puedan contrastar sus ideas previas con los resultados de la exploración que sigue.
- **Exploración:** Esta etapa se inicia con la discusión y realización de una experiencia cuidadosamente elegida, que ponga a prueba los prejuicios de los estudiantes en torno al tema o fenómeno en cuestión. Antes de realizar experiencias concretas, los estudiantes deben elaborar sus predicciones ante la situación o problema a investigar. Lo importante es que ellos puedan comprobar si sus ideas se ajustan a lo que ocurre en realidad o no. Es muy importante propiciar la generación de

procedimientos propios por parte de las y los estudiantes, es decir, que sean los propios estudiantes, apoyado por la/el docente, los que diseñen procedimientos para probar sus hipótesis. Al igual que en el trabajo de los científicos es fundamental el registro de todas las observaciones realizadas, por lo que el cuaderno de ciencias de los alumnos es fundamental para ellos.

- **Comparación y Contraste:** En esta etapa, luego de realizada la experiencia, los estudiantes discuten los resultados obtenidos, confrontan sus predicciones con los resultados y generan conclusiones respecto de lo estudiado, las que registran en el cuaderno de ciencias, algo así como una bitácora.
- **Aplicación:** El objetivo de este punto es poner al alumno ante nuevas situaciones que ayuden a afirmar el aprendizaje y asociarlo al acontecer cotidiano. Esta etapa permite al docente comprobar si los estudiantes han internalizado de manera efectiva ese aprendizaje. Aquí se pueden generar nuevas investigaciones, extensiones de la experiencia realizada, las que se pueden convertir en pequeños trabajos de investigación para los estudiantes, en los que ellos apliquen y transfieran lo aprendido a situaciones nuevas (Uantof, 2009; Soto, Reyes y Pincheira, 2008).

### 2.6.2 El modelo “5E”

El modelo de instrucción 5E es llamado así por contar con 5 etapas las cuales son: enganche, exploración, explicación, elaboración y evaluación. Este modelo fue diseñado en el proyecto Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) bajo la dirección de Rodger W. Bybee desde mediados de los 1980's (BSCS e IBM, 1989 citado en UNAM, 2013). Este modelo amplió el ciclo de aprendizaje de tres etapas originalmente diseñado a finales de los 1950's y principios de los 1960's por Karplus y Atkin, a su vez basado en las investigaciones de Piaget.

Las etapas originales eran exploración, invención y descubrimiento, donde el estudiante, respectivamente, tenía una experiencia inicial con el fenómeno, conocía nuevos términos asociados con conceptos objetos de estudio, y aplicaba conceptos y utilizaba términos en situaciones nuevas pero relacionadas. Con el tiempo el ciclo de aprendizaje fue evolucionando y diversificándose para no sólo enseñar conceptos sino también habilidades (Lawson, 1995; Cortés, Flores y Sánchez, 2011 citado en UNAM, 2013).

- **Enganche:** En esta fase los estudiantes se enfocan en estudiar un objeto, problema, situación o evento. Las actividades en esta fase deben conectar con sus experiencias pasadas y exponer sus concepciones alternativas.

Se puede desarrollar haciendo una pregunta, definiendo un problema, mostrando un evento discrepante o intentando resolver una situación problemática para enganchar a los estudiantes y hacerlos que se concentren en las actividades a realizar. El papel del docente es presentar la situación, identificar las actividades a realizar así como establecer las reglas del juego para realizar estas actividades.

Una fase de enganche exitosa provoca que los estudiantes se sorprendan, se interesen y se motiven para realizar actividades mentales y físicas.

- **Exploración:** En esta etapa se busca guiar a los estudiantes en la recogida de información o datos así como en el procesado de su significado, con la idea de establecer experiencias y evidencias que tanto los alumnos y los docentes puedan utilizar en etapas posteriores para introducir y/o discutir conceptos, habilidades o destrezas.

Se dedica a que las y los estudiantes satisfagan su necesidad de explorar sus ideas al realizar actividades comunes y concretas, de preferencia para interactuar vía sus sentidos con objetos, eventos, situaciones, etc. primero mediante materiales educativos simples y familiares, que les ayudarán a construir sus conceptos, habilidades y actitudes. Después se pueden explorar materiales educativos complejos y poco familiares, como programas de computación, videos, simulaciones, animaciones, etc. pero éstos deben de ser seleccionados cuidadosamente para ayudar en el proceso inicial de formular conceptos cercanos a los acuerdos de la educación científica.

Como resultado de su dedicación física y mental, las y los estudiantes empiezan a establecer relaciones, observar patrones, identificar variables, formular preguntas, etc.

- **Explicación:** En la fase de explicación ocurre el proceso donde los conceptos, habilidades y destrezas se aclaran y se comprenden. En ella las y los estudiantes y los docentes emplean términos comunes relativos a las fases previas. Empieza cuando el profesor pide que el estudiantado expliquen aspectos específicos revisados con sus propias palabras. Cuando es necesario el docente ayuda a organizar la información y proporciona términos necesarios.
- **Elaboración:** En la fase de elaboración las y los estudiantes ya tienen una explicación y cierto lenguaje para las actividades realizadas y entonces es momento de exponerlos a más experiencias para extender o elaborar los conceptos, habilidades o destrezas en estudio. Los estudiantes participan en actividades de discusión y de búsqueda de información. El objetivo del grupo es identificar y ejecutar un número pequeño de actividades prometedoras. Durante las discusiones los estudiantes presentan y defienden su comprensión del tema así como sus propuestas de nuevas situaciones y problemas. Y reciben

retroalimentación de sus compañeras y compañeros, que poseen un nivel similar de comprensión.

- **Evaluación:** En esta fase los estudiantes emplean las habilidades o destrezas que han adquirido o evalúan su comprensión de un concepto. Para ello realizan autoevaluación, co-evaluaciones y evaluaciones para recibir retroalimentación de ellos mismos, sus compañeras y compañeros y/o el o la docente sobre lo adecuado de su actuación o explicación antes de realizar la evaluación sumativa para examinar el grado de aprendizaje.

### **2.6.3 Ciclo Constructivista de Aprendizaje (CCA)**

Este ciclo nace desde las concepciones constructivistas, donde las actividades se consideran un conjunto de tareas con una intencionalidad didáctica que se realizan en las distintas fases del ciclo de aprendizaje con distintas finalidades, según la función que desempeñen en ella (Sanmartí, 2000 en Marzabal, 2012). Donde se estructura en cuatro fases que son: *Exploración, Introducción de Contenidos y Conflicto Cognitivo, Estructuración del Nuevo Conocimiento y Aplicación de los Nuevos Aprendizajes.*

- **Exploración:** Análisis de situaciones reales, concretas y simples que permiten reconocer el objeto de aprendizaje, además de expresar ideas y conocimientos previos.
- **Introducción de Contenidos y Conflicto Cognitivo:** Descripción de fenómenos, sus relaciones y evidencias que los confirman. Aumento del nivel de abstracción para facilitar la construcción del conocimiento.
- **Estructuración del Nuevo Conocimiento:** Sistematización y estructuración de los nuevos aprendizajes. Generalización, construcción de definiciones, explicación de los hechos con la teoría.

- **Aplicación de los Nuevos Aprendizajes:** Aplicar los conocimientos a la resolución y gestión de problemas, predicción o argumentación de opiniones para interpretar la realidad y saber utilizar el nuevo aprendizaje. (Cortés, Flores y Sánchez 2011).

#### **2.6.4 Razones que Justifican el Trabajo basado en el modelo 5E**

Analizando las Secuencias presentadas, los autores de este Seminario han decidido construir una propuesta Didáctica de carácter coeducativo, basada en el Modelo Cognitivo de Ciencias y secuenciado desde el modelo 5E, por las siguientes razones:

- el modelo presenta un momento explícito de *Enganche*, para motivar las actividades. Es en este momento donde los elementos de la Ciencia Ficción Feminista toman la mayor fuerza e importancia.
- esta secuencia está fundamentada en la construcción de explicaciones, lo cual corresponde a la esencia principal de este Seminario. Hay un momento específico para esto (la etapa de *Explicación*), no así en el *modelo CCA*, donde pueden desarrollarse otras competencias o habilidades.
- La propuesta del modelo CCA es más amplia, la del 5E es mucho más específica. Lo que debe hacer el estudiantado y lo que debe hacer el profesorado, en el caso del CCA, no se detalla con precisión.

## **2.7 Antecedentes sobre la Enseñanza-Aprendizaje del Comportamiento de la Luz en el ojo humano, el telescopio Refractor y el Microscopio**

Para poder intervenir el contexto escolar con una Unidad Didáctica, primero debemos conocer como se aborda el contenido en el aula. Para esto, exploraremos a partir de la bibliografía sobre cómo se enseña el comportamiento de la luz en todo tipo de lentes, qué conceptos y leyes se utilizan, cuáles son los recursos didácticos que se usan para conectar esta unidad con la vida cotidiana del estudiantado y si esto se hace efectivamente. Con esto, tendremos varios antecedentes a considerar para diseñar una Unidad Didáctica, contextualizada, secuenciada, que utiliza una herramienta que incluya a ambos sexos sin discriminar a ninguno y que se enmarca dentro de un Modelo de Ciencia Cognitivo, el cual concibe la Ciencia, como una actividad humana.

### **2.7.1 La Sub-unidad de “Luz en Lentes Convergentes y Divergentes” en el Aula**

Para exponer cómo se enseña esta sub-unidad en el Aula, nos basaremos en el libro de texto de Física de 1° año medio, de la editorial Santillana, donde el contenido se aborda de la siguiente manera:

Primero: se propone una actividad con la siguiente pregunta de investigación “*¿Por qué en ciertas superficies podemos ver reflejadas nuestra imagen?*” Para luego presentar el fenómeno de la reflexión de la luz, definiendo el concepto de “*reflexión especular*” y “*reflexión difusa*”.

Segundo: se propone un experimento sencillo con un espejo pequeño, un transportador y un puntero laser, para, de manera intuitiva, deducir la Ley de reflexión. Posteriormente se formaliza esta ley y se introduce el principio de Fermat.

Tercero: Se presentan los espejos planos y siguiendo los principios de la ley de reflexión se describe la formación de imágenes en estos espejos.

Cuarto: Se introducen los espejos curvos y la formación de imágenes en estos.

Quinto: Se presentan aplicaciones prácticas de los espejos curvos como estufas, el horno solar y el telescopio de reflexión.

Luego el libro continúa con el fenómeno de la refracción de la luz y al igual que en el fenómeno de reflexión, primero propone una actividad con la siguiente pregunta de investigación: “*¿Qué ocurre con la luz al cambiar de medio?*”, luego de esto se formaliza el fenómeno de la refracción, describiéndolo y agregando la forma de calcular el índice de refracción. El libro utiliza el ejemplo “*Si te ubicas a la orilla de un río...*” para que el alumno se imagine como ve las piedras en el fondo de un río y se pregunte si están realmente donde las ve.

Posteriormente se presentan los lentes convergentes y divergentes y la formación de imágenes para cada uno de ellos.

Luego se muestran y describen aplicaciones de las lentes tales como la lupa, el microscopio, etc.

En consecuencia y adaptando lo anterior al contenido que queremos trabajar, debemos tener en cuenta qué recursos utilizar para acercar este contenido al estudiantado, principalmente a través de ejemplos cotidianos o de interés. En este caso, el recurso contextualizador de la Ciencia Ficción Feminista.

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

Todo proceso de construcción de conocimiento requiere establecer los criterios metodológicos en los que se basó para realizarse. El capítulo que ahora comienza tiene como objetivo fundamentar los pasos metodológicos que guiaron, en una primera etapa, el diseño de la Unidad Didáctica (UD) y en una segunda etapa, el análisis de las explicaciones científicas del estudiantado de primero medio, según sexo.

#### **3.1 Fundamentación de la Metodología Cualitativa**

La metodología de esta investigación se basó en el enfoque cualitativo. La investigación cualitativa posee características que favorecen el estudio de casos en educación, las cuales nos permiten describir, interpretar, analizar y levantar conjeturas respecto a los datos obtenidos en nuestra investigación.

La investigación cualitativa no nació con ese nombre. W. Gephart en 1969 realizó una clasificación de “las metodologías de la investigación”, señalando seis en educación: Histórica, estudio de caso, descriptiva, cuasi-experimental, experimentación sin manipulación de medidas y experimental. Agregando uno más por sugerencia de Egon Guba, el método no experimental. Este método fue el que se terminó conociendo como la “indagación naturalista” (Tesch, 1990 mencionado en Sandín, 2003).

La indagación naturalista presentaba características tales como: métodos cualitativos, generación de teoría, diseño emergente, análisis inductivo, etc. (Sandín, 2003). Y resalta la importancia y el rol de la persona como “instrumento” para recoger la información en ambientes naturales.

Esto hizo que se le diferenciara del enfoque tradicionalista llamado investigación cuantitativa, llevándolo a entenderse como un sinónimo de

investigación cualitativa, ganando progresivamente adeptos dentro de la comunidad científica.

Algunas características de este enfoque son:

- El investigador como instrumento de medida: los datos son filtrados por el criterio del investigador, de esta forma es evidente que los datos que se extraigan desde este paradigma serán subjetivos. Para evitar ese peligro, el investigador debe adiestrarse en una disciplina personal, adoptando una “subjetividad disciplinada”, que requiere: autoconciencia, examen riguroso, reflexión continua y “análisis recursivo”. De igual forma, se puede emprender el uso sistemático del criticismo externo y la ayuda de críticos.
- No tiene reglas de procedimiento: el método de recogida de datos no se especifica previamente. Las variables no quedan definidas operativamente ni suelen ser susceptibles de medición. La base está en la intuición y en los aspectos artísticos del producto. La investigación es de naturaleza flexible, evolucionaría y recursiva.
- Holística: puesto que abarca el fenómeno en su conjunto.
- Recursiva: el diseño de la investigación es emergente: se va elaborando a medida que avanza la investigación. Cuando se encuentren desajustes importantes se puede incluso replantear el problema, adoptando las modificaciones que se consideren oportunas.
- Categorización: la metodología cualitativa se basa en el uso de categorías. Se denominan categorías a cada uno de los elementos o dimensiones de las variables investigadas y que van a servir para clasificar o agrupar según ellas las unidades diversas.
- Análisis estadístico: en general no permite análisis estadístico. En ocasiones se pueden hacer recuentos de frecuencias y categorizaciones,

pero solamente cuando se está muy seguro de lo que se cuenta (López ,2002).

Las características que posee este tipo de investigación, nos permite obtener datos holísticos, descriptivos, fenomenológicos y de comprensión, lo que es muy importante para las investigaciones que se realizan en el área de educación. Esta área es muy delicada, pero a la vez importante, de trabajar puesto que las personas que forman parte de estos estudios están en su periodo de enseñanza.

Para clarificar lo que es la investigación cualitativa, compartimos la definición a la cual llevo Sandín (2003):

*“La investigación cualitativa es un actividad sistemática orientada a la comprensión en profundidad de fenómenos educativos y sociales, a la transformación de prácticas y escenarios socioeducativos, a la toma de decisiones y también hacia el descubrimiento y desarrollo de un cuerpo organizado de conocimiento” (Sandín, 2003:123)”*

Al hacer el análisis de las explicaciones obtenidas gracias a la intervención didáctica, a través de una metodología cualitativa, podremos utilizar una investigación de carácter constructivista, interpretativa y naturalista (Sandín, 2003), que reunirá características que son parte fundamental de la educación, tomando la práctica educativa un valor colaborativo en la toma de decisiones y transformaciones que aportan a la optimización y cambios en esta área.

Por estas razones es que la metodología cualitativa se adapta mejor a las proyecciones que tenemos como grupo de investigación sobre esta intervención didáctica, puesto que es necesario considerar el contexto donde se realiza la investigación y el objetivo de esta. Desde esta perspectiva, la metodología cualitativa proporciona las herramientas para tratar un tema investigativo en un

contexto educacional y con objetivos que son dados por la interpretación de la realidad (Cáceres, García, González, Orellana, Rivera, 2013).

### **3.2 Diseño de la Investigación**

Esta investigación está enfocada en la implementación de una unidad didáctica que utiliza la ciencia ficción feminista como contexto necesario para despertar el interés y la curiosidad del alumnado respecto a las ciencias, como puente entre las actividades cotidianas y el conocimiento científico, y como gran responsable del carácter coeducativo de la UD. A su vez, esta será el instrumento de recolección de datos, es decir, las explicaciones que surjan del estudiantado de primero medio de los dos colegios participantes de la Región Metropolitana de Santiago. Lo anterior, para la finalidad de analizar estas explicaciones e identificar y caracterizar qué modelos explicativos surgen con la Unidad Didáctica.

El carácter de esta investigación es interpretativo, ya que se buscó comprender las explicaciones de las personas involucradas, lo cual se logró al interpretar los significados que ellas le dan a su propia elaboración y a de los demás, como también a los objetos que se encuentran en su ámbito de convivencia. Aunque se aclara que este tipo de investigación no pretende hacer generalizaciones ni diferenciaciones a partir de los resultados obtenidos, sino que busca elaborar una descripción ideográfica en profundidad, es decir, de tal forma que el objeto estudiado quede claramente individualizado.

#### **3.2.1 Diseño Didáctico**

##### **3.2.1.1 Antecedentes Curriculares**

Se procede a exponer la actualidad curricular de nuestro país para así contextualizar nuestra propuesta didáctica de carácter coeducativo, basada en el uso de la Ciencia Ficción Feminista.

En el caso de la presente propuesta didáctica ésta se ubicó dentro del Marco Curricular de Física de Primer Año de Educación Media (2009 b), considerando los ejes propios del subsector más el desarrollo de habilidades de pensamiento científico debido a su radicalidad en el desarrollo de competencias.

La presente propuesta asume los nuevos formatos que el Ministerio de Educación (2009 b) propone para el desarrollo de aprendizajes relevantes en el subsector de Ciencias; se propone recorrer dicho proceso de desarrollo de competencias científicas junto a los y las estudiantes. Basados en esos formatos, los autores creen que un sistema que se aplique desde el 1º año es la forma más efectiva de monitorear y nutrir aquel desarrollo desde el principio, y con esperanza, hasta el final.

#### ***a) Contexto Curricular en Chile***

El currículum nacional es básicamente el contrato entre lo que la sociedad chilena espera de la institución educativa nacional y de lo que los responsables admiten que ella ofrece, en términos de contenidos de enseñanza, marco pedagógico y como una herramienta de trabajo en las instituciones educativas y en las aulas. Este contrato/herramienta está en permanente evolución (Magendzo, 2008).

La existencia de un currículum nacional permite a las instituciones educativas de primaria y secundaria tener un objetivo claro sobre lo que el profesor debe entregar al alumno a nivel de experiencias, actividades, materiales, métodos de enseñanza y otros medios con el sentido de alcanzar los fines de la educación, coordinando los esfuerzos al respecto de todo un país.

En términos específicos en nuestro país este currículum se articula en función de Objetivos Fundamentales o finalidades en torno a conocimientos, habilidades y actitudes que permiten el desarrollo integral de los estudiantes, considerando diversos ámbitos de acción. Éstos se articulan con los *Contenidos*

*Mínimos Obligatorios* (CMO) que corresponden a los conocimientos, habilidades y actitudes implicados en los Objetivos Fundamentales y que el proceso de enseñanza debe convertir en oportunidades de aprendizaje para todos los estudiantes. En definitiva, los OF y CMO están orientados al desarrollo de competencias que se consideran fundamentales tanto para el desarrollo personal como para el social, laboral y ciudadano (MINEDUC, 2009 b).

Los contenidos mínimos obligatorios están clasificados en ejes temáticos, otorgando un criterio claro para el profesor, desde donde debe contextualizar cada uno de los contenidos.

#### ***b) Ejes Temáticos propuestos por Planes y Programas***

En el documento propuesto el año 2009 de Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios, como ajuste al actual currículum (Decreto n° 220, MINEDUC) en el área de Ciencias Naturales, se presentan 5 ejes principales (que van desde 1º básico a 4º medio) de Enseñanza más uno transversal a todos los niveles que tiene como objeto el desarrollo de Habilidades de Pensamiento Científico que dan coherencia, unidad y progresión a los aprendizajes definidos. La UD diseñada, se encuentra enmarcada en los Ejes correspondientes al subsector de Física, los cuales son:

- **La materia y sus transformaciones**

Esta dimensión se refiere a la comprensión de las propiedades y características de la materia y sus transformaciones y los principios de conservación en estos procesos de transformación. Asimismo revela la participación de la energía en los fenómenos de transformación de la materia, como también la transformación de la propia energía.

- **Habilidades de Pensamiento Científico**

Esta dimensión se refiere a las habilidades de razonamiento y saber-hacer que se despliegan en la búsqueda de respuestas, basadas en evidencia, acerca de las características del mundo natural. Presente transversalmente en todos los Mapas de Progreso Anteriores (MINEDUC 2009 a).

***c) Características Generales de la Unidad Didáctica***

Esta UD se basó en el contenido de “Ondas Electromagnéticas”, específicamente la sub-unidad de “óptica geométrica”, para la enseñanza de la refracción en lentes convergentes y divergentes y sus aplicaciones científicas y tecnológicas como el telescopio de refracción o el microscopio. Más adelante, se identifica esto como parte de los Contenidos Mínimos Obligatorios indicados por el Mineduc para este nivel de Enseñanza.

La selección de este nivel en específico se debió a que somos profesores de planta en los colegios caracterizados y como tales, contamos con la libertad de implementar esta UD dentro de nuestras clases. Además en este curso (primero medio) la enseñanza de la física pasa más por un enfoque descriptivo e intuitivo más que matemático. La unidad de la luz, en específico el tema de óptica geométrica, fue elegido debido a que encontrar y seleccionar material de este tema en la CFF es muy accesible y permite ejemplos más directos y llamativos para el estudiantado.

Al construir la UD tuvimos que considerar la elección de algún programa para la enseñanza de la física con Ciencia Ficción, pero este tipo de programa no forma parte del curriculum de las escuelas. Es por esto que decidimos basarnos en un modelo de trabajo, para la enseñanza de la física con material audiovisual, que encontramos en nuestra indagación. Esta forma de trabajo es la propuesta por García Borrás (2009), complementándola con propuestas e investigaciones de Sánchez y Gallego (2003), Palacios (2007) y Petit y Solves (2010). Una vez que tuvimos definido el cómo debería ser una actividad de

trabajo de enseñanza de la física con material audiovisual de Ciencia Ficción, lo intencionamos de acuerdo a los objetivos que pretendíamos cumplir con la implementación de la UD.

La unidad también considero como sería concebida la ciencia, desde el Modelo Cognitivo de Ciencia (Giere, 1992 citado en Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999), pues creemos que una forma apropiada de enseñanza-aprendizaje es concebir la Ciencia desde una construcción humana y que por medio de la modelización y promoción de actividades que tengan ese objetivo, se construya conocimiento científico, en nuestro contexto de investigación, conocimiento científico escolar. En concordancia a lo anterior, también se consideró desde que modelo secuenciaríamos las actividades. Luego de discutir las ventajas, desventajas de distintos modelos, decidimos utilizar el modelo de las 5E – (UNAM, 2013; Soto, Reyes, Pincheira, 2008)- , el cual consta de 5 etapas que poseen la característica de promover que el estudiantado describa, interprete, analice y haga predicciones, para dar explicaciones sobre fenómenos científicos durante su implementación. Si bien los objetivos de estas etapas son distintos, en conjunto contribuyen a lograr lo descrito anteriormente: promover la construcción de explicaciones científicas que ayuden a comprender el funcionamiento de aparatos tecnológicos que funcionan con ondas electromagnéticas, en específico la luz, en el contexto escolar. Es así que realizamos 5 actividades, una por cada etapa. Fue en la etapa de *Evaluación*, donde se recolectó la información analizada.

Una vez se cumplió el diseño de la Unidad Didáctica, se procedió a realizar una validación de esta, a través del juicio de expertas/os. Se consideró a docentes que trabajaran en aula, contaran con experiencia en la enseñanza de las ondas, y tuvieran conocimiento y manejo de la didáctica de la física. Durante este proceso, las personas que actuaron como jueces, realizaron varias sugerencias,

comentarios y modificaciones. Estas se consideraron, para finalmente obtener la unidad que aplicamos en primero año medio.

La Unidad Didáctica propuesta se enfoca en la construcción de explicaciones científicas por parte de las y los estudiantes, basada en el supuesto de que al utilizar como recurso la ciencia ficción feminista, no habría razón para que se presente una diferencia de nivel para ninguno de los dos sexos, al momento de construir las explicaciones.

### **3.2.1.2 Descripción Técnica de la Propuesta Didáctica**

Se presenta a continuación una síntesis curricular que describe con detalle las características de nuestra propuesta Didáctica:

- **Unidad didáctica:** Ondas (La Luz). Sub-unidad: *Óptica Geométrica*.
- **Nivel de aplicación:** 1º año medio.
- **Objetivo de la Unidad didáctica:** Comprender el funcionamiento y la utilidad de algunos dispositivos tecnológicos que operan en base a ondas sonoras o electromagnéticas, estableciendo comparaciones con los órganos sensoriales.
- **Curriculum implicado:**

#### Objetivos Fundamentales (OF):

- Organizar e interpretar datos, y formular explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio.
- Comprender el origen, la absorción, la reflexión y la transmisión del sonido y la luz, sobre la base de conceptos físicos, leyes y relaciones matemáticas elementales.
- Comprender el funcionamiento y la utilidad de algunos dispositivos tecnológicos que operan en base a ondas sonoras o electromagnéticas, estableciendo comparaciones con los órganos sensoriales.

Contenidos mínimos obligatorios (CMO):

**Eje Temático:** “Habilidades de pensamiento científico”

- Procesamiento e interpretación de datos, y formulación de explicaciones, apoyándose en los conceptos y modelos teóricos del nivel,
- Análisis del desarrollo de alguna teoría o concepto relacionado con los temas del nivel, con énfasis en la construcción de teorías y conceptos complejos.

**Eje Temático:** “La Materia y sus Transformaciones”

- Análisis de la refracción en superficies planas y en lentes convergentes y divergentes y sus aplicaciones científicas y tecnológicas como los binoculares, el telescopio de refracción o el microscopio.

Aprendizajes Esperados:

La Materia y sus transformaciones: *La luz*

- Explicar la reflexión y la refracción de la luz en diversos contextos para describir el funcionamiento de dispositivos que operan en base a estos fenómenos.
- **Recurso Utilizado:** Ciencia ficción Feminista como fuente. Video “las habilidades visuales de Superchica 2”  
Link: <http://www.youtube.com/watch?v=KLOszkJNJX0&feature=youtu.be>

- **Tiempo de duración de la unidad:** (8 a 10 horas pedagógicas)

- **Materiales:**

- equipo para presentar el video de motivación (DataShow, notebook, sistema de sonido).
- Pauta de Observación de Video (fotocopias).
- Pauta de Explicación Científica (fotocopias).

La propuesta consta actualmente de una duración máxima de 10 horas pedagógicas, con una evaluación dividida en 3 partes: la primera es la creación por parte del estudiantado de una explicación inicial de un fenómeno, la

segunda es la revisión de este pre-producto mediante una pauta, y la tercera es la creación de un producto final, utilizando la misma pauta. La propuesta es capaz de adaptarse perfectamente a distintos formatos educativos: clases lectivas corrientes, formato de talleres o incluso a experiencias de Laboratorio. En cuanto a los recursos, se busca que la propuesta sea aplicable en forma transversal a la situación socioeconómica del establecimiento. Por esta razón se ha recopilado el material audiovisual a utilizar (junto a otros de enfoque similar) en un canal de Youtube para su difusión: <http://www.youtube.com/scifilearning> así como un link para descargas de los mismos<sup>15</sup>.

### **3.2.1.3 Justificación Pedagógica para la Elaboración de la Propuesta**

Es necesario recalcar que aquello que se contextualiza a través de la Ciencia Ficción Feminista es intencionado para que las y los estudiantes interioricen conceptos relacionados con el problema y no cualquier contenido dentro del subsector de Física. Además, se trabaja bajo el supuesto que al pertenecer la ciencia ficción a la cultura popular, no existirá un problema de interés por su parte.

#### ***a) Decisiones y Estrategias***

La propuesta que se presenta apunta al desarrollo del interés de los y las estudiantes con respecto al conocimiento que la disciplina –el subsector de Física- puede aportar a la comprensión del mundo que les rodea. Algunas de las ventajas y facilidades de desarrollo que se pueden identificar de los contenidos seleccionado son:

- La cercanía de los fenómenos propios del contenido con la vida cotidiana.

---

<sup>15</sup> Debido a los problemas con los derechos de autor al utilizar imágenes de películas o comics, se espera que hacia el futuro, solo se mantenga una nube virtual con los archivos de video (Google Drive, DropBox, etc.)

- La cantidad de avances tecnológicos que pueden asociarse a aplicaciones del conocimiento científico.
- El acceso público a investigaciones científicas, avances y descubrimientos, respecto a los fenómenos.
- La gran presencia de esos fenómenos en la Ciencia Ficción Feminista.

Y siguiendo los antecedentes de los autores que han utilizado la Ciencia Ficción Feminista como recurso didáctico para la clase de ciencias, se han seguido los siguientes postulados para la construcción de la propuesta:

- A la hora de seleccionar los objetivos, éstos deben estar enmarcados dentro de una lógica y bajo la presunción de *realizabilidad* siendo factibles de ser evaluables. Es necesario considerar además que el diseño docente de este recurso sea flexible, pudiendo ser modificado, considerando tanto el sistema de evaluación como el desarrollo de la actividad. Los aspectos que debe contener el diseño docente basado en el cine (por ejemplo) deben ser los siguientes: ficha de la película, momento de la proyección de la película completa o fragmentos de la misma, objetivos a lograr y sistema de evaluación (García, 2009).
- Considerando los objetivos de aprendizaje asociados, se debe seleccionar el material de Ciencia Ficción Feminista apropiado para desarrollar dichos aprendizajes, concretando aún más los objetivos. El uso del medio audiovisual se privilegia debido al registro audiovisual propio de la cultura juvenil. Además, se juega con la aceptación del espectador-estudiante de que todo aquello que se representa en la pantalla es creíble (García, 2009).
- Los elementos de la Ciencia Ficción Feminista seleccionados, pretenden aumentar la significancia de la clase de ciencias y facilitar el desarrollo de competencias científicas, en la medida que se trabajan las situaciones

problemáticas planteadas a través de análisis y aplicación conceptual de los ejes elegidos.

### ***b) Metodología de Resolución de Problemas***

Este enfoque se caracteriza por un trabajo cooperativo en el aula, pues el profesor y los alumnos trabajan con un objetivo en común, promoviendo la reflexión, el análisis y la argumentación por parte de los y las estudiantes, al ser trabajados en un dialogo donde participan activamente en el desarrollo de aprendizajes. Si bien el profesor será un guía dentro de la clase y ayudara a los y las estudiantes en su desarrollo de aprendizajes, la responsabilidad de estos (aprendizajes) recae en estos últimos (Campanario y Moya, 1999).

Todo lo anterior hace surgir una pregunta específica ¿Por qué la ciencia ficción sería una buena forma de presentar situaciones problemáticas? Para contestarla plantearemos cómo se conforma un buen problema, basados en el trabajo de Arancibia, Herrera y Strasser (2000) quienes enuncian las siguientes características:

- Es interesante y desafiante para los alumnos.
- Requiere habilidades de análisis crítico y observación.
- Provee una oportunidad para discutir e interactuar.
- Implica la comprensión de conceptos y la aplicación de una habilidad.
- Debiera llevar a un principio y/o generalización.
- Se presta para una variedad de soluciones y, a veces, para múltiples respuestas

Exponer un problema usando una situación contextualizada desde la ciencia ficción Feminista, ciñéndonos a nuestro supuesto de que la ciencia ficción es interesante para los alumnos por pertenecer a su cultura, será además

desafiante pues el alumno buscará entender qué relación tiene la ciencia ficción con la clase de física. Por lo tanto es una instancia que requiere un análisis crítico a lo que se observa, lo cual representa una oportunidad clara, dado el interés de los alumnos, para discutir e interactuar.

Al buscar la solución a la situación problema, los alumnos deberán argumentar sus respuestas y para esto deben comprender los conceptos y tener la capacidad de reflexionar y analizar, lo cual ocasionará que se presenten distintas soluciones y respuestas, generando oportunidades de discusión.

#### **3.2.1.4 Proceso de Validación**

Antes de aplicar la Unidad Didáctica propuesta, se realizó un proceso de validación a través de un grupo de expertos, profesionales de las áreas de la enseñanza y didáctica de la Física: 2 Profesores de Enseñanza Media y 1 Licenciado en ciencias exactas, todos pertenecientes a la Región Metropolitana. La duración de este proceso se extendió desde el día 6 de Mayo (lunes) hasta el 6 de Junio (jueves).

A cada experto se le hizo llegar un grupo de documentos (Anexo 1): una carta de presentación/solicitud, una descripción del modelo 5E, la explicación de la escala de evaluación, la UD hasta esa fecha, el video “las habilidades visuales de Superchica” y un “Instrumento para la Validación a través del Juicio de Expertas/os”. Gracias a ese instrumento, los pares docentes pudieron evaluar características divididas en 3 categorías: *Pertinencia*, *Factibilidad* y *Claridad* de la UD.

La *Pertinencia* habla de la capacidad que poseen las actividades de la UD de ser coherentes con los Contenidos Mínimos Obligatorios del Curriculum, y de qué tan adecuados para la enseñanza-aprendizaje de esos contenidos son los recursos extraídos de la CFF.

La *Factibilidad* habla de qué tan fácil o difícil es llevar a cabo la aplicación de la UD en un grupo curso: tiempos, materiales y flexibilidad de la UD se evalúan aquí.

Finalmente la *Claridad* indicará qué tan complicado puede llegar a ser para el estudiantado y para los docentes la UD y el trabajo con ella, así como qué tan adecuado es el diseño basado en el modelo 5E.

La escala construida sigue la siguiente estructura, respecto a la afirmación en cada categoría de la tabla:

1: Totalmente en desacuerdo

2: En desacuerdo

3: Indecisa/o

4: De Acuerdo

5: Totalmente de Acuerdo

N.O.: No Observado

Además, en caso que el evaluador hubiera considerado necesario hacerlo, también podía realizar comentarios y/o sugerencias acerca del diseño de la Unidad Didáctica, en un espacio entregado para ese fin.

La tabla de indicadores es la siguiente:

ITEMS	1	2	3	4	5	N.O
<b>PERTINENCIA de la Unidad Didáctica</b>						
Las etapas son capaces de lograr las actividades propuestas						
Se exponen actividades innecesarias						
El uso de la ciencia ficción feminista es coherente con el contenido						
Se incluyen adecuadamente las fórmulas acorde al contenido						
Las fórmulas son presentadas acorde al nivel de enseñanza						
La pauta de observación favorece el desarrollo de la actividad						
La pauta de explicación científica promueve el mejoramiento de la explicación por parte del estudiantado						
<b>FACTIBILIDAD de la Unidad Didáctica</b>						
Los materiales propuestos son accesibles						
Es factible aplicar las actividades propuestas en 1ro Medio						
El desarrollo de la actividad permite lograr el objetivo propuesto						
El tiempo propuesto para realizar la intervención es el adecuado						
La intervención es aplicable como actividad complementaria del contenido						
<b>CLARIDAD de la Unidad Didáctica</b>						
La intervención presenta las etapas del modelo 5E de manera clara y excluyente						
Las instrucciones y procedimientos propuestos son claros y precisos						
Se hace un buen uso del lenguaje científico						
Los videos y esquemas propuestas son claros y apropiados						

Tabla n°2: "Instrumento para la Validación a través del Juicio de Expertas/os"

### 3.2.2 Análisis de la Explicaciones Escolares

Se expone en este capítulo toda la estrategia seguida para el análisis de la información que la UD arrojó gracias a sus actividades. En palabras sencillas, luego de obtener la información, se realizó un *análisis de contenido* de la misma, y luego se *categorizó y tabuló* para su posterior análisis *cualitativo* según el sexo de cada estudiante. Es aquí donde debe aclararse lo siguiente: el enfoque del análisis se hizo desde el *sexo* y no desde el *género*, aunque ya sabemos que ambos están íntimamente relacionados.

Queda en evidencia en el marco Teórico, que las explicaciones científicas nacen a partir de los modelos explicativos que cada estudiante pueda construir, mediante el cruce de sus conocimiento científico e intuitivo (Bravo, Pesa y Pozo, 2010). El conocimiento científico no es otra cosa que aquello que cada estudiante recibe en la clase, específicamente en este caso, en lo que le entrega la UD en la etapa de Exploración; esto está definido previo a las y los estudiantes y sus contextos, construido desde un punto de vista coeducativo y presentado a través de un lenguaje no sexista, por lo tanto se puede esperar sin complicaciones que llegue a hombres y mujeres por igual. Por otro lado, el conocimiento intuitivo, propio de cada alumna y alumno, nace de sus experiencias previas en la clase misma, el mundo que lo rodea y su diario vivir; nace de una construcción social del sujeto, y del cómo este razona; nace de su identificación con el mundo, y de lo que este espera que haga; nace desde el género, específicamente, del *rol de género*. Y este último, esta directamente enlazado con la persona misma, y no depende de la UD.

En base a esto, se podría pensar *a priori* que las explicaciones científicas de cada estudiante están en función de su género, ya que es a partir de sus construcciones mentales que crean modelos explicativos, y hacer el análisis según el género de cada estudiante. Pero esto hubiese implicado considerar

otros aspectos, que no fueron declarados en los objetivos de esta investigación, entre los que destacamos:

- el hecho de que no podemos definir el género de cada estudiante solo en función de su sexo.
- mediante algún instrumento, podría definirse correctamente el género de cada alumno y alumna, y a partir de esa caracterización, relacionar sus géneros con sus explicaciones. Pero la construcción de un instrumento semejante no fue considerado en esta investigación.
- La perspectiva de género habitualmente no es considerada en investigaciones en el área de la educación científica (Scantlebury, 2012). no existen amplios antecedentes teóricos para el adecuado análisis de las explicaciones de las y los estudiantes, según el género.

Finalmente, los investigadores decidieron realizar el análisis desde una perspectiva de *sexo*, amparándose en su estrecha relación con el *género*, además de los siguientes motivos:

- El sexo de cada participante se identificó a través de las características biológicas<sup>16</sup>.
- Los antecedentes considerados para la formulación de la situación problemática, tuvieron en cuenta datos que relacionaban el aprendizaje científico con la perspectiva de sexo (PISA 2006, 2009; SIMCE 2010).

### **3.2.2.1 Participantes del Estudio**

Esta investigación está enfocada en la aplicación de la UD. Para su diseño fue necesario seleccionar el nivel y donde se trabajaría y los contenidos implicados, es decir, que se utilizó una muestra *sesgada*. Se le llama así a un grupo que no

---

<sup>16</sup> No ocurrió, pero pudo haberse dado el caso de algún estudiante intersexual o con operaciones propias de un transexual.

representa la población (Rodríguez et al., 1999), en este caso además, el grupo participante fue seleccionado con un criterio de accesibilidad.

Los investigadores seleccionaron el nivel de 1° medio por las siguientes razones:

- En ese nivel, la enseñanza de la física tiene un carácter más descriptivo que matemático.
- Ambos investigadores poseían en sus respectivos lugares de trabajo, cursos de ese nivel con los cuales trabajar con libertad, sin perder la continuidad de las planificaciones.

Los establecimientos a los cuales pertenecen las y los participantes son: el Centro Educacional Altair, particular subvencionado de la comuna de Padre Hurtado y el Colegio El Redentor, particular subvencionado de la comuna de Maipú. Ambos poseen un perfil socioeconómico equivalente. En cuanto a sus resultados en la prueba SIMCE 2011<sup>17</sup> de Ciencias Naturales, el colegio Altair obtuvo un puntaje de 274 y el colegio El Redentor, un puntaje de 275. Por lo tanto, las y los estudiantes pueden ser entendidos como un mismo grupo, compuesto de integrantes de similares características.

La selección del contenido, se realizó en concordancia con el currículum establecido en el Programa de Estudios para este nivel, del Ministerio de Educación (2009 b).

---

<sup>17</sup> Información extraída de [www.mime.mineduc.cl](http://www.mime.mineduc.cl)

<b>Establecimiento</b>	Centro Educacional Altair		Colegio el Redentor	
<b>Curso</b>	1° Medio			
<b>Sexo</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
cantidad	18	15	17	27
<b>Total</b>	33		44	
<b>Rango Etario</b>	14-15 años			

Tabla n°3: Caracterización de los Participantes.

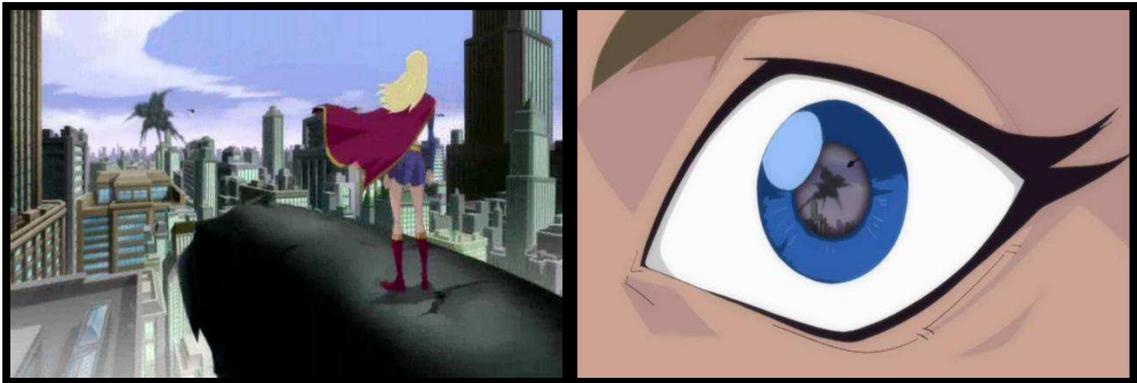
### 3.2.2.2 Recolección de Datos

La recolección de datos de la presente investigación es el resultado de la aplicación directa de la UD como instrumento. Para comprender esta dualidad, revisemos las 2 líneas principales de trabajo de este Seminario, que nacen de los Objetivos iniciales:

- por un lado, está la construcción de una propuesta didáctica para intervenir en la clase, la cual debió ser validada por profesionales de la didáctica de las ciencias. Esta es la principal herramienta de trabajo.
- la misma herramienta que construimos nos permitirá obtener los datos que buscamos para la caracterización de las explicaciones científicas de dos grupos de jóvenes de 1° medio de nuestro país.

Es decir, la UD es objetivo de trabajo, y a la vez, herramienta de recolección de datos. Fue su aplicación la que nos permitió obtener toda la información necesaria para comprobar o refutar las hipótesis de este Seminario.

En detalle, la obtención de datos siguió los siguientes pasos: primero se presentó la observación de un fenómeno, a través de varios ejemplos:



1) Acá vemos a la protagonista viendo como unos terroristas en helicóptero aterrizan la ciudad.



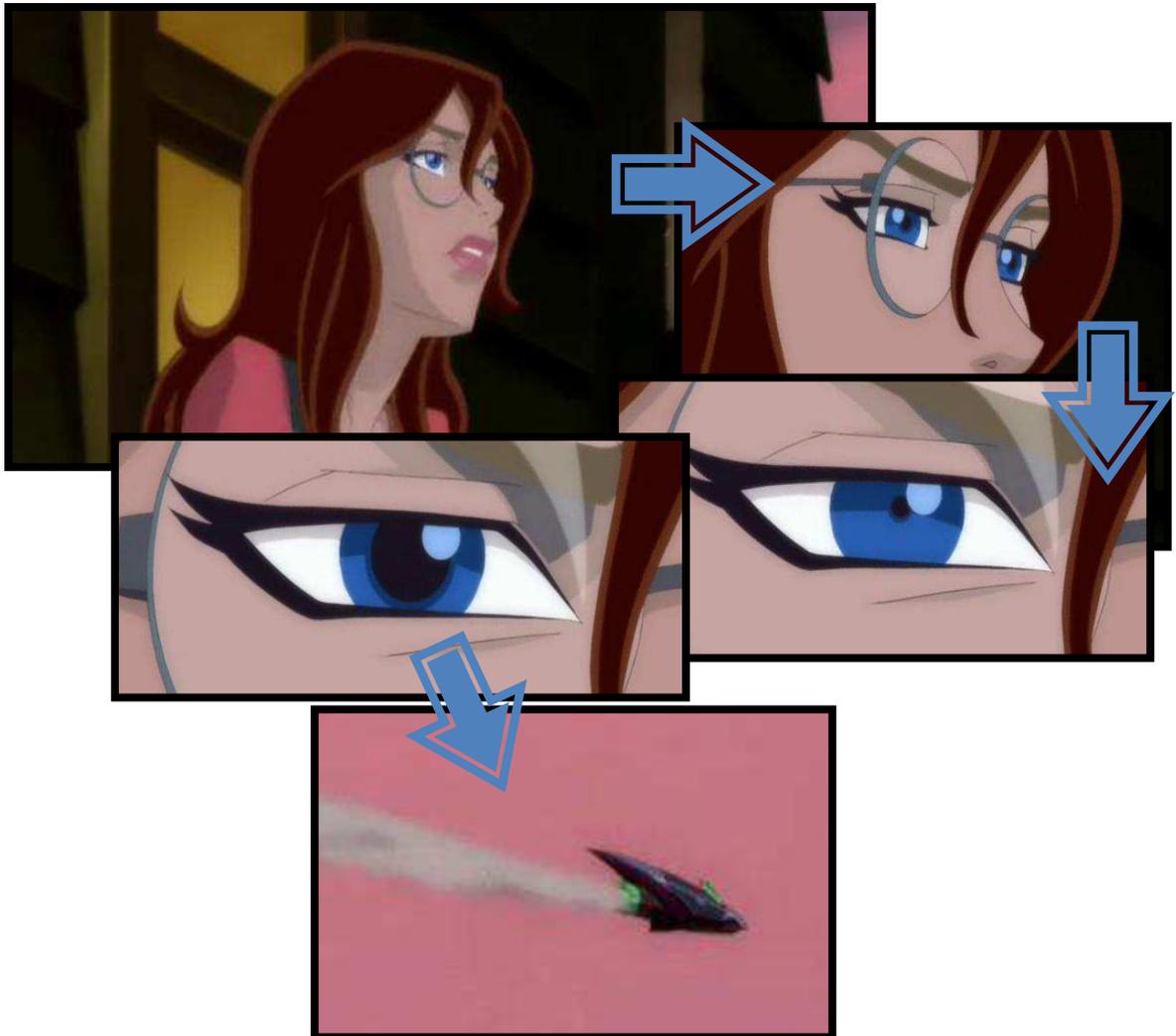
2) Castigada en la Luna por su primo mayor Superman, vigila la Tierra desde allá.



- 3) No presenta dificultad en usar su habilidad durante el combate, para ayudar a su primo.



- 4) También la vemos observando distintos tipos de células en detalle.



- 5) Finalmente se ve una escena donde, en su identidad secreta, logra identificar una nave extraterrestre en el cielo, con rumbo de colisión<sup>18</sup>.

Estos ejemplos fueron analizados mediante una pauta:

- 1) *¿Hasta qué distancia pudo ver Superchica? Estime.*
- 2) *¿Qué tan pequeño es el objeto que pudo ver Superchica? Estime.*
- 3) *¿Qué objetos observo con su super-visión?*
- 4) *¿Había mucha o poca luz mientras ella observaba?*
- 5) *¿A qué nivel maneja Superchica sus capacidades visuales? ¿Requiere de mucho esfuerzo hacerlo? ¿Puede manejarla a voluntad?*

<sup>18</sup> La escena completa muestra a Superchica usando una peluca y lentes para ocultar su identidad.

A partir de la información que las y los estudiantes pudieron construir sobre esa base (con la guía del profesor), desarrollaron una explicación (etapa de Explicación) de la plausibilidad del fenómeno en cuestión, al intentar resolver la situación problemática planteada:

**EXPLICACIÓN (20 - 30 minutos): “¿Es posible esta super-visión?”**

**Objetivo(s) de la Fase:**

*- Obtener las explicaciones directas que los alumnos y alumnas puedan construir con sus propias palabras, estructuras, modelos y observaciones.*

El/La docente les presenta a los y las estudiantes la siguiente actividad:

***Explique la factibilidad de la visión telescópica/microscópica de Superchica.***

Los y las estudiantes deben ser capaces de utilizar los análisis ya realizados de artefactos tecnológicos que mejoran la visión humana, para esquematizar el funcionamiento del ojo de Superchica. El objetivo es que utilicen la información entregada (a partir del trabajo del docente con las ecuaciones y los esquemas de rayos de luz).

Luego esta explicación fue retroalimentada por el profesor, mediante otra pauta (pauta de explicación científica) en la etapa de Evaluación:

**EVALUACIÓN (90 minutos): “construyendo una explicación Científica”**

**Objetivo(s) de la Fase:**

- *Evaluar el desarrollo de las explicaciones científicas de los y las estudiantes, desde el inicio de la actividad hasta su término.*
- *Analizar las explicaciones finales de los y las estudiantes, y generar la información necesaria para el presente Seminario.*

Antes de que los y las estudiantes entreguen sus explicaciones al/a la docente, este les presentará la siguiente *Pauta de Explicación Científica*, con la cual podrán evaluar y mejorar su propio trabajo. La Pauta de Explicación Científica tiene como objetivo principal que los y las estudiantes evalúen y mejoren sus propias explicaciones, con el fin de identificar sus propias debilidades y fortalezas en esta actividad.

Durante la comparación con la Pauta, el/la docente deberá guiar a los y las estudiantes, de modo de retroalimentar los conocimientos utilizados en clase. Además, debe dejar en claro qué significa cada indicador. Para ello, se adjunta la descripción de cada uno de ellos:

Pauta de Explicación Científica

<b>Descripción (¿cómo se comporta el fenómeno?)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Detalla la situación de forma pertinente					
Posee claridad en su descripción					
<b>Interpretación (¿de qué se compone el fenómeno?)</b>					
Identifica los conceptos científicos involucrados					
Da la importancia adecuada a cada parte del fenómeno					
<b>Causas (¿por qué el fenómeno se comporta así?)</b>					
Posee claridad en los conceptos y modelos					
Aprovecha sus propios conocimientos científicos					
<b>Predicción (¿qué pasaría si...?)</b>					
Analiza nuevos contextos					
La propuesta de solución es válida					

Lo que resultó fueron las explicaciones científicas que las y los estudiantes generaron. Son esos productos finales los que fueron caracterizados y analizados –para su presentación final– por los investigadores.

### **3.2.2.2.1 Instrumento de Recolección de Datos**

La recolección de datos ocurre en la etapa de Evaluación de la UD. A continuación se explica cómo fue el proceso de recolección de la información:

- Aquello que estos investigadores/aplicadores desean obtener son las explicaciones científicas de las y los estudiantes, para caracterizarlas en base a modelos de explicación científica previamente determinados, que se presentan más adelante en este capítulo.
- En la etapa de Explicación ya señalada, se les presenta la siguiente actividad: *“Explique la factibilidad de la visión telescópica/microscópica de Superchica”*. Las y los estudiantes construyen una explicación con sus propias palabras<sup>19</sup>, basados en lo que han visto y revisado en las etapas anteriores con el docente. Acá comienza la construcción del producto final.
- En la etapa de Evaluación, luego del trabajo durante la Elaboración, el docente le entrega a cada estudiante la “Pauta de Explicación Científica” diseñada por los mismos investigadores/aplicadores, para *explicitar* aquello que estos últimos desean desarrollar en el estudiantado. El objetivo es que mediante esta pauta, enriquezcan sus pre-productos. Acá termina la construcción, y el resultado es el producto final.

---

<sup>19</sup> Este pre-producto sirvió también para conocer la situación inicial de los participantes respecto al nivel de sus explicaciones científicas.

La ventaja principal de esta forma de obtener los datos es que al estudiantado se le explicita qué es aquello que debe poseer su explicación científica, vale decir, qué se les evaluará y de qué forma.

### **3.2.2.3 El Análisis de Contenido**

Las explicaciones científicas fueron analizadas y caracterizadas a través de un enfoque correspondiente con el “análisis de contenidos”. A juicio de Bardin (1986:7, citado en López, 2002) el análisis de contenido es un conjunto de instrumentos metodológicos, aplicados a lo que él denomina como “discursos” (contenidos y continentes) extremadamente diversificados. El factor común de estas técnicas múltiples y multiplicadas –desde el cálculo de frecuencias suministradoras de datos cifrados hasta la extracción de estructuras que se traducen en modelos- es una hermenéutica controlada, basada en la deducción: “la inferencia”.

El análisis de contenido guarda cierta relación con los procedimientos de análisis de lenguaje que se utilizan en diversas disciplinas científicas. Solo puede entenderse de una forma completa si lo situamos en el contexto de un diseño de investigación, ya que implica la verificación de hipótesis, hacer inferencias sobre las características del texto, las causas o antecedentes del mensaje y los efectos de la comunicación (Perez Serrano, 1984 citado en López, 2002). El interés del análisis de contenido no reside solo en la descripción de los contenidos, sino en lo que estos, una vez tratados, podrían enseñarnos relativo a la estructura interna de la información, su composición y su dinámica (López, 2002). Como síntesis de lo que es el análisis de contenido, compartimos la descripción acertada de Berelson (1952:17 mencionado en López, 2002) quien dice que es: *“una técnica de investigación para la descripción objetiva, sistemática y cuantitativa del contenido manifiesto de las comunicaciones, que tiene como primer objetivo interpretarlas”*.

Así corresponden al campo del análisis de contenido, las actividades en las que partiendo de un conjunto de técnicas parciales pero complementarias, explicitan y sistematizan el contenido de los mensajes y la expresión de ese contenido con la ayuda de indicios cuantificables o no. Todo ello con la finalidad de efectuar deducciones lógicas y justificables concernientes a la fuente (el emisor y su contexto) o eventualmente, a los efectos de los mensajes tomados en consideración (Bardin, 1986:32 citado en López, 2002).

A nivel de interpretación, este tipo de análisis se mueve entre dos polos: el del rigor de la objetividad y el de la fecundidad de la subjetividad, ya que se requiere que la determinación del significado del texto sea objetiva, pero al no existir patrones de como extraer la información, el cómo extraerla depende del instrumento que el investigador construya, por lo que todo lo que el investigador podrá analizar, dependerá de la calidad del instrumento creado para ese análisis (López, 2002).

El análisis de contenido se presentó, en un primer momento, como reacción contra el subjetivismo de los análisis clásicos y como consecuencia de la multiplicación de informaciones, como técnica de constatación de frecuencias o de análisis cuantitativo.

Hoy se acepta complementarlo con análisis de rasgos cualitativos como la presencia o ausencia de ciertas reacciones, originalidad, novedad de ciertos aspectos, contenido latente de comunicación.

El análisis de contenido se sitúa en el ámbito de la investigación descriptiva, pretende, sobre todo, descubrir los componentes básicos de un fenómeno determinado extrayéndolos de un contenido dado a través de un proceso que se caracteriza por el intento de rigor de medición. Es la técnica más elaborada y la que goza de mayor prestigio científico en el campo de la observación documental. (López, 2002)

Originalmente, la situación problemática nació del análisis nacional de resultados, entregado por la pruebas internacional de conocimiento y habilidades PISA (ver *Formulación del Problema*) y de la falta de interés por la clase de Física en las y los estudiantes de nuestro país. La UD diseñada responde a este último problema, despertando ampliamente en interés en trabajar, como se pudo ver en su puesta en práctica, y en el posterior análisis de la información entregada.

Durante esta investigación, bastó con revisar el pre-producto entregado por las y los estudiantes (Anexo 2), para clarificar las debilidades que poseen a la hora de intentar explicar científicamente, en forma general. En forma específica, se hizo evidente la diferencia de claridad entre las explicaciones de mujeres y hombres, por ejemplo, en el uso de esquemas y/o de lenguaje más técnico.

#### **3.2.2.4 Plan Análisis de los Datos**

Ya se ha evidenciado el hecho de que la UD diseñada y validada es producto y resultado de la investigación completa de este Seminario, pero que al mismo tiempo es la herramienta utilizada para la recolección de datos necesarios. En este capítulo se explicará qué se hizo con esos datos.

A continuación se describe paso a paso el proceso de análisis, considerando la propuesta de Rodríguez et al., (1999):

1. *Definición de los Tipos de Explicación Científica* a través del marco Teórico: Explicación descriptiva, interpretativa, causal y predictiva.
2. *Diseño de la Unidad Didáctica coeducativa*, enmarcada en el comportamiento de la luz dentro del ojo, el telescopio refractor y el microscopio, utilizando como recurso principal la Ciencia Ficción Feminista.
3. *Validación de la UD* por un grupo de expertos en didáctica de la Física y profesores con años de experiencia en la enseñanza.

4. *Revisión y ajuste de la UD.*
5. *Aplicación de la UD* en 2 colegios de Santiago.
6. *Recolección de los datos* en la etapa de *Evaluación* de la secuencia 5E. Allí estaban las explicaciones finales de las y los estudiantes, según tipo y sexo de la/del estudiante.
7. *Preparación del Corpus*: organización y transcripción de la información recolectada. (Anexo 2).
8. *Reducción de Datos*. Codificación y Categorización de los Tipos y Modelos de explicación.
9. *Triangulación Interna* a través de los investigadores.
10. *Conclusiones* a partir del contraste de los resultados y sus análisis, con la pregunta de investigación y los supuestos teóricos.

### a) Preparación del Corpus

Se define el “Corpus” como el conjunto de la transcripción de todas las explicaciones obtenidas en las 2 aplicaciones de la UD.

Además de contener solamente las explicaciones, también incluye la caracterización según tipo (y su calificación), y dentro de qué modelo explicativo se encuentra. Indica, como extra, si se incluye o no algún tipo de esquema o ilustración en la explicación entregada. A continuación a la tabla, se explica cada una de sus secciones:

Tabla n°4: estructura del Corpus

BASE DE DATOS						
código	explicación final (Pauta)		tipo de explicación	calificación	modelo de explicación	modelo predominante
	texto	imagen de apoyo				
<b>Mi</b>						
<b>Hj</b>						

- **M**: estudiante mujer – **H**: estudiante hombre.
- **i, j**: representa el número del alumno o alumna. Se les asignó un número para mantener sus identidades en el anonimato, tanto para ayudar a la objetividad del análisis, como para no trasgredir el uso de información personal ajena a los investigadores en esta investigación.

Puede revisarse el Corpus completo construido en esta investigación, en el Anexo 2, para cualquier análisis o comprobación que el lector desee hacer. A continuación presentamos dos ejemplos, de una niña y un niño para clarificar como se preparo el corpus:

Veamos un ejemplo de armado de parte del Corpus para entender cada parte de la tabla, con las explicaciones H3 y M19:

Textos escritos:


 Colegio Atsitr  
 Física  
 Profesor Robbly Daviero

**Física 1º año Medio – Unidad 2: La Luz – Pauta de Explicación Científica**

La siguiente pauta te permitirá evaluar tu reciente explicación científica respecto a la factibilidad de la visión de Superchica. Revisa cuidadosamente tu explicación. Sigue las instrucciones que dará tu profesor/a respecto a cada descriptor, y evalúa tu propio trabajo.

Descripción (¿cómo se comporta el fenómeno?)	1	2	3	4	5
Detalla la situación de forma pertinente					X
Posee claridad en su descripción			X		
<b>Interpretación (¿de qué se compone el fenómeno?)</b>					
Identifica los conceptos científicos involucrados			X		
Da la importancia adecuada a cada parte del fenómeno				X	
<b>Causas (¿por qué el fenómeno se comporta así?)</b>					
Posee claridad en los conceptos y modelos			X		
Aprovecha sus propios conocimientos científicos				X	
<b>Predicción (¿qué pasaría si...?)</b>					
Analiza nuevos contextos			X		
La propuesta de solución es válida			X		

Finalmente, construye una nueva explicación científica, esta vez, considerando los descriptores presentados, pensando que con esta misma pauta será evaluada tu explicación.

**H3**

Superchica

Superchica es una superheroína muy especial, gracias a su vista, ya que puede ver a grandes distancias, como de la tierra a la luna con claridad, sin esfuerzo, y también puede ver a nivel celular, por ejemplo se ve celular si están dañados, después de beber.

En el ojo de ella las ondas electromagnéticas llegan al iris y al cambio de densidad (refracción) cambia su dirección, luego que el funcionamiento hacia el ojo ella puede ver ya que el cerebro procesa lo que ve, la distancia al ojo depende si puede ver a mayor distancia o puede ver a nivel celular o mano biológica.

Si yo pudiera obtener la "super vista" sería muy útil para la astronomía ya que ayudaría mucho a observar y analizar las atmósferas de los planetas ya que la super vista puede ver desde la luna, o sea grandes distancias o ayudaría en la biología, poder observar el cuerpo humano o fondo ya que la super vista puede ver a nivel molecular, sería un gran aporte para la ciencia.



**M19**

**Física 1º año Medio – Unidad: La Luz – Pauta de Explicación Científica**

La siguiente pauta te permitirá evaluar tu reciente explicación científica respecto a la factibilidad de la visión de Superchica. Revisa cuidadosamente tu explicación. Sigue las instrucciones que dará tu profesor/a respecto a cada descriptor, y evalúa tu propio trabajo.

Descripción (¿cómo se comporta el fenómeno?)	1	2	3	4	5
Detalla la situación de forma pertinente			X		
Posee claridad en su descripción		X			
<b>Interpretación (¿de qué se compone el fenómeno?)</b>					
Identifica los conceptos científicos involucrados			X		
Da la importancia adecuada a cada parte del fenómeno		X			
<b>Causas (¿por qué el fenómeno se comporta así?)</b>					
Posee claridad en los conceptos y modelos			X		
Aprovecha sus propios conocimientos científicos		X			
<b>Predicción (¿qué pasaría si...?)</b>					
Analiza nuevos contextos		X			
La propuesta de solución es válida		X			

Finalmente, construye una nueva explicación científica, esta vez, considerando los descriptores acá presentados, pensando que con esta misma pauta será evaluada tu explicación.

Yo creo que la supervisión de Superchica es posible debido a que ella tiene el control de su cuerpo, o sea que ella puede hacerse más grande o más chica incluyendo su ojo como su cristalino y el tamaño de su ojo. Por ejemplo cuando ella está viendo sus amigos desde la luna sus ojos y su cabeza se agrandan 1 metro y cuando tiene visión microscópica sus ojos tienen 30 cm de largo para ver sus células y cuando tiene visión normal sus ojos tienen el tamaño normal, así la luz mantiene su característica principal, que viaja en una línea recta.

*Transcripción de los documentos:*

Esta transcripción, como su nombre lo dice, es completamente fiel a lo que las y los estudiantes escribieron, e incluye sus faltas de ortografía y sus errores gramaticales. La razón de conservar dichos errores fue la de mantener lo más incólume posibles las explicaciones del estudiantado, y capturar su “esencia” mediante el análisis y la caracterización realizada.

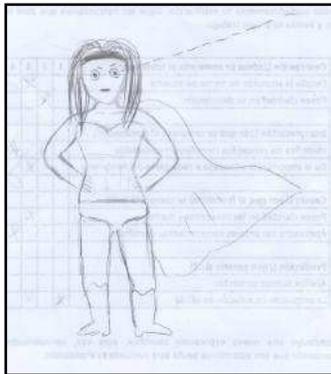
<b>H3</b>	Super chica es una supereroe muy especial. Gracias a su vista, ya que puede ver a grandes distancias como de la tierra a la luna con claridad y sin esfuerzo. Y tambien puede ver a nivel celular, por ejemplo ve sus celula si estan dañadas despues de pelear. En el ojo de ella las ondas electromagneticas llegarían al cristalino y el cambio de densidad (refraccion) cambia su direccion y luego por el funcionamiento basico del ojo ello puede ver ya que el cerebro proyecta lo que se ve y la distancia al foco define si puede ver a mayor distancia o puede ver a nivel celular o nanotecnologia. Si yo pudiese obtener la "super vista" seria muy util para la astronomia ya que ayudaria mucho a observar y analizar los alrededores de la tierra ya que la super vista puede ver hasta la luna. osea grandes distancias o ayudar en la biologia. poder observar el cuerpo humano a fondo ya que la super vista puede ver a nivel molecular. seria un gran aporte para la ciencia.
-----------	---

<b>M19</b>	Yo creo que la supervision de superchica es posible debido a que ella tiene el control de su cuerpo, o sea que ella puede hacerse mas grande o mas chica incluyendo su ojo como su cristalino y el tamaño de su ojo. Por ejemplo cuando ella esta viendo sus amigos desde la luna sus ojos y su cabeza se agrandan un metro y cuando tiene visión microscópica sus ojos tienen 30 cm de largo para ver sus células cuando tiene visión normal sus ojos tienen el tamaño normal, asi la luz mantiene su característica principal, que viaja en línea recta.
------------	--

*Identificación de la imagen de apoyo:*

Al momento de explicar, las y los participantes del estudio tuvieron libertad para utilizar esquemas y/o ilustraciones si así lo querían. Los investigadores diferenciaron entre esquema e ilustración basados en la complejidad que presentaban estos. Si correspondía a un mero dibujo que no representaba el contenido de la explicación, era calificado como esquema. Algunos ejemplos son:

- M17

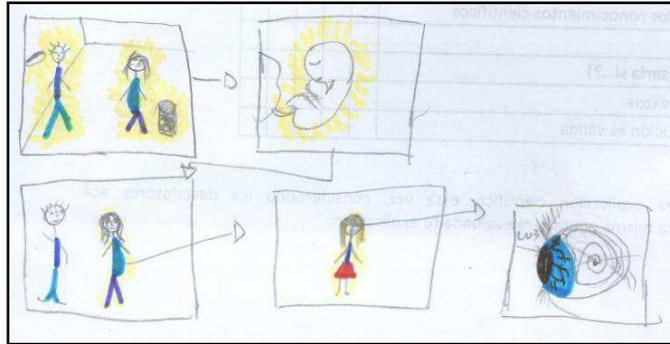


- M25

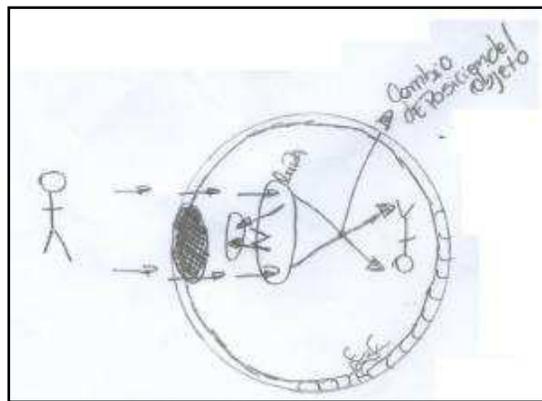


Por otro lado, existen imágenes que representan y aportan mayor sentido al contenido de la explicación (Arzola et al. 2011); estas se llamaron esquemas. Veamos también ejemplos de este tipo de apoyo:

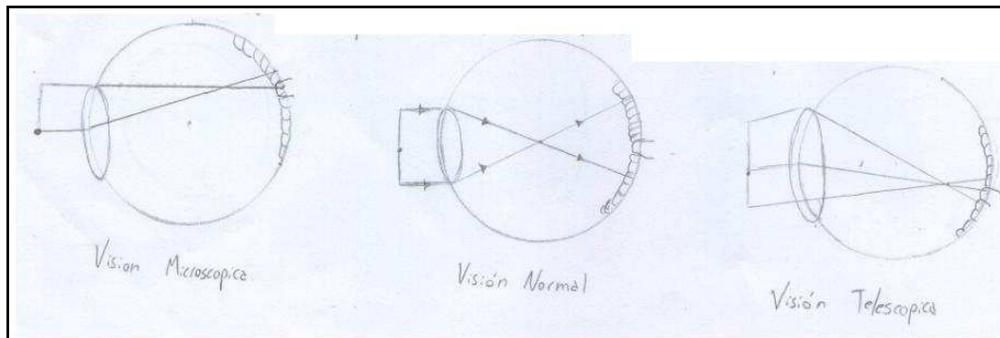
- M7



- H5



- M21



Es importante mencionar que el tipo de imagen de apoyo influye en el nivel de explicación, siendo de mayor complejidad aquella que utiliza un esquema para ayudar a aclarar la explicación. En el Corpus entonces, siguiendo el ejemplo con H3 y M19, tendremos:

		Imagen de apoyo
<b>H3</b>	Esquema	
<b>M19</b>	no	X

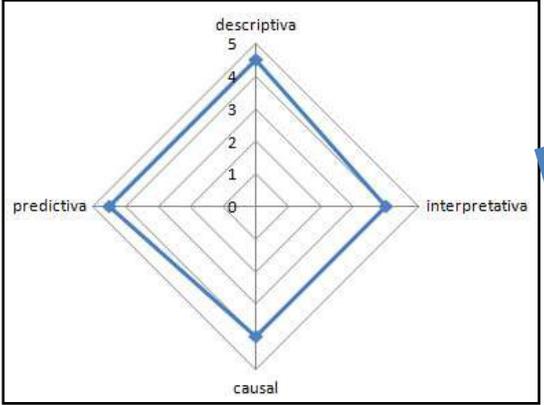
*Determinación y calificación del Tipo de explicación:*

Se Utilizo una pauta para identificar la presencia y calificar el nivel de los tipos de las explicaciones, con la cual se identificó qué tipo de explicación era el predominante y qué nivel alcanzaba esta. Esto dio como resultado una tabla de promedios de la calificación de cada indicador (2 por cada tipo) y un pequeño gráfico que ilustra la presencia de cada tipo de explicación. El proceso se presenta en detalle en la *Caracterización según Tipo* (página 145). Para los ejemplos, tendremos:

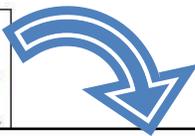
**H3** Super chica es una supereroe muy especial. Gracias a su vista, ya que puede ver a grandes distancias como de la tierra a la luna con claridad y sin esfuerzo. Y tambien puede ver a nivel celular, por ejemplo ve sus celula si estan dañadas despues de pelear. En el ojo de ella las ondas electromagneticas llegarían al cristalino y el cambio de densidad (refraccion) cambia su direccion y luego por el funcionamiento basico del ojo ello puede ver ya que el cerebro proyecta lo que se ve y la distancia al foco define si puede ver a mayor distancia o pu nanotecnologia. Si yo puidere obtener la "super astronomia ya que ayudaria mucho a observar la tierra ya que la super vista puede ver hasta l distancias o ayudar en la biologia. poder obser fondo ya que la super vista puede ver a nivel m aporte para la ciencia.



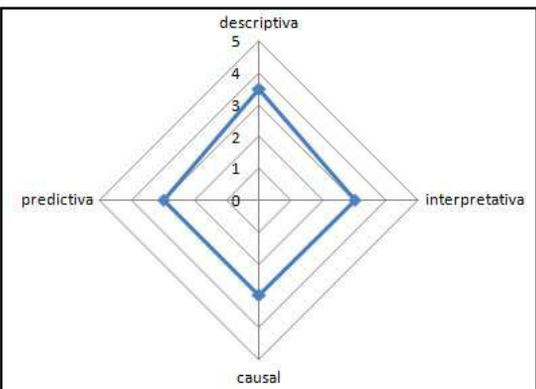
TIPO	promedio descriptores
descriptiva	4,5
interpretativa	4
causal	4
predictiva	4,5



**M19** Yo creo que la supervision de superchica es posible debido a que ella tiene el control de su cuerpo, o sea que ella puede hacerse mas grande o mas chica incluyendo su ojo como su cristalino y el tamaño de su ojo. Por ejemplo cuando ella esta viendo sus amigos desde la luna sus ojos y su cabeza se agrandan un metro y cuando tiene visión microscópica sus ojos tienen 30 cm de largo para ver sus células cuando tiene visión normal sus ojos tienen su tamaño normal. Ella mantiene su característica principal, que es su fuerza.



TIPO	promedio descriptores
descriptiva	3,5
interpretativa	3
causal	3
predictiva	3



Luego, para H3 su explicación sería del tipo predictiva-descriptiva (T4-T1) con una calificación de 4,5 de 5. Para M19 se explicación se clasifica como de tipo descriptiva (T1) con una calificación de 3,5 de 5. En el Corpus, se verá así:

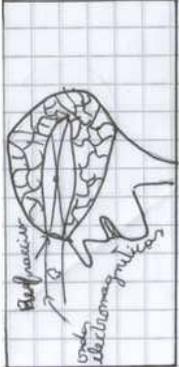
	Tipo de Explicación	Calificación
<b>H3</b>	T4-T1	4,5
<b>M19</b>	T1	3,5

*Determinación del Modelo de explicación:*

Los modelos presentes en las explicaciones se determinaron a través de palabras y frases claves identificadas en cada explicación. Para los ejemplos, H3 fue clasificado en el modelo 1 y M19 en el modelo 2. Primero se identificaron el o los *modelos de explicación* utilizados (Driver, 1986; Pintó et al., 1996; Prieto Ruz et al., 1997, citado en Alurralde y Salinas, 2007) y luego se indicó el *modelo predominante* para posteriormente, realizar el análisis según el sexo de cada estudiante. El proceso se presenta en detalle en *Modelos de Explicación Científica* (página 130) Para los ejemplos, tendremos:

	Modelo de explicación	Modelo predominante
<b>H3</b>	m1	m1
<b>M19</b>	m2	m2

Entonces, la parte del Corpus correspondiente a los ejemplos H3 y M19 corresponderá a la unión de todas las partes presentadas, y se verá así:

código	explicación final (Pausa)		tipo de explicación	calificación	modelo de explicación	modelo predominante
	texto	imagen de apoyo				
H3	<p>Super chica es una supereroe muy especial. Gracias a su vista, ya que pueda ver a grandes distancias como de la tierra a la luna con claridad y sin esfuerzo. Y tambien puede ver a nivel celular, por ejemplo ve sus celula si estan dañadas despues de pelear. En el ojo de ella las ondas electromagneticas llegarían al cristalino y el cambio de densidad (refraccion) cambia su direccion y luego por el funcionamiento basico del ojo ello puede ver ya que el cerebro proyecta lo que se ve y la distancia al foco define si puede ver a mayor distancia o puede ver a nivel celularo nanotecnologia. Si yo pudiere obtener la "super vista" sería muy útil para la astronomia ya que ayudaría mucho a observar y analizar los alrededores de la tierra ya que la super vista puede ver hasta la luna, o sea grandes distancias o ayudar en la biología, poder observar el cuerpo humano a fondo ya que la super vista puede ver a nivel molecular, sería un gran aporte para la ciencia.</p>	 <p>Esquema</p>	T4-T1	4.5	m1	m1
M19	<p>Yo creo que la supervisión de superchica es posible debido a que ella tiene el control de su cuerpo, o sea que ella puede hacerse más grande o más chica incluyendo su ojo como su cristalino y el tamaño de su ojo. Por ejemplo cuando ella está viendo sus amigos desde la luna sus ojos y su cabeza se agrandan un metro y cuando tiene visión microscópica sus ojos tienen 30 cm de largo para ver sus células cuando tiene visión normal sus ojos tienen el tamaño normal, así la luz mantiene su característica principal, que viaja en línea recta.</p>	No	T1	3.5	m2	m2

Esquema n°5: construcción total de parte del Corpus

Se puede observar que esta tabla permite registrar la explicación como tal, junto a la imagen de apoyo, el tipo de explicación y su nivel en la misma fila. En forma horizontal, se puede recorrer el tipo de explicación, y observar la evolución de los participantes en general. Finalmente, permite enmarcar a cada explicación en uno o más modelos, indicado el predominante en cada caso, para optimizar la caracterización y el análisis.

### ***b) Reducción de Datos / Categorización***

Una cantidad considerable de información y datos se manejó en esta investigación. Es por eso que se volvió necesario (y casi urgente) diseñar una estructura interna de “codificación de datos”, con la cual tanto investigadores como lectores estuvieran de acuerdo. Esto permite reducir el tamaño de las tablas de resumen, y acelerar los procesos de análisis y caracterización según sexo de las explicaciones científicas obtenidas, como se podrá observar más adelante en los *Resultados*.

#### **- Codificación de los Tipos de Explicación Científica**

En el Marco Teórico, se presentó la clasificación según Gilbert et al. (1998 citado en Concari, 2001) bajo 5 tipos de explicación científica. La explicación de tipo Intencional para efectos de este trabajo, se considera implícita en todas las obtenidas, ya que es conocido por todos los sujetos de estudio (así como por los investigadores) cuál es la problemática a la que se responde, en este caso, la factibilidad real de un fenómeno ficticio. Esto deja 4 tipos de explicación científica, a través de los cuales, todos los productos obtenidos fueron caracterizados. Estos son:

**Explicación *Descriptiva*:** es toda aquella que se enfoca en describir el fenómeno en forma clara y pertinente. Desde ahora será “tipo 1” o **T1**.

**Explicación *Interpretativa*:** es toda explicación que identifica claramente los conceptos científicos involucrados, y da la importancia adecuada a cada parte del fenómeno. Desde ahora será “tipo 2” o **T2**.

**Explicación Causal:** se habla de toda explicación que explicita la claridad de la/del estudiante en cuanto a conceptos y modelos utilizados, y el aprovechamiento de sus propios conocimientos en el área. Desde ahora será “tipo 3” o **T3**.

**Explicación Predictiva:** el tipo más complejo. Es aquella explicación donde la/el estudiante es capaz de analizar nuevos contextos para el fenómeno y de dar propuestas de solución válidas a los desafíos planteados. Desde ahora será “tipo 4” o **T4**.

Es decir que, por ejemplo, si un estudiante posee una explicación de tipo Causal, será una explicación **T3**. Y retomando lo anterior, si este alumno fuera el décimo en el, se debería decir “la explicación **H10** es **T3**”.

Para identificar y caracterizar los tipos de explicaciones científicas del estudiantado se utilizó la Pauta de Explicación Científica (ver UD). Esta permitía adjudicar una calificación numérica (del 1 al 5) según ciertos indicadores a cada tipo de explicación, para finalmente privilegiar el tipo predominante. No obstante, cabía la posibilidad de que existieran empates entre los distintos tipos. En esos casos las explicaciones se caracterizaron como *explicaciones dobles* y fueron llamadas según ambos tipos –por ejemplo, una explicación podría ser de tipo “descriptivo-predictiva” o **T4-T1**–. También existieron casos donde más de dos tipos fueron predominantes (3 o 4 tipos). Para este tipo de casos, las explicaciones se clasificaron como *mixtas*, y no poseen una codificación, ya que como se explicará más adelante, en esos casos, se priorizaron los 2 tipos más complejos de explicación, y se clasificó según esos dos.

#### - **Codificación de los Modelos Explicativos**

Los modelos, al contrario de los tipos ya descritos, no nacen de la teoría, sino que desde las mismas explicaciones del estudiantado. No es labor de este capítulo describir los modelos en detalle, por lo que para conocer en qué

consiste cada uno de los 3 definidos en este Seminario, se debe avanzar hacia el capítulo 4.

La codificación de los Modelos Explicativos es la siguiente:

**Modelo Recto de Explicación:** se refiere a toda explicación científica en la cual el fenómeno se justifica mediante un cambio en la estructura del ojo de Superchica, ya sea por medios naturales (mutación natural, evolución, entrenamiento) o artificiales (implantes o lentes, radiación, magia). Desde ahora será “modelo 1 o **m1**”.

**Modelo Diagonal de Explicación:** se refiere a toda explicación científica en la cual el fenómeno se justifica mediante un cambio completo en la estructura corporal/anatómica de Superchica, como el tamaño de su cabeza, la forma de su cerebro o algún cambio en su material genético (por ser extraterrestre o por herencia mutante). Desde ahora será “modelo 2 o **m2**”.

**Modelo Curvo de Explicación:** se refiere a toda explicación científica en la cual el fenómeno se justifica mediante un cambio en las reglas del Universo en el cual vive Superchica, como las dimensiones de los objetos o las propiedades de la luz. Desde ahora será “modelo 3 o **m3**”.

Se utilizó esta codificación para no confundirla con la del Corpus, que identifica a una estudiante mujer. Un ejemplo, aprovechando lo anterior, sería decir “la explicación del quinto estudiante varón está enmarcada en el modelo Diagonal” como **H5** es **m2**.

### ***c) Triangulación Interna por los Investigadores***

Para evitar al máximo la subjetividad de ser tanto investigadores como aplicadores de la UD, se hizo menester el poseer una manera de validar internamente las evaluaciones resultantes. Luego de una búsqueda de estrategias, se optó por realizar una *triangulación* entre ambos investigadores-aplicadores.

Existen 4 tipos de triangulación adecuados para una investigación de carácter cualitativo, esas son: Triangulación de datos, Triangulación metodológica, Triangulación de Investigadores y Triangulación Teórica (Arias, 2000 en Cáceres, García González, Orellana y Rivera, 2013). Como se puede deducir, a partir de sus nombres, Cada una de estas apunta a distintos elementos de una investigación. Considerando las características de esta investigación, optamos por la Triangulación de investigadores sobre los datos obtenidos.

Esto consiste en el contraste de la opinión de los investigadores, fundamentada desde la teoría utilizada en este seminario, para luego consensuar las interpretaciones y los pasos metodológicos. A continuación explicaremos los pasos que se siguieron para esta triangulación.

Ambos investigadores evaluaron cada explicación científica de la muestra, de manera independiente utilizando la pauta de explicación científica, para luego categorizarla según la opinión fundamentada de cada uno. Posteriormente ambos investigadores contrastaron sus evaluaciones y categorizaciones, y a través de la discusión verbal fundamentada desde lo teórico y la interpretación de cada investigador, se llegó a un consenso de categorizaciones según tipo.

En el caso de los modelos explicativos, al nacer desde los mismos productos y no desde lo teórico, ambos investigadores en conjunto realizaron la identificación y caracterización correspondiente, puesto este proceso de análisis es uno de los objetivos de este Seminario y forma parte de los resultados, y por lo tanto, debe ser realizada por ambos investigadores en conjunto.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el siguiente capítulo, se presentarán los resultados de esta investigación a través de dos líneas: la Unidad Didáctica y el análisis de las explicaciones científicas que se construyeron gracias a su aplicación en las y los participantes del estudio. Ambos forman los resultados totales de esta investigación; ambos pasaron por un riguroso proceso de diseño, justificación, análisis y validación; ambos nos permitieron investigar en función de una pregunta inicial y contribuir al cumplimiento de los objetivos.

Este capítulo está separado en 4 secciones: la primera nos presenta el proceso de validación de la UD, y el producto final obtenido de él; la segunda muestra la primera parte de los análisis de las explicaciones científicas, donde estas fueron caracterizadas según su Tipo, y desde las cuales se definieron 3 Modelos explicativos; la tercera parte justifica la necesidad de una forma de análisis de las explicaciones, transversal al Tipo y al Modelo, para categorizar la complejidad del producto final, y caracterizarlo según el sexo de la persona que lo construyó; y la parte final, presenta todo el análisis de las explicaciones, desde la perspectiva del sexo, hacia donde se inclinan los distintos Tipos y Modelos, así como el efecto final de la UD aplicada en las competencias de explicación científica del estudiantado.

### 4.1 Elaboración de una Propuesta Didáctica de carácter coeducativo

En la primera parte se presentan los resultados del proceso de validación por el cual pasó la UD, es decir, todas las acotaciones de cada evaluador.

En la segunda parte se presenta en forma completa y detallada, la Unidad didáctica elaborada para esta investigación. Se señala que esta UD es producto de la validación de los expertos. Está separada en las etapas indicadas por el modelo 5E, y cada una de ellas posee un nombre alusivo a la actividad que se realizará. Además, posee una separación por colores, donde el color 

representa las actividades que realizarán las y los estudiantes, el texto sin color son las instrucciones que se deben seguir para llevar a cabo la aplicación, y el texto de color   son las partes de la UD exclusivamente para el análisis del docente. Estas últimas zonas no necesariamente deben llegar al estudiante, eso lo determinará el propio docente que aplica la UD en función de su propio grupo curso.

#### 4.1.1 Resultados del Proceso de Validación

Como se indicó, los evaluadores fueron un Licenciado en ciencias Exactas y 2 Docentes de Física en Enseñanza Media. Estos evaluaron la UD según una pauta de indicadores de 1 (Totalmente en desacuerdo) a 5 (Totalmente de acuerdo) los cuales fueron promediados según categoría de evaluación, para ser presentados a continuación:

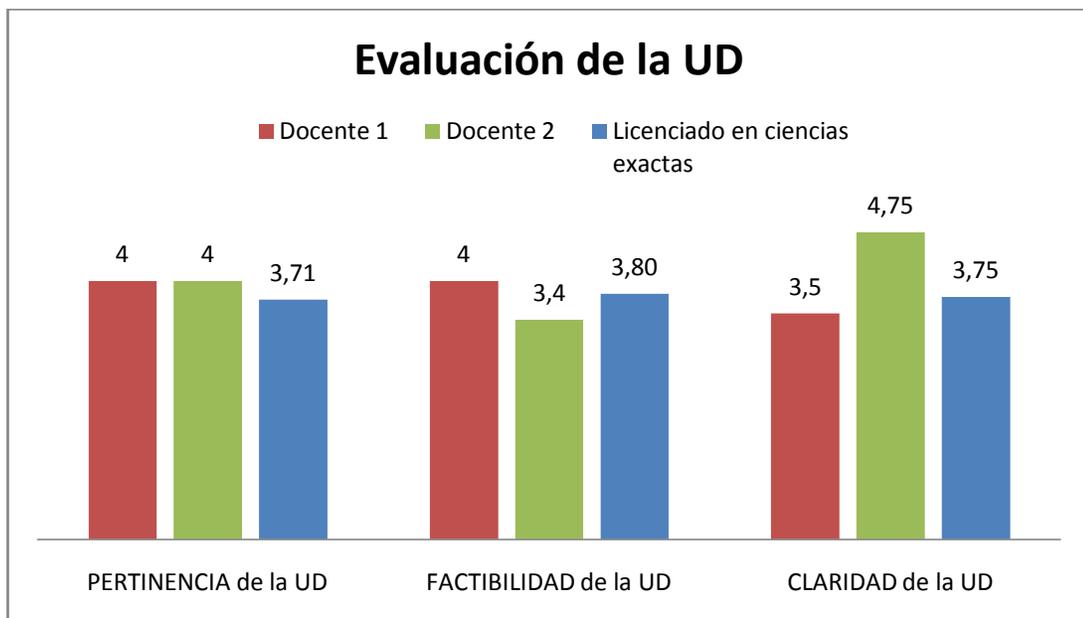


Gráfico n°1: promedio de los indicadores de evaluación de la UD.

En detalle, las correcciones que señalan cada uno de los indicadores de la pauta, fueron las siguientes:

En cuanto a la *pertinencia*, solo 1 de los 3 evaluadores creyó que se incluían actividades innecesarias, pero 2 de ellos coincidieron en que el nivel de tratamiento matemático de la óptica en lentes no era el adecuado para el nivel, sino que era muy avanzado. Con el resto de las afirmaciones, los 3 estuvieron muy de acuerdo.

Respecto a la *factibilidad* de la UD, 1 evaluador, en concordancia con la pertinencia, afirmó que no es factible aplicarla en 1° medio, debido al nivel de las ecuaciones. Otro evaluador no estuvo de acuerdo con los tiempos sugeridos, indicando que no eran suficientes. El tercer evaluador no creyó que la UD pudiera ocuparse como actividad complementaria a la clase.

Respecto a la *claridad* en las actividades, solo 1 de los evaluadores consideró poco claros los esquemas, debido a su orientación en la hoja (tendería a confundir al estudiantado), pero en el resto de las afirmaciones, los 3 evaluadores estuvieron de acuerdo y muy de acuerdo.

Finalmente, se optó por evitar las complejidades del tratamiento matemático de la UD original, dejándolo como material de consulta para quien aplique la UD, en caso de que exista la posibilidad de profundizar el trabajo en cuanto a su rigurosidad científica. El esquema del microscopio, originalmente vertical, se dejó horizontal, de modo que los 3 esquemas de rayos de luz quedaran orientados en el mismo sentido, para facilitar la comparación entre ellos.

#### **4.1.2 Unidad Didáctica**

Se presenta a continuación la UD, producto de la validación de expertos. Se debe indicar que los tamaños de los esquemas y los textos tuvieron que adaptarse al formato de la entrega de Seminario.

### **Indicaciones:**

 = texto exclusivamente para el/la Docente aplicador/a.

 = actividades para las y los estudiantes.

### **Materiales:**

- DataShow o algún medio para mostrar videos e imágenes a toda la clase.
- Notebook con el video cargado y los esquemas listos.
- Pautas impresas para todos y todas las estudiantes.

### **ENGANCHE (20-25 minutos): “Observando el Fenómeno”**

#### ***Objetivo(s) de la Fase:***

- *Despertar el interés del estudiantado para el buen funcionamiento de la actividad.*
- *Trabajar la habilidad de descripción de un fenómeno científico en los y las estudiantes.*
- *Recolectar información mediante la observación de cierto fenómeno bajo una pauta determinada.*

Se les presenta a las y los estudiantes el siguiente video, en conjunto con la narración (ver Anexos) del docente:

**Video: “las habilidades visuales de Superchica 2”**

A continuación, se les entrega la Pauta de Observación, y se vuelve a mostrar el video, con el fin de que puedan recopilar toda la información solicitada.

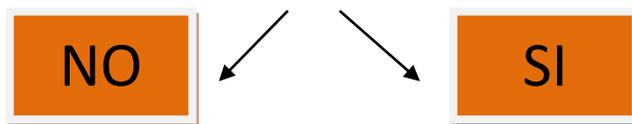
Preguntas de la Pauta de Observación (Anexada):

- 1) *¿Hasta qué distancia pudo ver Superchica? Estime.*
- 2) *¿Qué tan pequeño es el objeto que pudo ver Superchica? Estime.*
- 3) *¿Qué objetos observo con su super-visión?*
- 4) *¿Había mucha o poca luz mientras ella observaba?*
- 5) *¿A qué nivel maneja Superchica sus capacidades visuales? ¿Requiere de mucho esfuerzo hacerlo? ¿Puede manejarla a voluntad?*

**(15 minutos)**

Luego, el docente guiará la conversación con los alumnos, respecto a lo observado, mediante las siguientes preguntas:

*¿Qué vieron? ¿El ser humano tiene esa capacidad?*



Dependiendo de la respuesta, guíe la conversación como sigue:

**1a) SI:** ... pero no al mismo nivel, aunque el funcionamiento es el mismo. Luego pase a la siguiente pregunta.

**1b) NO:** ¿Cómo ha logrado obtener capacidades similares de visión? Hable de los avances tecnológicos.

*2) ¿Cómo funcionan las tecnologías que nos permiten aumentar nuestras capacidades de visión?*

(10 minutos)

### **EXPLORACIÓN (30 – 40 minutos): “Mejorando la visión Humana”**

#### **Objetivo(s) de la Fase:**

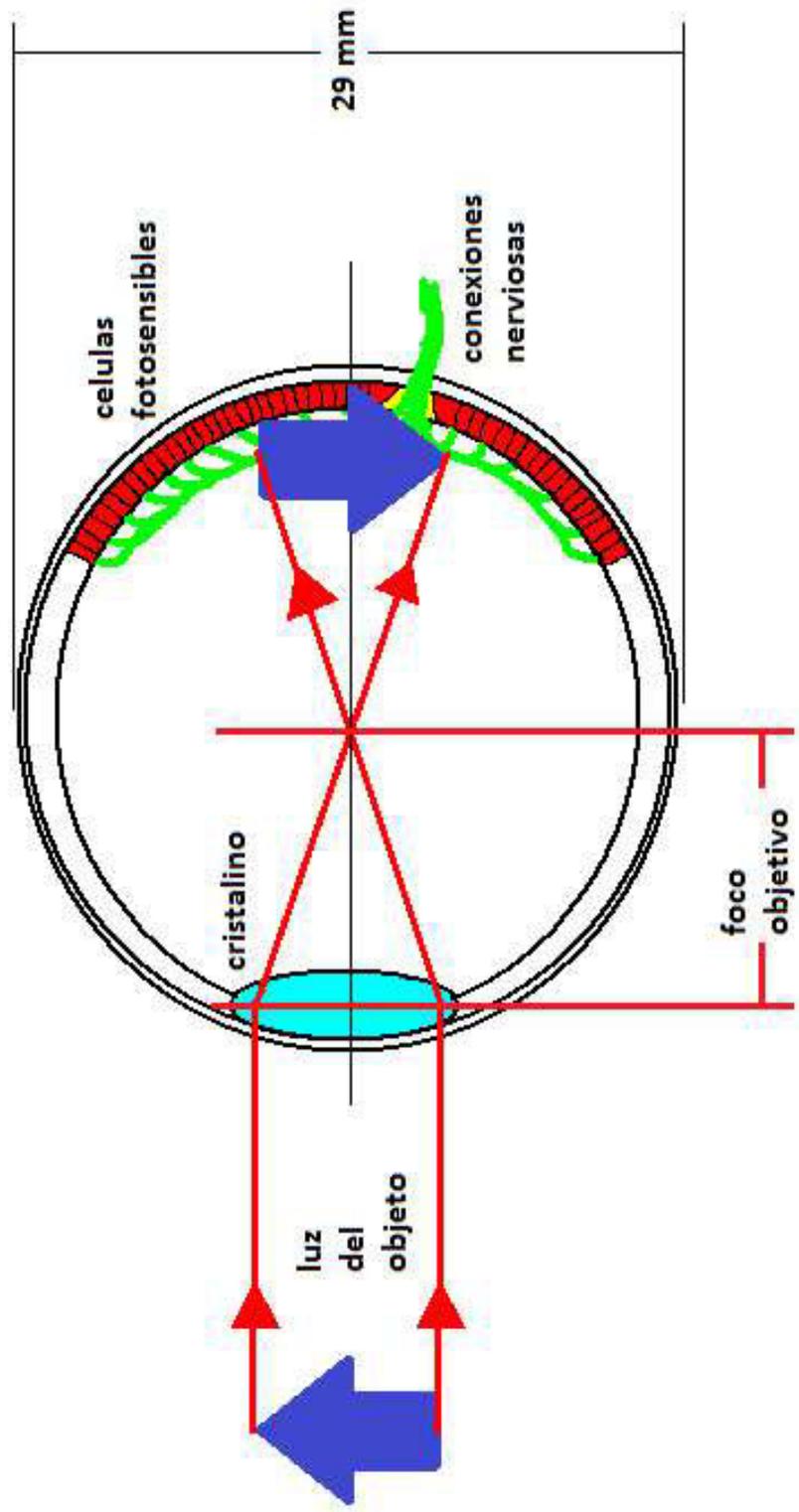
- Comprender el funcionamiento básico de un microscopio y de un telescopio, mediante esquemas de rayos de luz y ecuaciones básicas de tamaño y formación de imágenes.
- Comparar el funcionamiento básico del ojo humano con el microscopio y el telescopio.
- Obtener contradicciones al reflexionar en el cómo debería funcionar un “super-ojo” mediante las ecuaciones construidas.

El profesor presenta a los y las estudiantes los fenómenos de *reflexión* y *refracción* que ya se habían trabajado en la unidad anterior, y explica que como son fenómenos de ondas, y la luz también es una onda, dichos fenómenos también le ocurren a la luz.

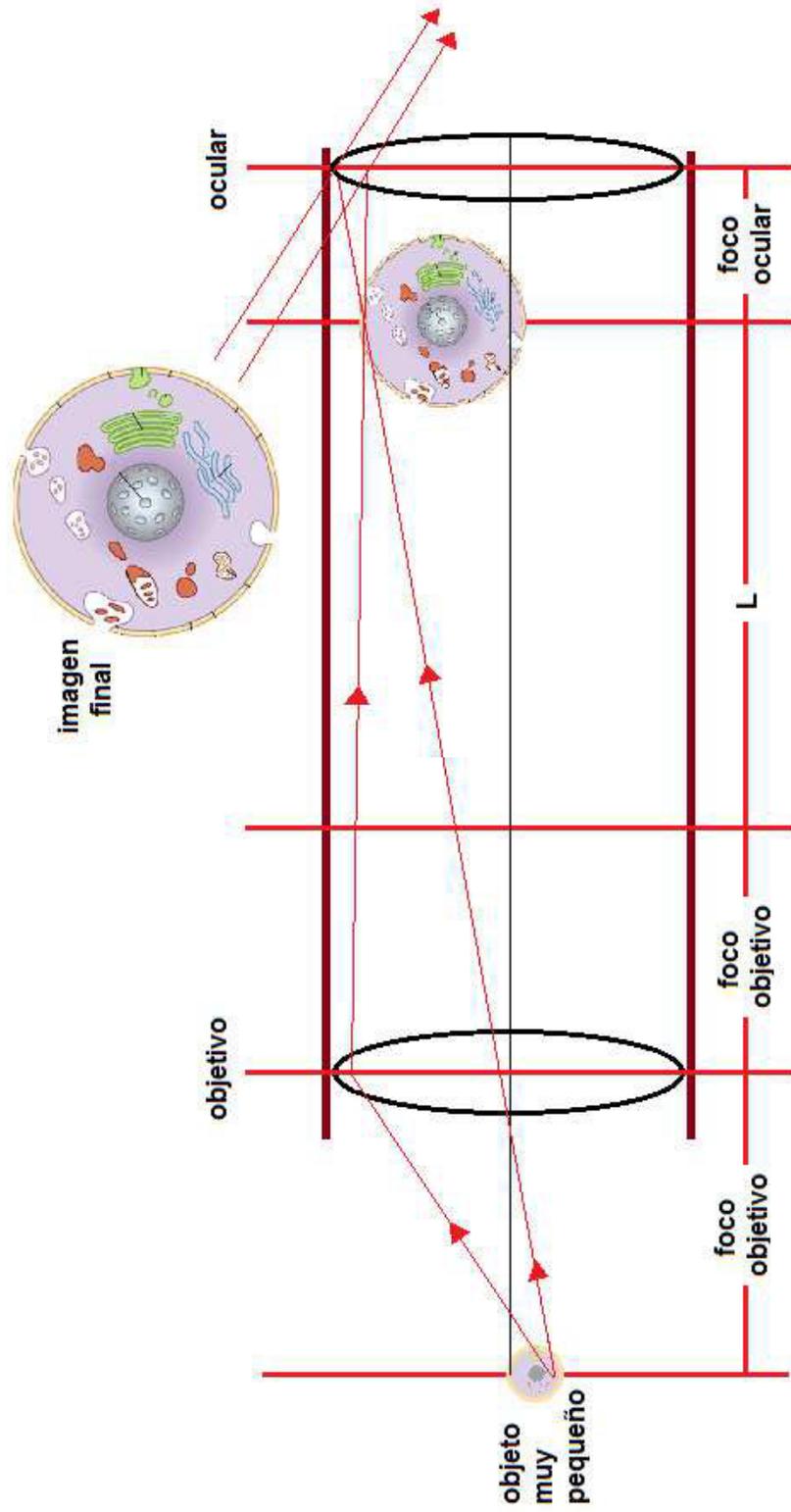
(10 minutos)

A continuación, el docente presenta los siguientes esquemas, para responder la última pregunta guía de la etapa anterior:

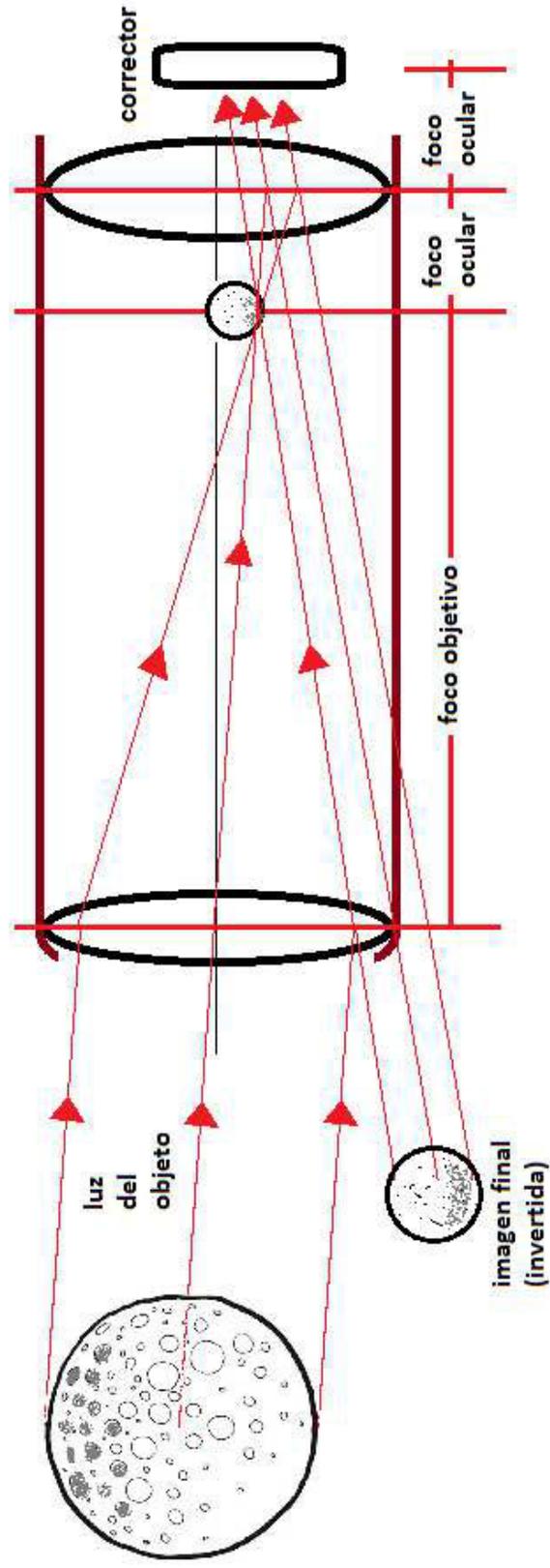
Esquema A: "funcionamiento básico del ojo humano"



Esquema B: "funcionamiento básico de un microscopio"



Esquema C: "funcionamiento básico de un telescopio (refractor)"



A partir de estos esquemas, el profesor debe trabajar y aterrizar las ecuaciones que permiten determinar las distancias de visión lejana y cercana, así como el tamaño del aumento y el detalle, en función de los lentes implicados, a sus estudiantes. El objetivo de la actividad es determinar qué características debería tener un ojo humano para poder ver tal como lo hace nuestra heroína.

Se conoce como **punto cercano** a la distancia mínima u óptima a la que una persona se puede ubicar de lo que mira, para verlo con el máximo detalle posible. En telescopios y microscopios lo que el humano observa es la imagen formada por los sistemas de lentes, en ellos dicha imagen está formada a una distancia de más o menos **25cm** (distancia que cambia según la persona, de ahí a que los oculares sean ajustables) que corresponde al punto cercano.

Esquema n°2:

$f_o$  = foco objetivo

$f_e$  = foco ocular

$L$  = largo del tubo

<p><b>aumento angular</b></p> $M_e = \frac{25}{f_e} \text{ (factor 25 debido al punto cercano)}$	}	<p><b>aumento total</b> <math>\Rightarrow M = m_o \cdot M_e</math></p>
<p><b>aumento linear</b></p> $m_o = -\frac{L}{f_o}$		

**SUPOSICIÓN:** Imaginemos que Superchica desea ver una célula (orden  $10^{-6}$  m) de la palma de su mano aumentada hasta un tamaño que le permita una observación detallada, digamos del orden del  $10^{-2}$  m, es decir, un aumento  **$M = 10^4$** .

Se aclara que en un microscopio la observación es **vertical**, por lo que la orientación final de la imagen no es importante en este análisis.

Comparando los esquemas del microscopio y del ojo, concluimos que las distancias  $f_o$ ,  $f_e$  y  $L$  deben estar *incluidas* dentro del globo ocular, de unos **29 mm** de diámetro y un cristalino de foco de **23 mm** (magnitudes promedio). Utilizando la información y las ecuaciones presentadas, podemos decir:

aumento total

$$M = m_o \cdot M_e = \frac{L}{f_o} \cdot \frac{25}{f_e} \quad \text{despejamos } L \text{ y reemplazamos}$$

$$M = \frac{L}{f_o} \cdot \frac{25}{f_e} \Rightarrow \frac{M \cdot f_o \cdot f_e}{25} = L = \frac{(10^4) \cdot (23 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{25} \approx 0,21 \text{ m} = 21 \text{ cm}$$

Y recordando que debemos incluir las distancias  $f_o$ ,  $f_e$  y  $L$  en el globo ocular, es decir,  $0,23 \text{ cm} + 0,23 \text{ cm} + 21 \text{ cm} = 21,46 \text{ cm}$ , el ojo de Superchica debería tener por lo menos 21,46 cm de diámetro.

Esquema n°3:

$$\left. \begin{array}{l} f_o = \text{foco objetivo} \\ f_e = \text{foco ocular} \end{array} \right\} \text{ aumento angular } M_e = -\frac{f_o}{f_e}$$

$r = \text{distancia al objeto lejano}$

$\delta = \text{punto cercano} \approx 25 \text{ cm}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{aumento objetivo} \\ M_1 = -\frac{f_o}{r} \\ \text{aumento ocular} \\ M_2 = \frac{\delta}{f_e} \end{array} \right\} \text{ aumento total } \Rightarrow M = M_1 \cdot M_2$$

**SUPOSICIÓN:** El único aumento importante en un telescopio refractor es el llamado **aumento angular**, que corresponde a la relación entre ambas distancias focales. Supongamos que Superchica desea revisar la superficie de la Luna ( $r$  aprox. **380.000.000m**) con detalle, o sea, con un aumento de al menos **100 veces**.

El sistema corrector invierte la imagen, para que el ojo la pueda recibir con la orientación adecuada.

Al igual que en el esquema anterior, todo el sistema del telescopio debe estar incluido en el globo ocular de **29mm**, excepto la distancia  $r$  que está entre el ojo y el objeto lejano (la Luna).

Tomando las ecuaciones de aumento ya presentadas, podemos decir que:

**aumento total**

$$M = M_1 \cdot M_2 = -\frac{f_o}{r} \cdot \frac{\delta}{f_e} = -\left(\frac{f_o}{f_e}\right) \cdot \frac{\delta}{r}$$

La relación entre paréntesis corresponde al aumento angular, que sabemos compara ambas distancias focales dentro del telescopio; también sabemos que estas distancias no deben superar el diámetro del ojo. Y si asumimos el punto cercano igual para Superchica que para el resto de los humanos, podemos escribir:

$$\frac{f_o}{f_e} = 100 \quad ; \quad f_o + f_e = 29\text{mm}$$

$\Leftrightarrow$

$$f_o \approx 28,7\text{mm}$$

$$f_e \approx 0,287\text{mm}$$

$$M = -\left(\frac{f_o}{f_e}\right) \cdot \frac{\delta}{r} = -100 \cdot \frac{0,25\text{m}}{380.000.000\text{m}} = -6,6 \cdot 10^{-8}$$

Que corresponde a una reducción de tamaño de más de 15 millones de veces. La Luna se ve de todas formas más grande porque su imagen está a solo **25cm** del observador.

Entonces dentro del ojo, debería haber un lente objetivo con foco = **28.7mm** y un lente ocular de foco = **0,287mm**. Pero el problema está en que una separación entre estos lentes, menor a **29mm**, provoca debilidad en la imagen, sin mencionar que una lente de distancia focal tan pequeña (ocular), debe ser sumamente densa (contradictorio al paso de la luz) para lograr que su refracción genere dicha distancia focal.

(30 - 35 minutos)

**EXPLICACIÓN (20 - 30 minutos): “¿Es posible esta super-visión?”**

**Objetivo(s) de la Fase:**

- *Obtener las explicaciones directas que los alumnos y alumnas puedan construir con sus propias palabras, estructuras, modelos y observaciones.*

El/La docente les presenta a los y las estudiantes la siguiente actividad:

*Explique la factibilidad de la visión telescópica/microscópica de Superchica.*

Los y las estudiantes deben ser capaces de utilizar los análisis ya realizados de artefactos tecnológicos que mejoran la visión humana, para esquematizar el funcionamiento del ojo de Superchica. El objetivo es que utilicen la información entregada (a partir del trabajo del docente con las ecuaciones y los esquemas de rayos de luz).

**(20 - 30 minutos)**

**ELABORACIÓN (90 minutos): “Realidad VS Ficción”**

**Objetivo(s) de la Fase:**

- Reconocer que esta explicación está en sus inicios, y que va a evolucionar en la medida que el estudiantado realice las actividades propuestas.
- Que los y las estudiantes analicen distintos escenarios ficticios, cuyas características proporcionen una solución a las contradicciones obtenidas en la fase anterior.
- Reconocer el valor de la especulación en el proceso de creación de conocimiento científico.

Luego del trabajo que realicen los y las estudiantes, se espera que sus respuestas a la pregunta *¿Cómo hacer posible la visión de Superchica?* lleven a ciertas contradicciones (basados en las ecuaciones de distancia y aumento), o a la creación de ciertos escenarios donde dicha visión sea posible. El/La docente debe presentar los siguientes contextos de análisis:

**(5 - 10 minutos)**

*a) El tamaño del Ojo.* Si las ecuaciones de distancia dicen que un telescopio debe tener cierto largo para obtener cierto aumento (proporcional), o cierto nivel de refracción (microscopio), la forma de hacer que un ojo cumpla con ellas, sería uno de tamaño adecuado. **(25 minutos)**

*b) Doblar la Luz.* Si la luz no viajara en línea recta *dentro* del ojo de Superchica, no serían necesarios los usos de lentes y/o de distancias necesarias para crear imágenes claras (ya sea desde muy lejos o desde muy cerca). **(25 minutos)**

Los y las estudiantes deben plantearse estos escenarios para ejercitar sus predicciones, y a los cambios que podrían ocurrir bajo distintos contextos. En la medida que puedan generar estas predicciones, más comprensión demostrarán del fenómeno observado, más completo será el modelo que utilicen, y por consecuencia, mejor será su explicación científica al respecto.

(20 - 30 minutos)

NOTA: Recuerde que estos contextos NO SON LOS ÚNICOS. Los y las estudiantes perfectamente pueden tener nuevas ideas de plausibilidad para el funcionamiento del ojo de Superchica. Regístrelas y trabaje con ellas también.

### **EVALUACIÓN (90 minutos): “construyendo una explicación Científica”**

#### **Objetivo(s) de la Fase:**

- *Evaluar el desarrollo de las explicaciones científicas de los y las estudiantes, desde el inicio de la actividad hasta su término.*
- *Analizar las explicaciones finales de los y las estudiantes, y generar la información necesaria para el presente Seminario.*

Antes de que los y las estudiantes entreguen sus explicaciones al/a la docente, este les presentará la siguiente *Pauta de Explicación Científica*, con la cual podrán evaluar y mejorar su propio trabajo. La Pauta de Explicación Científica tiene como objetivo principal que los y las estudiantes evalúen y mejoren sus propias explicaciones, con el fin de identificar sus propias debilidades y fortalezas en esta actividad.

Durante la comparación con la Pauta, el/la docente deberá guiar a los y las estudiantes, de modo de retroalimentar los conocimientos utilizados en clase. Además, debe dejar en claro qué significa cada indicador. Para ello, se adjunta la descripción de cada uno de ellos:

<b>Descripción (¿cómo se comporta el fenómeno?)</b>
Detalla la situación de forma pertinente. <i>Entrega la mayor cantidad de información respecto a lo observado, sin que esta sea innecesaria.</i>
Posee claridad en su descripción. <i>Su lenguaje es sencillo y mantiene una línea lógica en sus ideas.</i>
<b>Interpretación (¿de qué se compone el fenómeno?)</b>
Identifica los conceptos científicos involucrados. <i>Es capaz de relacionar el fenómeno con la teoría científica correspondiente.</i>
Da la importancia adecuada a cada parte del fenómeno. <i>Categoriza las variables involucradas según incidencia en el fenómeno.</i>
<b>Causas (¿por qué el fenómeno se comporta así?)</b>
Posee claridad en los conceptos y modelos. <i>Sus representaciones mentales del fenómeno son simples y adecuadas.</i>
Aprovecha sus propios conocimientos científicos. <i>Relaciona lo que ha visto en clases y/o aprendido en su vida diaria, para mejorar su representación mental del fenómeno.</i>
<b>Predicción (¿qué pasaría si...?)</b>
Analiza nuevos contextos. <i>Identifica los factores fundamentales que influyen en el fenómeno a tal punto, que es capaz de identificarlos en un contexto distinto donde el fenómeno también sea válido.</i>
La propuesta de solución es válida. <i>Entrega soluciones a la problemática que representa el fenómeno, basadas en sus conocimientos científicos.</i>

Tabla n°5: descripción de los indicadores de la pauta de explicación científica

La Pauta de Explicación Científica posee una escala numerada del 1 al 5, con los siguientes descriptores:

- (1) *No hay presencia del indicador.*  
El indicador observado no está presente o es sumamente difícil de reconocer.
- (2) *La presencia del indicador posee un nivel deficiente.*  
El indicador es reconocible con un poco menos de dificultad que el nivel anterior.
- (3) *La presencia del indicador es observable.*  
El nivel medio. El indicador no es deficiente ni destacable.
- (4) *La presencia del indicador es aceptable.*  
El indicador posee un nivel por sobre la media, pero no posee un carácter sobresaliente.
- (5) *La presencia del indicador es destacada.*  
El indicador posee un nivel destacable y es claramente reconocible.

Pauta de Explicación Científica

<b>Descripción (¿cómo se comporta el fenómeno?)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Detalla la situación de forma pertinente					
Posee claridad en su descripción					
<b>Interpretación (¿de qué se compone el fenómeno?)</b>					
Identifica los conceptos científicos involucrados					
Da la importancia adecuada a cada parte del fenómeno					
<b>Causas (¿por qué el fenómeno se comporta así?)</b>					
Posee claridad en los conceptos y modelos					
Aprovecha sus propios conocimientos científicos					
<b>Predicción (¿qué pasaría si...?)</b>					
Analiza nuevos contextos					
La propuesta de solución es válida					

(30 - 40 minutos)

Luego de completar esta pauta, los y las estudiantes deben construir una segunda Explicación científica de lo observado, esta vez, con apoyo del/de la docente y de los distintos indicadores. El objetivo es que sus explicaciones finales posean la presencia de los 4 indicadores principales de la tabla: Descripción, Interpretación, Causas y Predicción.

Finalmente, los y las estudiantes deben entregarle al/a la docente 2 documentos: la pauta de Explicación Científica y sus explicaciones mejoradas, gracias a los indicadores de la misma pauta.

(50 minutos)

## **4.2 Análisis de las Explicaciones Científicas**

Es necesario hacer la separación entre Tipo y Modelo, ya que el primero se define previo a la investigación, y habla de aquello que *se espera* encontrar, aquello que ya está teóricamente definido, y con lo cual la explicación obtenida se debe identificar.

El primero, definido en función del enfoque dado al fenómeno observado, se separa en 4 clasificaciones: la explicación Descriptiva, que responde a “¿cómo se comporta el fenómeno explicado?”; la Interpretativa, que responde a “¿de qué se compone el fenómeno?”; la Causal, que responde a “¿por qué el fenómeno se comporta como lo hace?”; y la Predictiva que responde a “¿cómo debería comportarse el fenómeno en otras circunstancias?”.

Pero el segundo nace de la explicación misma, es aquello *que se encuentra*, aquello que se define a través del mismo trabajo de los sujetos de muestra, y bajo los cuales las explicaciones quedan enmarcadas. Ambas nos permiten caracterizar los productos obtenidos, desde distintos ángulos y para obtener una mayor cantidad de información al momento del análisis.

#### **4.2.1 Caracterización según Modelos y Tipos de Explicación**

##### ***a) Modelos de Explicación Científica***

Al momento de comenzar el análisis, los investigadores/aplicadores lograron identificar una serie de características observables en la explicación entregada por las y los estudiantes, que permitieron construir 3 modelos principales con los cuales identificar dichas explicaciones.

Para comprender estos modelos, es necesario conocer al detalle ciertos elementos de la herramienta de obtención de las explicaciones, en este caso, de la UD. Es en función de estos elementos, que los 3 modelos mencionados fueron definidos. En específico, en la etapa de Explicación de la UD, al estudiantado se le plantea el siguiente desafío:

***Explique la factibilidad de la visión telescópica/microscópica de Superchica.***

Las respuestas analizadas permitieron identificar 3 modelos principales de explicación, que hablan de la forma que cada estudiante tiene de abordar el fenómeno y su correspondiente explicación.

Los elementos que finalmente definieron los 3 modelos de explicación de esta investigación, nacen de un conjunto de palabras y expresiones claves escritas por cada estudiante, que delimitan la explicación y permite a los investigadores conocer desde dónde se está construyendo dicha explicación. Para cada modelo, se esperan ciertas características de observación, basadas posiblemente en el papel social de cada sexo y miradas desde el enfoque didáctico de esta investigación.

### Modelo RECTO (m1)

Este modelo habla de un proceso mental sumamente directo, donde la solución del problema se enfoca en su centro mismo, en aquello que se asocia más rápidamente como responsable del fenómeno. Su objetivo es buscar la solución más rápida a la situación problemática planteada.

Palabras y expresiones clave: *reparaciones a los elementos del ojo (la pupila, el iris y/o el cristalino) mediante poderes mágicos, intervención de científicos o extraterrestres; a reemplazos cibernéticos que mejoran las capacidades visuales; a un cambio directo en el tamaño del ojo muy por sobre el normal humano; a mutaciones inducidas por materiales radioactivos, que alteraron el tamaño o funcionamiento del ojo o alguna de sus partes; al uso de super lentes en vez del cristalino normal; a que el interior del ojo puede refractar en forma mucho más poderosa la luz.*

Algunos ejemplos que definen este modelo se presentan a continuación. En ellos se busca la presencia o relación más directa con las Palabras y expresiones clave, y se intenta responder *¿a través de qué está explicando el fenómeno?*

<b>M4</b>	Cuando Superchica era pequeña su casa se incendió y se quemó sus ojos. Unos científicos y doctores locos usaron la situación de Superchica <b>para transplantarle unos ojos mecánicos telescópicos y microscópicos</b> , lo cuál funcionó, esos ojos mecánicos están conectados a su cerebro, esto solo funcionó en Superchica.
<b>H14</b>	<b>Los ojos de superchica al captar la luz</b> de los objetos, es capaz de doblar la luz de tal manera, que <b>dentro de su ojo</b> se activa una especie de cable óptico, con esto la luz concentrada forma un telescopio, siendole fácil ver claramente objetos lejanos y cercanos. <b>El interior del ojo de Superchica</b> esta compuesto por miles de cristales en forma de diversos prismas que crean el laser de visión. La Luz entra en línea recta también se dobla, gracias a los espejos que hay <b>en el interior</b> . Haciendo posible una visión increíble

H6	<p>Yo creo que super chica por el <b>opturador de su ojo</b> es lo que hace que vea mas lejos y mas cerca, y que por su cabeza allà un espacio que llege al otro extremos de su cabeza cosa que <b>el ojo quepa en todo ese espacio entre el cerebro</b>, y así el <b>ojo sea mas largo de lo normal</b> (3c m) y tener la capacidad de tener super visión. Por eso super chica por su opturador desarrollado lo puede ajustar en luz (dia) y noche, regularlo para ver mas lejos y lo normal de un humano y dentro de su ojo la luz del objeto se refleja y como lo ve más grande esa imagen pasa por el cristalino de super chica la imagen se da vuelta como de <b>costumbre lo hace el ojo, se llega hasta el final de ojo</b>, viendo asisuper chica mucho más lejos, pero también regularlo asi no ver siempre lejos y ser como una persona normal y solo ocuparlo esa super visión en casos de problemas</p>
M10	<p>En <b>un ojo normal</b> la luz pasa recta y en <b>el ojo de superchica</b> la luz se dobla permitiendo que su vista sea de mas largo alcance. Super chica tenia <b>un ojo con espejos adentro</b> entonces la luz pasaba al primer espejo, rebotaba al otro y asi sucesivamente, y eso permitia que sea mas la distancia de la luz donde se doblaba y hacisuper chica tenia una visión de mas largo alcance</p>
H2	<p>Explicacion: Superchica <b>posee un super ojo humano</b> y para que sea posible <b>debería contener un ojo de un metro</b> o un telescopio reflector pero como no se puede tener un ojo tan grande, puede que <b>su ojo</b> que tiene ella podría tener las células fotosensibles están hacia el otro lado y los rayos de luz etran de otra manera para reflejarse. Hay otra posibilidad que <b>el ojo pueda ser</b> ancho con grandes pupilas y la luz se refleje y entre de otra manera tenga mas espacio para moverse y el opturador no sea tan sensible que <b>el ojo sea</b> mas resistente.</p>
M20	<p>El <b>glóbulo ocular de superchicatiene la capacidad de agrandarse o achicarse</b>, dependiendo de la luz que entra en este. Esto favorece a superchia para poder ver cosas a larga distancia. <b>Su pupila también es controlado por ella</b> esta se ajusta para poder ver las cosas desde lejos o ver los microorganismos</p>
H5	<p>En el video se mostraba que superchica tenia <b>una vista muy desarrollada</b> y que podía ver distacias muy largas como también podía ver sus células una por una. <b>Esta super vista</b> que tiene siper chica es grasiasa. Mi predicción: Bueno se este poder superchica lo usa para ver el sol <b>el interior de su ojo</b> se ira quemando poco a poco hasta dejarla con problemas oculares</p>
M18	<p>Yo creo que la factibnilidad de la visión de superchica se debe a la reflexión de la luz en los objetos la cual permite que superchica tenga la factibilidad de <b>ajustar su visión</b> como un microscopio (que necesita al menos 30 cm para ajustarse) y un telescopio (que necesita al menos un metro para ajustarse). La luz <b>ajusta la visión</b> de superchica y en el dia, la pupila de superchica se achica y en la noche la pupila de superchica se agranda como un gato</p>

Por otro lado, podemos analizar los contenidos en cada explicación, para caracterizar aun más este modelo:

**M4**

Cuando Superchica era pequeña su casa se incendió y se quemó sus ojos. Unos científicos y doctores locos usaron la situación de Superchica para transplantarle unos ojos **mecánicos telescópicos y microscópicos, lo cuál funcionó, esos ojos mecánicos están conectados a su cerebro, esto solo funcionó en Superchica.**

Acá se habla directamente de un cambio en el ojo, lo cual haría a la explicación independiente del esquema de visión humana, y más cercana al funcionamiento de un dispositivo tecnológico. Sin embargo, no detalla cómo este dispositivo funciona, sino que se limita a darle las mismas características de los esquemas presentados.

**H14**

Los ojos de superchica **al captar la luz de los objetos**, es capaz de **doblar la luz** de tal manera, que dentro de su ojo se activa una especie de cable óptico, con esto la luz concentrada forma un **telescopio, siendole fácil ver claramente objetos lejanos y cercanos.**

El interior del ojo de superchica **esta compuesto por miles de cristales en forma de diversos prismas que crean el laser de visión.** La Luz entra en **línea recta también se dobla**, gracias a **los espejos que hay en el interior.** Haciendo posible una visión increíble

H14 se refiere a cómo los ojos actúan como receptores de la luz, lo que puede observarse en la oración *“al captar la luz de los objetos”*, aunque no deja entrever de ninguna manera que la luz que viene de los objetos es reflejada y no producida por ellos. Menciona que el ojo de Superchica es capaz de *“doblar la luz”* y que *“la luz entra en línea recta también se dobla”* lo que indica que reconoce la característica de la luz de viajar en línea recta y que si se doblara influiría en la visión. Hace alusión a espejos para que la luz se doble pero no deja claro de qué manera.

**H6**

Yo creo que super chica por el **opturador** de su ojo es lo que hace que vea mas lejos y mas cerca, y que por su cabeza allà un espacio que llege al otro extremos de su cabeza cosa que el ojo quepa en todo ese espacio entre el cerebro, y asi el ojo sea **mas largo de lo normal (3c m)** y tener la capacidad de tener super visión. Por eso super chica por su **opturador desarrollado lo puede ajustar en luz (dia) y noche, regularlo para ver mas lejos y lo normal de un humano** y dentro de su ojo la luz del objeto se refleja y como lo ve más grande esa imagen **pasa por el cristalino de super chica la imagen se da vuelta como de costumbre lo hace el ojo**, se llega hasta el final de ojo, viendo asi super chica mucho más lejos, pero también regularlo asi no ver siempre lejos y ser como una persona normal y solo ocuparlo esa super visión en casos de problemas

H6 atribuye a que el “*opturador*” de Superchica es lo que hace que vea más lejos o más cerca, haciendo la relación entre su ojo y una cámara fotográfica. Alude a que en la cabeza de Superchica hay un espacio capaz de almacenar un ojo que sea más “*largo de lo normal (3 cm)*” demostrando reconocer tanto el tamaño del ojo, como el hecho de que debería ser mas grande (contradicción presentada). Demuestra manejo de conceptos de óptica de geométrica al mencionar que la imagen dentro del ojo se invierte (recepción del cerebro vista en la UD).

**M10**

En un **ojo normal la luz pasa recta** y en el ojo de **superchica la luz se dobla** permitiendo que su vista sea de mas largo alcance. Super chica tenia un ojo con espejos adentro entonces **la luz pasaba al primer espejo, rebotaba al otro y asi sucesivamente**, y **eso permitia que sea mas la distancia de la luz donde se doblaba y** haci super chica tenia una visión de mas largo alcance

M10 menciona que en un ojo normal la luz pasa recta y que en el ojo de superchica la luz se dobla, demostrando reconocer esta característica de la luz. Explica que la distancia que deberá recorrer la luz aumentara con espejos dentro del ojo, aunque no explica como terminaría pasando la luz. No incluye en su modelo la importancia de la refracción, y responsabiliza solo a la reflexión (espejos) por la capacidad de visión de Superchica.

**H2**

Explicación: Superchica posee un super ojo humano y para que sea posible debería **contener un ojo de un metro o un telescopio reflector** pero como no se puede tener un ojo tan grande, puede que su ojo que tiene ella podría tener las **células fotosensibles están hacia el otro lado** y **los rayos de luz etran de otra manera para reflejarse**. Hay otra posibilidad que el ojo pueda ser ancho con grandes pupilas y la luz se refleje y entre de otra manera **tenga mas espacio para moverse** y el opturador no sea tan sensible que el ojo sea mas resistente.

Se presentan una serie de posibles soluciones a partir del mismo modelo: tener un ojo de mayor tamaño para lograr la función telescópica, o simplemente usar otro tipo de telescopio no visto en la UD, que es el de tipo “reflector”, el cual no necesita ser largo para funcionar, sino que ancho. Justifica este aumento de area con la que se recibe la luz en el ojo reordenando las células fotosensibles y dándole más ancho al ojo. Demuestra que su modelo se construye a través de la fusión de lo aprendido en la UD y aquello aprendido en otras clases de ciencias y/o su propio conocimiento.

**M20**

El glóbulo ocular de superchica tiene la capacidad de **agrandarse o achicarse, dependiendo de la luz** que entra en este.  
Esto favorece a superchia para poder ver cosas a larga distancia.  
Su pupila también es controlado por ella esta se ajusta para poder ver las cosas desde lejos o ver los microorganismos

Reconoce en su modelo que el ojo debe cambiar de tamaño para superar la contradicción presentada en la UD. Indica que la pupila también es parte del proceso, pero no llega a aclarar cómo.

**H5**

En el video se mostraba que superchica tenia una vista muy desarrollada y que podía ver **distancias muy largas** como también **podía ver sus células** una por una. Esta super vista que tiene siper chica es grasiosa. Mi predicción: Bueno se este poder superchica lo usa para ver el sol **el interior de su ojo se ira quemando poco a poco hasta dejarla con problemas oculares**

Describe algunas partes del video, pero no da mayores detalles. Utiliza su modelo para predecir daños en el ojo de Superchica, al asociar la calidad de la imagen que recibe con la energía de la onda lumínica implicada (amplitud de la onda electromagnética).

**M18**

Yo creo que la factibnidad de la visión de superchica se debe **a la reflexión de la luz en los objetos** la cual permite que superchica tenga la factibilidad de ajustar su visión como un **microscopio (que necesita al menos 30 cm para ajustarse)** y un **telescopio (que necesita al menos un metro para ajustarse)**. La luz ajusta la visión de superchicay **en el día, la pupila de superchica se achica y en la noche la pupila de superchica se agranda como un gato**

Reconoce que la visión funciona porque los objetos reflejan luz (total o parcialmente), además de demostrar manejar los requerimientos de distancias focales y tamaños para que el telescopio y el microscopio funcionen. También hace alusión al funcionamiento del ojo dependiendo de la cantidad de luz.

En **m1**, fue clasificado el 73% de las explicaciones del estudio (44 personas).

## Modelo DIAGONAL (m2)

Este modelo busca justificar y resolver la problemática planteada, no directamente, sino que a través de caminos alternativos. En la mayoría de los casos, consiste en construir un camino previo a las soluciones del modelo Recto. Su objetivo es buscar la solución más eficiente al problema, no importando si toma más tiempo.

Palabras y Expresiones clave: *alteraciones en el ADN de Superchica, directamente por radiación, o por herencia debido a mutaciones en sus abuelos y padres; por su origen extraterrestre, su anatomía es completamente distinta a la nuestra; el tamaño de su cabeza no es normal. Todos estos cambios, llevan a muchas de las soluciones del modelo A, pero poseen un origen diferente.*

Algunos ejemplos que definen este modelo se presentan a continuación. En ellos se busca la presencia o relación más directa con las Palabras y expresiones clave, y se intenta responder *¿a través de qué está explicando el fenómeno?*

<b>M7</b>	Superchica tiene grandes poderes porque <b>sus abuelos de otro planeta</b> cayeron dentro de un centro radioactivo y <b>altero sus genes</b> , hasta que nace Superchica. Cuando los abuelos caen al centro de radioactividad, la abuela estaba embarazada de su madre, dejando en ella la radioactividad. Superchica por la radioactividad que tienen <b>sus genes</b> modifica sus capacidades aumentándolas. Como la super fuerza, el desplazamiento y la visión. Puede ver con su ojo de 3cm como si fuera de 21cm. La radioactividad logro que Superchica pueda doblar la luz para llegar a su objetivo.
<b>H16</b>	Telescopico El ojo de superchica se desarrollo de tal manera que <b>los atomos extraterrestres que conforman su ojo</b> sirven la capacidad de crear un doble lente ocular a una distancia de 1 metro al frente de su cara pero no se ve ya que esas partículas son muy diminutas (1/100 de atomoaprox). Microscopica El doble lente de superchica permite que el foco objetivo alcance una distancia de 30 cm y sirven una celu-vision que permite ver la celula en una mayor calidad de imagen

<b>M12</b>	<p>Para que Superchica tenga esta vista tendría que tener un ojo muy grande y no sería “normal el tamaño del ojo en a cabeza por lo tanto <b>ella tiene una cabeza lo suficientemente grande para que el ojo se vea normal</b>. El ojo humano lo debería ver con una cabeza no adecuada con su cuerpo pero la cabeza de ella la rodea un liquido (como una crema) que crea una ilucion óptica por lo cual <b>su cabeza se ve normal</b>.</p>
<b>H15</b>	<p>La facilidad de la supervista de superchica es que tiene <b>la cabeza grandecomo de un telescopio que es 1mt</b> gracias a eso ella puede ver mejor y ve cosas a arta distancia. tambien uso algo para que toda la ciudad sea igual a ella para que no haga diferencia</p>

Por otro lado, podemos analizar los contenidos en cada explicación, para caracterizar aun más este modelo:

<b>M7</b>	<p>Superchica tiene grandes poderes porque sus abuelos de otro planeta cayeron dentro de un centro radioactivo y altero sus genes, hasta que nace Superchica. Cuando los abuelos caen al centro de radioactividad, la abuela estaba embarazada de su madre, dejando en ella la radioactividad. Superchica por la radioactividad que tienen sus genes modifica sus capacidades aumentándolas. Como la super fuerza, el desplazamiento y la visión. Puede ver con su <b>ojo de 3cm como si fuera de 21cm</b>. La radioactividad logro que Superchica pueda <b>doblar la luz</b> para llegar a su objetivo.</p>
-----------	--

En el ejemplo, M3 menciona: “su *ojo de 3 cm como si fuera de 21 cm...*”, esto es un indicio de que reconoce que un ojo de 3 cm no podría tener ese tipo de visión y necesita de algo que pueda compensar esta falta de tamaño (justificado por la radioactividad), además explicita que la luz se dobla dentro del ojo para llegar a su objetivo, lo que podría indicar que maneja la característica de la luz de viajar en línea recta, y que de esa característica dependen los tamaños de los aparatos de visión.

<b>H16</b>	Telescopico
	El ojo de superchica se desarrollo de tal manera que los atomos extraterrestres que conforman su ojo sirven la capacidad de crear un <b>doble lente ocular</b> a una <b>distacia de 1 metro</b> al frente de su cara pero no se ve ya que esas partículas son muy diminutas ( <b>1/100 de atomoaprox</b> ).
	Microscopica
	El <b>doble lente</b> de superchica permite que el <b>foco objetivo</b> alcance una <b>distancia de 30 cm</b> y sirven una celu-vision que permite ver la celula en una mayor calidad de imagen

H16 menciona en su explicación que creó “*un doble lente ocular a una distancia de 1 metro al frente de su cara*” reconociendo el tamaño mínimo (largo) que debe tener un instrumento como el telescopio refractor. Luego, para la vista microscópica, nombra el “*foco objetivo*” y la distancia de 30 cm, lo cual indica el mismo manejo de tamaño ya mencionado, esta vez en el telescopio.

<b>M12</b>	Para que Superchica tenga esta vista tendría que tener un ojo muy grande y no sería “normal <b>el tamaño del ojo en a cabeza por lo tanto ella tiene una cabeza lo suficientemente grande para que el ojo se vea normal</b> . El ojo humano lo debería ver con una cabeza no adecuada con su cuerpo pero <b>la cabeza de ella la rodea un liquido (como una crema) que crea una ilucion óptica</b> por lo cual su cabeza se ve normal.

Destaca en su modelo al contradicción del tamaño del ojo, pero destaca más los problemas que Superchica tendría con una cabeza de ese tamaño. No describe lo que pasa con la visión. Sin embargo, su solución final al tamaño de la cabeza demuestra que comprende que la luz puede manipularse (doblar) dependiendo del medio a través del cual pase (refracción).

<b>H15</b>	La facilidad de la supervista de superchica es que tiene la cabeza grande como de <b>un telescopio que es 1mt</b> gracias a eso ella puede ver mejor y ve cosas a arta distancia. tambien uso algo para que toda la ciudad sea igual a ella para que no haga diferencia

H15 para explicar menciona que superchica debe tener una cabeza grande “*como de un telescopio que es 1m*” lo que denota que reconoce la distancia mínima para el funcionamiento de un telescopio. Además, soluciona el hecho de que su cabeza sea de ese tamaño, indicando que todo lo demás a su alrededor es igual de grande “para que no haya diferencia”.

En **m2**, el 20% de las explicaciones del estudio fueron clasificadas (12 personas).

### **Modelo CURVO (m3)**

Este modelo habla de una capacidad de abstracción mayor por parte de la/del estudiante, ya que su enfoque va más allá del mismo problema: busca encontrar qué hace que el problema sea definido como tal. Su objetivo es el de entender las reglas del problema, para poder manipularlas en pro de una nueva solución.

Palabras y Expresiones clave:*dentro de su ojo, la luz no viaja en línea recta; todo en su Universo es más grande; sus cambios anatómicos para hacer posible su visión no son observables por las demás personas.*

Algunos ejemplos que definen este modelo se presentan a continuación. En ellos se busca la presencia o relación más directa con las Palabras y expresiones clave, y se intenta responder *¿a través de qué está explicando el fenómeno?*

<b>M21</b>	<p><b>Las leyes en el planeta de superchica son completamente diferentes a las de nuestro planeta</b>, leyes que, por el hecho de tener superpoderes, puede romper fácilmente, y leyes no tan limitadas como las nuestras, por lo que puede hacer lo que quiera con su visión.</p> <p><b>La luz en su planeta es diferente</b>, cosa que también le da más ventajas para poder ver con mayor facilidad, ya que las partículas/ondas de luz entran a su ojo de una forma diferente, ya sea microscópicamente, normal o telescópicamente, como ella lo desee, acomodando los fotosensibles y sus conexiones nerviosas según sea necesario, sin necesidad de que sus ojos cambien su tamaño, ya que acomoda la entrada de las partículas/ondas de forma que solo puede lograr 3m (aprox) puedan simular 3 cm o 1m</p>
<b>H23</b>	<p>Superchica tiene en su ojo la capacidad <b>de quebrar la luz y doblarla a voluntad</b> permitiéndole ver a larga distancia como a corta distancia. el cerebro de superchica está tan desarrollado que logra manejarlo y seleccionar la manera en la que deba percibir la luz.</p>

Por otro lado, podemos analizar los contenidos en cada explicación, para caracterizar aun más este modelo:

<b>M21</b>	<p><b>Las leyes en el planeta de superchica son completamente diferentes a las de nuestro planeta</b>, leyes que, por el hecho de tener superpoderes, puede romper fácilmente, y leyes no tan limitadas como las nuestras, por lo que puede hacer lo que quiera con su visión.</p> <p><b>La luz en su planeta es diferente</b>, cosa que también le da más ventajas para poder ver con mayor facilidad, ya que <b>las partículas/ondas de luz</b> entran a su ojo de una forma diferente, ya sea microscópicamente, normal o telescópicamente, como ella lo desee, acomodando los fotosensibles y sus conexiones nerviosas según sea necesario, sin necesidad de que sus ojos cambien su tamaño, ya que acomoda la entrada de las <b>partículas/ondas</b> de forma que solo puede <b>lograr 3m (aprox) puedan simular 3 cm o 1m</b></p>
------------	---

En el ejemplo se puede observar que M21 propone que las leyes que rigen la luz en el planeta de Superchica son distintas de las leyes de la luz en la Tierra, y que por tanto esta pueda hacer lo que quiera con su visión. Esto demostraría que la característica de la luz de viajar en línea recta está clara para ella. Otro

concepto posible de observar es el de la dualidad de la luz al mencionar que “*las partículas/ondas de luz...*”, sin embargo no aclara mas adelante si dentro del ojo, esta actúa como onda o como partícula. Por último, comprende la necesidad de tener una mayor distancia para poder enfocar aquello que se ve, lo cual se justifica porque la luz actúa diferente para Superchica. Esto se relaciona directamente con el funcionamiento del telescopio y el microscopio, pues estos necesitan tener ciertas medidas mínimas para su funcionamiento (tal como se presento durante la Exploración).

**H23**

Superchica tiene en su ojo la capacidad **de quebrar la luz y doblarla a voluntad** permitiéndole ver a larga distancia como a corta distancia. el cerebro de super chica esta tan desarrollado que logra manejarlo y selección la manera en la que deba persibir la luz.

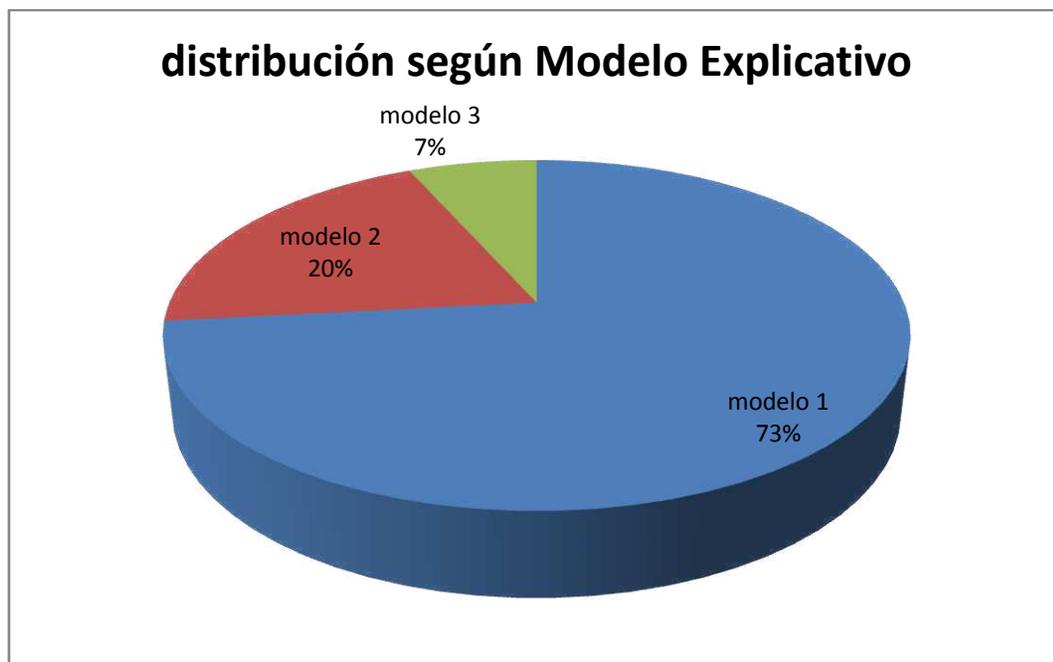
Para el caso de H23 se observa que menciona “*quebrar la luz y doblarla a voluntad...*” lo cual indica que también conoce la característica de la luz de viajar en línea recta, y la responsabiliza por los tamaños mínimos de los aparatos que se analizan. Al eliminar ese problema, elimina las contradicciones de tamaño, y justifica la visión de Superchica, aunque no explica cómo se comporta la luz dentro del ojo en detalle, para lograr el funcionamiento observado.

En **m3** solo el 7% de las explicaciones fueron clasificadas (4 personas).

*“Los modelos explicativos del alumnado suelen ser estáticos, aislados, se basan en la causalidad lineal y son muy deterministas. En contraposición, los modelos explicativos desde la ciencia son complejos puesto que son sistémicos, dinámicos, consideran múltiples escalas, relaciones en el espacio y en el tiempo y presentan multicausalidad y el multiefecto, el azar y la indeterminación como elementos clave.”* (Márquez et al, 2004: 71, extraído de Cáceres, García, González, Orellana, Rivera, 2013: 87)

La distribución total de los participantes del estudio, en función del Modelo Explicativo que utilizaron, queda como sigue:

Grafico 2: distribución de los participantes según Modelo Explicativo



Como puede deducirse a partir de las descripciones de cada modelo, estos poseen un nivel ascendente de complejidad, debido a la abstracción necesaria para construir una explicación que termine enmarcada en uno de ellos. Este aumento en la complejidad responde a estructuras mentales y asociaciones que posee/hace el estudiante al momento de construir la explicación solicitada

(Bahamonde, 2006, p. 24 citado en Arzola, Muñoz, Rodríguez y Camacho, 2011). Es así, que los modelos explicativos son interpretaciones del razonamiento del estudiantado para dar respuesta a un hecho científico o biológico (Alluralde y Salinas, 2007 en Cáceres, García González, Orellana y Rivera, 2013).

Los investigadores mantienen el supuesto de que como los conceptos propios de las y los estudiantes son compartidos por grupos de diferentes características (Driver, 1986; Pintó et al., 1996; Prieto Ruz et al., 1997 citados en Alurralde y Salinas, 2007), era de esperar que haya grupos de estudiantes que compartan un mismo modelo explicativo. También conjeturamos que en sus estructuras cognitivas pueden coexistir modelos diferentes, que se ponen en juego como respuesta a diferentes contextos del problema. De ahí que en el análisis puedan encontrarse a veces explicaciones con presencia de más de un modelo<sup>20</sup>, pero que posean uno predominante.

---

<sup>20</sup> Puede verse en el Corpus (Anexo 2) cómo las explicaciones poseen presencia de varios modelos, pero que se terminan clasificando según el modelo predominante.

## b) Caracterización según Tipo

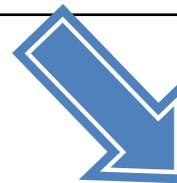
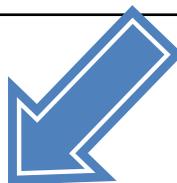
Al contrario de los modelos, el caracterizar según tipo no responde a un grupo de palabras clave, sino que al resultado que arrojó en cada caso la pauta de explicación aplicada por los investigadores en cada explicación. Para caracterizar cada explicación según *Tipo*, los pasos fueron los siguientes:

1. Cada explicación fue sometida a la Pauta de Explicación Científica, en forma separada, por cada uno de los investigadores de este Seminario.

M3

La super visión de Superchica. Ella puede ver objetos que estén a muchos km. de la Luna puede ver cosas que suceden en la Tierra) y ver objetos microscópicos (su propias C, por ejemplo). Para explicar este “fenómeno”, podríamos decir que tenía una naturaleza diferente, que ella podía manejar voluntariamente su obturador, como lo hace con sus brazos y piernas, dejando pasar más luz cuando ella lo necesita y menos luz cuando lo necesite, esto es para ver con mayor claridad las cosas según la distancia del objeto. Lo segundo que creo, es que tenía un ojo microscópico, el cual se usa para ver C, por lógica, es más pequeño, y otro ojo telescópico, para ver, objetos lejanos y muy lejanos XD, el ual es más largo. Esto obviamente le producía ver borroso, lo cual no es tan factible. La última, es que ella fue abducida por extraterrestres (de Marte XD) que hicieron un experimento con ella, implementando algún “chip” en su cerebro (en la parte que puede “manejar” la visión) y éstos, mediante una máquina, manejaban la visión de Superchica. Podría haber sido la última, no podríamos ser los únicos en el universo =O.

21



### Investigador 1

*Pauta de Explicación Científica*

Descripción (¿cómo se comporta el fenómeno?)	1	2	3	4	5
Detalla la situación de forma pertinente					
Posee claridad en su descripción					
<b>Interpretación (¿de qué se compone el fenómeno?)</b>					
Identifica los conceptos científicos involucrados					
Da la importancia adecuada a cada parte del fenómeno					
<b>Causas (¿por qué el fenómeno se comporta así?)</b>					
Posee claridad en los conceptos y modelos					
Aprovecha sus propios conocimientos científicos					
<b>Predicción (¿qué pasaría si...?)</b>					
Analiza nuevos contextos					
La propuesta de solución es válida					

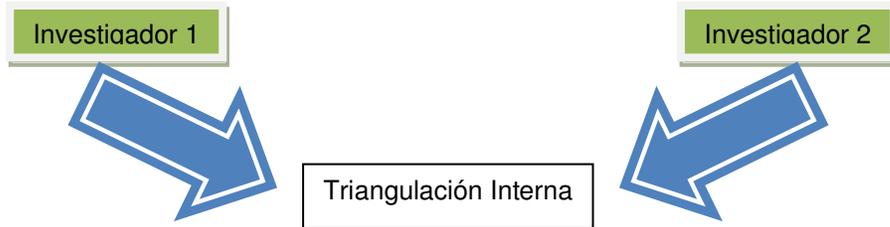
### Investigador 2

*Pauta de Explicación Científica*

Descripción (¿cómo se comporta el fenómeno?)	1	2	3	4	6
Detalla la situación de forma pertinente					
Posee claridad en su descripción					
<b>Interpretación (¿de qué se compone el fenómeno?)</b>					
Identifica los conceptos científicos involucrados					
Da la importancia adecuada a cada parte del fenómeno					
<b>Causas (¿por qué el fenómeno se comporta así?)</b>					
Posee claridad en los conceptos y modelos					
Aprovecha sus propios conocimientos científicos					
<b>Predicción (¿qué pasaría si...?)</b>					
Analiza nuevos contextos					
La propuesta de solución es válida					

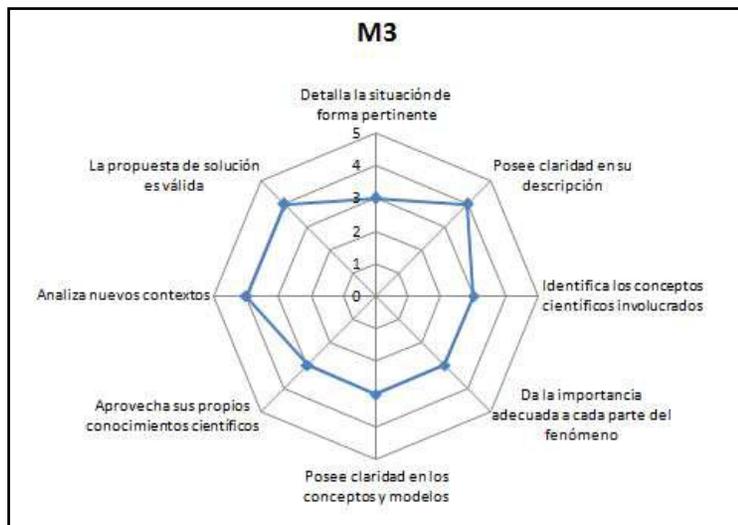
<sup>21</sup> “C” quiere decir “célula”

2. Las pautas de cada estudiante fueron validadas internamente.



Descripción (¿cómo se comporta el fenómeno?)	1	2	3	4	5	
Detalla la situación de forma pertinente			x			3
Posee claridad en su descripción				x		4
<b>Interpretación (¿de qué se compone el fenómeno?)</b>						
Identifica los conceptos científicos involucrados			x			3
Da la importancia adecuada a cada parte del fenómeno			x			3
<b>Causas (¿por qué el fenómeno se comporta así?)</b>						
Posee claridad en los conceptos y modelos			x			3
Aprovecha sus propios conocimientos científicos			x			3
<b>Predicción (¿qué pasaría si...?)</b>						
Analiza nuevos contextos				x		4
La propuesta de solución es válida				x		4

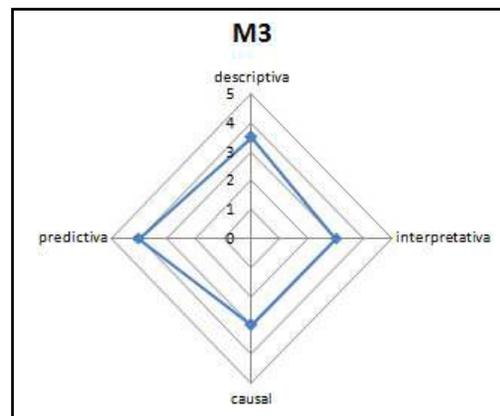
3. A partir de cada Pauta generada, se dibujaron gráficos de tipo araña, para destacar los indicadores más sobresalientes.



4. A cada tipo de Explicación se le asignó un puntaje (promedio de los puntajes de cada uno de sus indicadores) y se construyó otra tabla.

TIPO	promedio descriptores
descriptiva	3,5
interpretativa	3
causal	3
predictiva	4

5. En base a esta última tabla, se dibujó otro gráfico de araña para observar en forma simple cuál es el o los tipos de Explicación Científica en donde dicha explicación sobresalía.



En el caso mostrado, la explicación M3 es predictiva (T4) con calificación 4. Esta calificación cumple la finalidad de entregar información del nivel respecto a todas las explicaciones que posean el mismo tipo. Por ejemplo, siguiendo el proceso anterior:

**M4** Cuando Superchica era pequeña su casa se incendió y se quemó sus ojos. Unos científicos y doctores locos usaron la situación de Superchica para transplantarle unos ojos mecánicos telescópicos y microscópicos, lo cuál funcionó, esos ojos mecánicos están conectados a su cerebro, esto solo funcionó en Superchica.



TIPO	promedio descriptores
descriptiva	2
interpretativa	1
causal	1,5
predictiva	2,5

**H4** Superchica una gran combatiente del mal, que puede ver tan lejos como ver a una familia de paseo comiendo en la tierra desde la luna (380.000.000), o ver despues de combatir si sus celulas estan dañadas, pero ¿Cómo hacer posible esto? A continuacion presentare mi idea de la super visión de superchica. Mi idea sobre este fenómeno es que ella pude cambiar el medio dentro de su ojo hacerlo mas denso o hacerlo menos denso, o también puede que en su ojo hay una sustancia que se ajusta para doblar la luz cuanto ella quiera para poder ver más lejos o más cerca (refracción). Esto quiere decir que si ella estuviera en algún punto del espacio podría de tal forma doblar la luz dentro de su ojo para poder ver un punto cualquiera de la tierra, o si a su computador le fallara el procesador, miraría el procesador y sabría exactamente cual es el problema.



TIPO	promedio descriptores
descriptiva	3
interpretativa	4
causal	3,5
predictiva	4,5

M3, M4 y H3 son de tipo T4, pero M3 se calificó con 4, M4 con 2,5 y H4 con 4,5. Con esto vemos que, incluso dentro de cada tipo de explicación, hay diferencias de complejidad, siendo 5 la calificación máxima para cada tipo.

Como ya hemos descrito en el marco teórico y en el plan de análisis cada explicación científica es una construcción en evolución constante. Cada tipo de explicación que ya hemos definido (descriptiva, interpretativa, causal y predictiva), la entendemos como un ordenamiento o *pasos a seguir* para entregar una explicación científica. Ahora bien, este ordenamiento no es al azar, puesto que esta escalonado, es decir, cada tipo de explicación científica se vuelve más complejo, siguiendo el orden desde lo más bajo, como la explicación descriptiva hasta lo más alto en la explicación predictiva.

Por otro lado, esta caracterización no es excluyente, puesto que perfectamente puede existir una explicación de tipo predictivo que sea capaz de relacionar los conceptos científicos asociados al fenómeno que se quiere explicar (causal) y

por supuesto en la construcción de esta explicación pueden o no estar incluidas los otros dos tipos explicaciones (descriptiva e interpretativa).

Durante la caracterización, hubo explicaciones caracterizadas según 1 tipo, 2, 3 y hasta los 4 tipos por igual, debido a la calificación final de los indicadores. Surge la pregunta entonces, que sigue: ¿cómo definimos cuál es más compleja que otra si existen explicaciones que combinan más de un tipo? Acá unos ejemplos:

**M1**

TIPO	promedio descriptores
descriptiva	2,5
interpretativa	2
causal	1,5
predictiva	2,5

**H3**

TIPO	promedio descriptores
descriptiva	4,5
interpretativa	4
causal	4
predictiva	4,5

**M32**

TIPO	promedio descriptores
descriptiva	3
interpretativa	2,5
causal	3
predictiva	3

**H21**

TIPO	promedio descriptores
descriptiva	3
interpretativa	3
causal	2,5
predictiva	3

Es de suma importancia mencionar que los casos donde las explicaciones resultaron ser de 3 tipos o más, se eligió privilegiar los dos tipos más altos, porque como la explicación es una construcción que evoluciona en el tiempo, se valora aquello que hace que la explicación sea de mayor nivel.

Los ejemplos anteriores M32 y H21 serán entonces, respectivamente

TIPO	promedio descriptores
descriptiva	3
interpretativa	2,5
causal	3
predictiva	3

TIPO	promedio descriptores
descriptiva	3
interpretativa	3
causal	2,5
predictiva	3

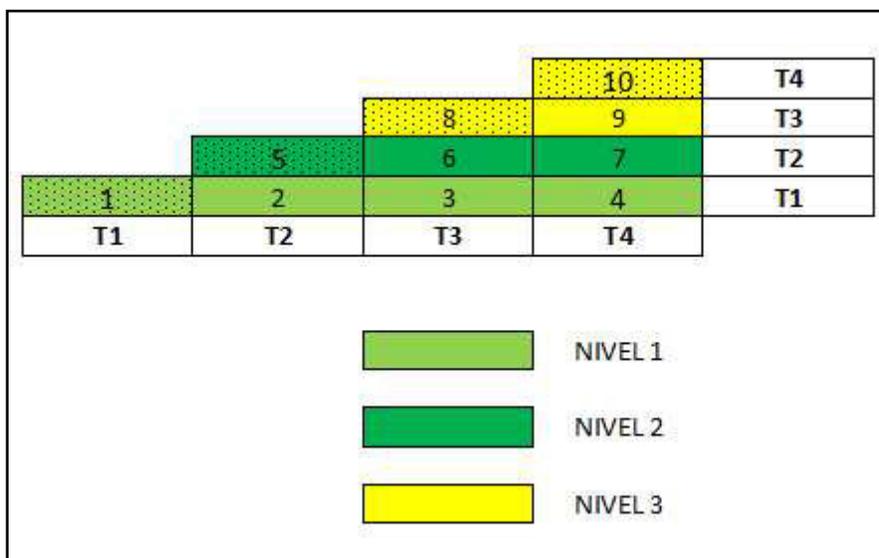
TIPO	promedio descriptores
descriptiva	3
interpretativa	2,5
causal	3
predictiva	3

TIPO	promedio descriptores
descriptiva	3
interpretativa	3
causal	2,5
predictiva	3

M32 ahora será Causal-Predictiva (T3-T4) y H21 será Interpretativa-Predictiva (T2-T4).

Tomando en consideración estos casos y para poder definir los niveles de complejidad de todas las explicaciones, según el tipo, se diseñó un esquema donde los distintos tipos de explicación se cruzan, y que permitió definir 3 niveles de complejidad, en función del tipo de combinación.

Esquema nº6: nivel de complejidad de las explicaciones, según tipo



El esquema construido funciona de la siguiente manera:

- Una explicación debe ubicarse en la casilla que corresponda al cruce de sus tipos. Por ejemplo, una explicación T3-T2 se ubica en la casilla 6.
- Cada color representa un nivel de complejidad. La estructura escalonada permite reconocer rápidamente las explicaciones más complejas.
- Las zonas punteadas (zonas 1, 5, 8 y 10) contienen a las explicaciones que son de 1 solo tipo.

En detalle, cada zona del esquema se define de la siguiente forma:

**Nivel 1:**

Se define el *nivel 1* (n1) de clasificación según tipo de explicación científica, como aquel que encierra a todas las explicaciones de tipo 1, o aquellas de las cuales 1 de sus 2 tipos es del tipo 1. Según el esquema puede observarse que en este nivel hay presencia de los otros tipos de explicación, pero se deben recordar dos cosas: primero, que la calificación dada a cada tipo, sirve solo de comparación con aquellas en su mismo nivel, y segundo, que la explicación es

una construcción propia que crece y evoluciona. Por ejemplo, una calificación de 3 en una explicación de este nivel, aunque tenga presencia descriptiva (t4-t1), sigue siendo de nivel 1, ya que el o la estudiante está dedicando gran parte de su atención a la etapa más básica de una explicación científica, que es la descripción. El estudiantado, en su búsqueda de mejorar sus explicaciones, debe aumentar el nivel de complejidad, reconociendo y aplicando más conceptos científicos, y aprovechándolos en una mejor predicción basado en esos conceptos. Veamos algunos ejemplos:

<b>M8 (T1)</b>	<p>Yo creo que la "Super chica", tenía lentes de contacto creados por algun científico loco. <b>¿Cómo se comporta el fenomeno? "Super chica" tenía el fenomeno de la visión telescópica que hacía que todo objeto que estuviera a mayor distancia lo viera con claridad y la visión microscópica que la usaba para ver los objetos con mayores detalles. Por ejemplo en la vision telescópica podía mirar cuando lleaba su hermano en una nave, y un ejemplo de la vision microscópica es que podía ver las celulas de una flor o sus propias celulas.</b></p> <p>¿De qué se compone el fenomeno? Creo yo que este fenomeno se compone por unos lentes de contacto que tenía, uno de la vision telescópica y otro lente con la vision microscópica, estos lentes tenían las misma cosas que los telescopios pero, más diminuta eran lentes para poder hacercar las cosas y verlas mejor. ¿Porqué el fenomeno se comportaba así? Este fenómeno se comportaba asi ya que estos lentes tenían las mismas cosas que los telescopios (visión telescópica, vision microscópica) pero más pequeñas, en el vidrio del lente esta todo. "Si pudieramos crear un lente como los de super chica, podriamos experimentar el fenomeno de la super visión"</p>
--------------------	--

Explicación bien estructurada, ya que se dedica a responder las preguntas que definen cada tipo de explicación. Sin embargo, dedica mayor atención a describir en detalle todo aquello que vió en el video (texto **verde**) por sobre identificar y justificar con claridad los conceptos científicos, donde solo indica que "los lentes de contacto" que permitían ver así a Superchica "tienen las mismas cosas que los telescopios y los microscopios", con lo que al parecer se refiere a las aplicaciones del principio de refracción, que no menciona en ninguna parte.

<b>H1 (T1)</b>	<b>La pupila de Superchica se agranda y se achica</b> para así medir la distancia entre un objeto y otro, por lo cual Superchica puede ver desde la luna a la tierra o una flor con sus células
--------------------	---

Explicación centrada en describir aquello que se observa en el video. La propuesta de solución (texto **verde**) no se describe, sino que se limita solo a mencionar cómo se presenta en el video.

<b>M16 (T3-T1)</b>	Yo creo que la vista de superchica es provocada gracias a <b>cada parte de sus ojos cumple una función en especial las cuales pueden ser de manera microscópica y telescópica.</b> Sus ojos no son los normales comparados a los del ser humano, ya que al salir al espacio exterior puede mantenerlo dentro de su cráneo
------------------------	--

Acá vemos también como se intenta incluir conceptos físicos, pero no pasa de ser una descripción débil del fenómeno, y de sus aplicaciones. La propuesta de solución habla de “mantenerlo dentro de su cráneo” lo cual habla de la contradicción del tamaño del ojo de Superchica. Acepta la contradicción encontrada en la etapa de Exploración y tratada durante la Elaboración, pero no describe nada al respecto.

<b>M1 (T4-T1)</b>	A mi parecer la posibilidad de superchica se debe a un accidente ocurrido en su niñez o al nacer. Tal vez superchica al nacer no poseía ningún dote, hasta que un unicornio lastimó <b>su pupila y su iris</b> . Dejándola sin visión la que fue restaurada mediante una reparación mágica creada por un hada que reparó su iris y provocó que su pupila tuviera mayor alcance de <b>dilatación y contracción</b> y que <b>su foco objetivo se expandiera</b> provocando ver objetos más pequeños a largo alcance. Al crecer superchica su visión fue cada vez más poderosa ya que ejerció su vista de largo alcance hasta llegar a ver partículas microscópicas
-----------------------	---

Describe en detalle su propuesta de solución, y a pesar de las justificaciones “mágicas”, da la correcta importancia a cada parte del ojo como responsables de la visión de Superchica. Reconoce que un cambio en el “foco” del lente “objetivo” (aunque no reconoce al cristalino como ese lente) cambiará la distancia máxima de visión.

### H3 (T4-T1)

Super chica es una supereroe muy especial. Gracias a su vista, ya que puede ver a grandes distancias como de la tierra a la luna con claridad y sin esfuerzo. Y tambien puede ver a nivel celular, por ejemplo ve sus celula si estan dañadas despues de pelear. **En el ojo de ella las ondas electromagneticas llegarian al cristalino y el cambio de densidad (refraccion) cambia su direccion** y luego por el funcionamiento basico del ojo ello puede ver ya que el cerebro proyecta lo que se ve y **la distancia al foco define si puede ver a mayor distancia o puede ver a nivel celular o nanotecnologia**. Si yo pudiese obtener la "super vista" seria muy util para la astronomia ya que ayudaria mucho a observar y analizar los alrededores de la tierra ya que la super vista puede ver hasta la luna. osea grandes distancias o ayudar en la biologia. poder observar el cuerpo humano a fondo ya que la super vista puede ver a nivel molecular. seria un gran aporte para la ciencia.

Reconoce una serie de propiedades del ojo como responsables de la supervisión de Superchica, como el cristalino y su densidad, la cual determina el índice de refracción y el ángulo con el cual la luz se dobla al pasar por él. También reconoce que el foco "del ojo" da cuenta de la distancia máxima de visión. Sin embargo, no relaciona los conceptos físicas que reconoce, sino que los presenta en forma aislada uno del otro.

#### **Nivel 2:**

Se define el *nivel 2* (n2) de clasificación según tipo de explicación científica, como aquel que encierra a todas las explicaciones que destacan en el reconocimiento de los conceptos científicos del fenómeno, más allá que solo describirlo. El estudiantado, en su búsqueda de mejorar sus explicaciones, debe ser capaz de relacionar los conceptos que reconozca en el fenómeno con todo aquello visto en clases, o en el caso de este Seminario, con la Etapa de Exploración de la UD. Si bien en esta etapa existe Predicción, su relación con los conceptos carece de una aplicación adecuada de los mismos, cayendo algunas veces, en contextos de análisis inválidos para el fenómeno. Veamos algunos ejemplos:

**H8  
(T2)**

El ojo que tiene debe tener un lente con zoom o que tenga un ojo robotico conectado al cerebro. La pupila tendría que tener un zoom mucho mayor que el hombre o el ojo tendría que medir mas de 16 cm para poder ver mas lejos talvez tiene un microscopio en un ojo y un telescopio en otro. La conlucion es que **el ojo debería ser mucho mas grande que 3 cm tendría que ser de 16 cm para ver distancias extremas** por ej: ver de la luna a una familia comiendo en el campo o ver células de una planta. Lo que vemos aquí que el ojo capto luz o lo que ve el ojo lo pone al revez y el cerebro lo da vuelta.

Enfocada en reconocer conceptos, esta explicación enfatiza la contradicción de tamaño del ojo de Superchica, dando posibles valores para darle consistencia a su especial visión. Al mismo tiempo, describe algunas aplicaciones vistas en el video, pero no las detalla. Termina con una descripción general de cómo el cerebro humano forma las imágenes, lo cual da muestra de su conocimiento (ya sea por la etapa de Exploración, o por sus conocimientos previos).

**M34  
(T3-T2)**

Superchica podía ver a largas distancias ya que su ojo funcionaba como un opturador, capturaba los hechos a kilómetros de distancia. Su ojo se comportaba como la dualidad de la luz porque quizás **entre mayor sea la amplitud de la onda, mas intensa es la imagen** y asi poder visualizar ya sea cloroplastos, microcircuitos o personas a una larga distancia.

Explicación que llega al siguiente tipo de abstracción (T3), donde reconoce que la luz es una onda (y que presenta comportamiento “dual”), relaciona la “amplitud” de esta onda con la energía implicada (intensidad) y justifica que la imagen que ve Superchica sea más nítida. Sin embargo, no explica cómo esta imagen originalmente viene con mayor energía, ya que eso no es una propiedad del ojo, sino que del objeto desde donde viene la luz.

**H21  
(T4-T2)**

Según mi criterio, la explicación de superchica (su vision) se basa prácticamente en la **refracción en uno de sus ojos y en el otro ojo** que tiene puede alcanzar una mayor conexión con el cerebro.

El cerebro de superchica le manda señales de acercamiento a su ojo, y allí la pupila del ojo se agranda y el cerebro le manda otra señal al primer ojo para que active el fenómeno de refracción.

Y asi es como ocurre según mi criterio.

Reconoce que la refracción es la responsable de la visión humana, y responsabiliza la mayor capacidad de visión a una “mejor conexión” entre las células fotosensibles del ojo y el cerebro. Describe que la pupila cambia de tamaño para regular las imágenes, aunque no explica correctamente su funcionamiento (cantidad de luz que entra al ojo). Indica que la refracción no es “absoluta” en el ojo, sino que puede variar según la necesidad de Superchica (“el cerebro le manda otra señal al primer ojo para que active el fenómeno de refracción”).

<b>M29 (T4-T2)</b>	Al ser del planeta kriptón la luz puede ser doblada y <b>la medida que tendría sería superior al metro</b> , eso explica la mirada telescópica y microscópica que posee. Superchica debe ver las cosas a <b>mas de 25 cm para poder ver las cosas nítidamente</b> , eso explica como cuando observo los cloroplastos de la planta, la tenía a cierta distancia para poder ver con su vista microscópica.
------------------------	--

Reconoce también la contradicción de tamaño, entregando un posible tamaño real de un ojo, para lograr tal capacidad de visión, sin embargo, no detalla más esta contradicción, ni *responde por qué el ojo en el video no se ve más grande*. Además, indica la distancia focal del ojo humano, y explica correctamente que si algo se pone a una distancia menor, se pierde la nitidez.

### **Nivel 3:**

Se define el *nivel 3* (n3) de clasificación según tipo de explicación científica, como aquel que encierra a todas las explicaciones que, más allá de reconocer los conceptos científicos involucrados, los relaciona y aplica correctamente para predecir contextos nuevos y válidos para el fenómeno. Veamos algunos ejemplos:

<b>M32 (T4-T3)</b>	<p><b>El globo ocular de superchica tiene la capacidad de alargarse y contraerse, llegando a un largo de un metro;</b> ella tiene el control sobre este cambio de forma.</p> <p>Pero al explicar lo anterior nace otra interrogante, ¿Como puede superchica meter en su cabeza (de aprox. 20 cm) un globo ocular de un metro?</p> <p>Los seres humanos usamos un 10% del cerebro, y el otro 90% esta pacticamente sobrando, entonces superchica tiene solo un 10% de un cerebro normal pero con la diferencia que este 10% lo usa completo. En <b>el espacios libre</b> que queda dentro de su cabeza están sus globos oculares.</p>
------------------------	--

Explicación que como otras, reconoce la contradicción de tamaño del ojo de Superchica, pero que además, indica que es el ojo completo el que cambia de tamaño (hasta “un” metro). A pesar de que no describe cómo se comporta la luz dentro del ojo de Superchica, la validez de esta explicación radica en su nivel de abstracción a la hora de plantear su solución: en la cabeza hay “espacio sin utilizarse por el cerebro” y dicho espacio “pueden ubicarse sus globos oculares más grandes de lo normal”.

<b>H22 (T4-T3)</b>	<p>Recordando que superchica no es humana yo le doy la siguiente explicación al fenómeno.</p> <p>Dado a que super-chica es alienígena, ella tiene una anatomía distinta a la nuestra y eso le permite, <b>al llegar las ondas/partículas de luz a sus ojos, modificar su recorrido a voluntad propia (30cm. Si requiere mirada microscópica ó 1m mirada telescópica).</b></p> <p>Como no conocemos la <b>densidad</b> que tiene, interiormente, el ojo de super-chica, es muy probable que <b>una de las básicas reglas de la luz pueda ser violada.</b></p>
------------------------	--

Se reconoce la dualidad onda/partícula de la luz, y se responsabiliza a la densidad del ojo en la modificación de su recorrido. Indica además, mediante la contradicción del tamaño del ojo, los tamaños necesarios para que pueda funcionar como un telescopio o un microscopio, pero sin explicar cómo funcionan estos cambios de tamaño. Finalmente, justifica estos cambios, indicando que “una de las reglas básicas de la luz” que es la de que siempre viaja en línea recta (contenidos presentes en la UD) puede ser violada al interior del ojo, con lo cual la luz no se comportará como se indicó en la etapa de Exploración.

**M11  
(T4)**

Es imposible o casi imposible que un ser humano tenga esa visión, se tendría que modificar **el ADN en la visión** (específicamente) para desarrollar su visión como un telescopio y microscopio, además de **ajustar su visión a la cantidad de luz (como los gatos)** o compuesto de **algún material más denso y la luz entrara de forma diferente** tal vez podría realizarse su visión, ¿Qué pasaría si la visión de superchica fuera real? R= Se tendría que modificar el ADN para así modificar su visión

Esta explicación se enfoca en dar solución al fenómeno, y en la validez de dicha solución. Da justificaciones biológicas a sus habilidades de visión, pero reconoce que la cantidad de luz que entra al ojo define la calidad de la imagen que reciben las células fotosensibles. Finalmente, adjudica el comportamiento de la luz dentro del ojo de Superchica a su densidad, reconociendo la refracción en él, y a que “un material más denso” provoca que la luz “entre de forma diferente” a su ojo.

**H4  
(T4)**

Superchica una gran combatiente del mal, que puede ver tan lejos como ver a una familia de paseo comiendo en la tierra desde la luna (380.000.000), o ver después de combatir si sus células están dañadas, pero ¿Cómo hacer posible esto? A continuación presento mi idea de la super visión de superchica. Mi idea sobre este fenómeno es que **ella puede cambiar el medio dentro de su ojo hacerlo más denso o hacerlo menos denso**, o también puede que en su ojo hay una sustancia que se ajusta para doblar la luz cuanto ella quiera para poder ver más lejos o más cerca (refracción). Esto quiere decir que si ella estuviera en algún punto del espacio podría de tal forma doblar la luz dentro de su ojo para poder ver un punto cualquiera de la tierra, o si a su computador le fallara el procesador, miraría el procesador y sabría exactamente cuál es el problema.

Describe con detalle las aplicaciones del fenómeno y cómo se comportaría en otros contextos fuera de los del video. Responsabiliza la visión de Superchica a la capacidad que tiene su ojo de “cambiar la densidad” del “medio” que tiene dentro para “doblar la luz cuanto ella quiera para poder ver más lejos o más cerca”. Esta solución carece de una mayor justificación, pero posee mayor validez para la enseñanza de la física, debido al manejo del concepto de la refracción.

Finalmente, la distribución según nivel (Tipo) de las explicaciones de los 60 participantes, quedó como sigue:

Tabla n°6: niveles de explicación según tipo

		M2-M3-M6-M7-M10-M11-M12-M31		T4
		H2-H4-H5-H7-H9-H10-H11-H14-H15-H18-H23-H24		
			M32-M33	T3
			H22	
		H8	M34	T2
			M29	
			H21	
M4-M5-M8-M9-M13-M14-M18-M19-M21-M23-M25-M26-M27-M28-M35-M36			M1-M15-M17-M20-M24	T1
H1-H6-H12-H13-H16-H17-H25		M16-M30	H3-H19-H20	
T1		T2	T3	T4

### c) Distribución General de Tipos y Modelos

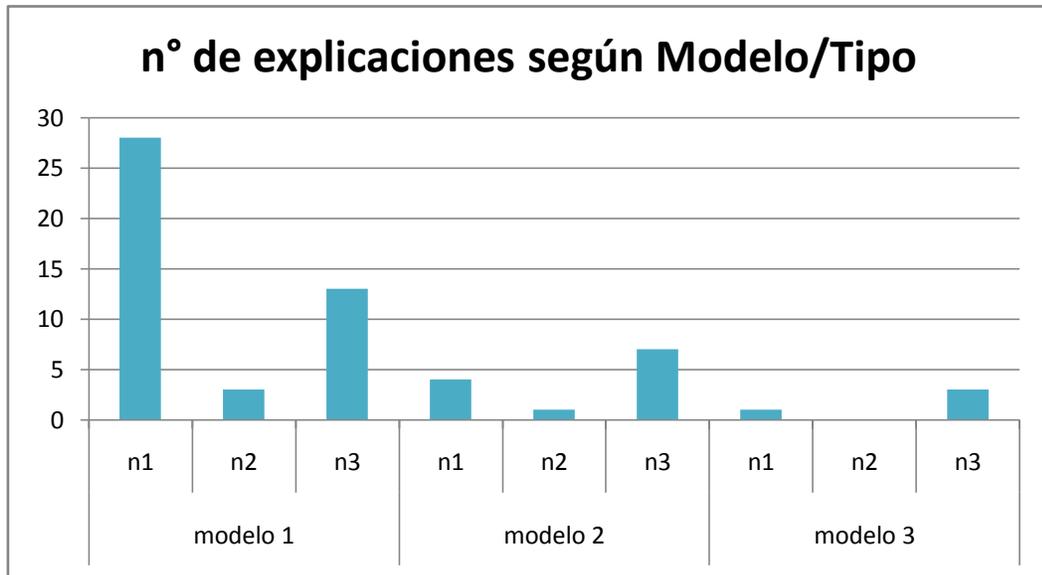
Se resumen a continuación, los resultados de la caracterización general según tipo y modelo de las explicaciones científicas, para un total de 60 explicaciones:

Tabla n°7: resumen de caracterizaciones según Modelos Explicativos y Niveles en cada uno

modelo 1			modelo 2			modelo 3		
n1	n2	n3	n1	n2	n3	n1	n2	n3
28	3	13	4	1	7	1	0	3
44			12			4		

Tabla a partir de la cual se dibuja el siguiente gráfico:

Gráfico n°3: resumen de caracterizaciones según Modelos Explicativos y Niveles en cada uno



De la tabla podemos observar que:

- En el **modelo 1**, fueron clasificadas cuarenta y cuatro (44) explicaciones del estudio de un total de sesenta (60) donde: veintiocho (28) alcanzaron el *nivel 1 de complejidad según tipo*, tres (3) alcanzaron el *nivel 2* y trece (13) alcanzaron el *nivel 3*.
- En el caso del **modelo 2**, doce (12) explicaciones fueron clasificadas de un total de sesenta (60) de las cuales: cuatro (4) alcanzaron el *nivel 1 de complejidad según tipo*, una (1) alcanzó el *nivel 2* y siete (7) alcanzaron el *nivel 3*.
- En el **modelo 3** fueron clasificadas cuatro (4) explicaciones de un total de sesenta (60) donde: una (1) pertenece al *nivel 1 de complejidad según tipo*, no existen explicaciones de *nivel 2* y tres (3) alcanzaron el *nivel 3*.

Basados en estos datos, podemos deducir que:

- Del total de explicaciones se puede observar que la mayor parte de ellas, un 73% (44), se encuentra asociada al **modelo 1**, mientras que en el **modelo 2** se concentra el 20% (12) y en el **modelo 3** un 7% (4).

Por lo tanto:

- La mayor parte de las explicaciones se concentra en los modelos menos complejos (1 y 2) y la menor en el modelo más complejo (3)
- A medida que la complejidad de modelos aumenta, la concentración de explicaciones disminuye
- A mayor complejidad de modelos, la concentración de explicaciones a niveles de complejidad según tipo más complejos aumenta.

Se puede observar que:

- en el **modelo 1**, hay un 63,64% explicaciones en el *nivel 1*, 6,82% en el *nivel 2* y 29,54% en el *nivel 3*.
- en el **modelo 2**, hay un 33,3% explicaciones en el *nivel 1*, 8,4% en el *nivel 2* y 58,3% en el *nivel 3*.
- en el **modelo 3**, hay un 25% de explicaciones en el *nivel 1*, no existen explicaciones en el *nivel 2* y un 75% en el *nivel 3*.

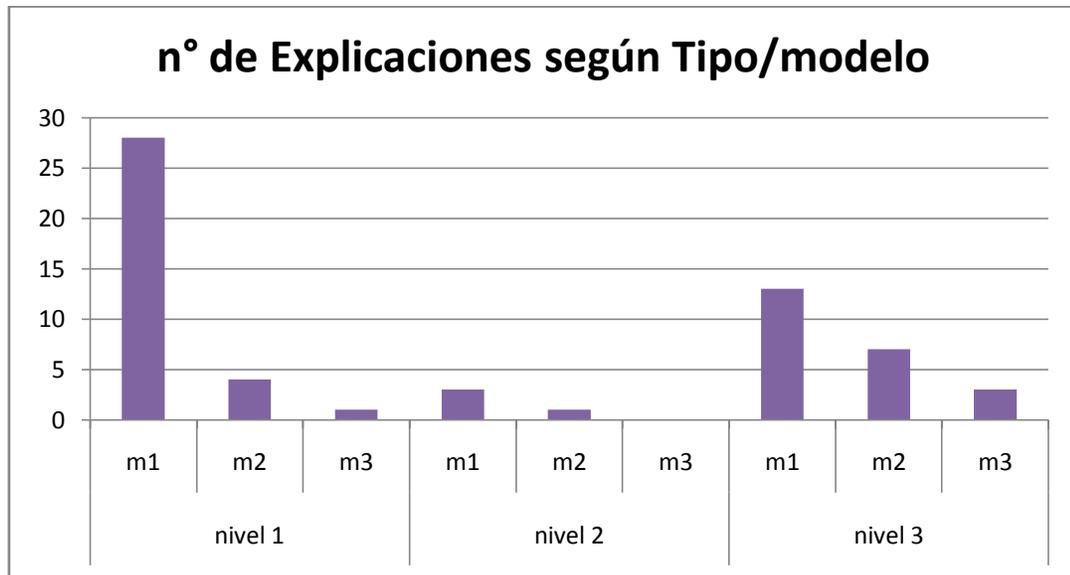
Análogamente, puede realizarse el mismo análisis de las explicaciones, desde el nivel (según tipo) de las mismas:

Tabla nº8: resumen de caracterizaciones según Niveles y Modelos Explicativos en cada uno

nivel 1			nivel 2			nivel 3		
m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
28	4	1	3	1	0	13	7	3
33			4			23		

Tabla a partir de la cual se dibuja el siguiente gráfico:

Gráfico n°4: resumen de caracterizaciones según Niveles y Modelos Explicativos en cada uno



De la tabla podemos observar que:

- En el **nivel 1 de complejidad según tipo**, fueron clasificadas treinta y tres (33) explicaciones del estudio de un total de sesenta (60) donde: veintiocho (28) fueron enmarcadas en el *modelo 1*, cuatro (4) en el *modelo 2* y una (1) enmarcada en el *modelo 3*.
- En el caso del **nivel 2 de complejidad según tipo**, cuatro (4) explicaciones fueron clasificadas de un total de sesenta (60) de las cuales: tres (3) fueron enmarcadas en el *modelo 1*, una (1) en el *modelo 2* y no hubo explicaciones en el *modelo 3*.
- En el **nivel 3 de complejidad según tipo** fueron clasificadas veintitrés (23) explicaciones donde: trece (13) están enmarcadas en el *modelo 1*, siete (7) enmarcadas en el *modelo 2* y tres (3) enmarcadas en el *modelo 3*

Basados en estos datos, podemos deducir que:

- En la categorización según nivel del total de explicaciones se puede observar que la mayoría (55%) (33), alcanzo el **nivel 1** de complejidad total según tipo

un mientras que el 7% (4) alcanzaron el **nivel 2** y 38% (23) alcanzaron el **nivel 3**.

Por lo tanto:

- La mayor parte de las explicaciones se concentra en el nivel 1 (55%) y el nivel 3 (38%), es decir un 93% de las explicaciones pertenece al nivel 1 y 3
  - el 7% de las explicaciones pertenecen al nivel 2 de complejidad según tipo
  - la menor parte de las explicaciones se preocupa por explicar las causas (como se relacionan los conceptos científicos) del fenómeno (t2 y t3).
- A medida que los niveles de complejidad aumentan no necesariamente aumenta el número de explicaciones en modelos más complejos.

Esto se puede observar, ya que:

- en el nivel 1, hay un 84,85% explicaciones en el modelo 1, 12,12% en el modelo 2 y 3,03% en el modelo 3.
- en el nivel 2, hay un 75% explicaciones en el modelo 1, 25% en el modelo 2 y no existen explicaciones en el modelo 3.
- en el nivel 3, hay un 56,52% explicaciones en el modelo 1, 30,44% en el modelo 2 y 13,04% en el modelo 3.

Es conveniente aclarar que, como se ha visto en los últimos gráficos, las caracterizaciones según tipo y modelo no son excluyentes entre sí, es decir, un tipo específico no está relacionado con un solo modelo. Las combinaciones son libres y solo dependen de la misma explicación.

#### 4.2.2 Distribución de Tipos y Modelos según Sexo

Definir una forma absoluta de comparar las explicaciones de hombres y mujeres, más allá de los tipos y modelos, se hace necesaria a partir de esta etapa. Antes de presentar la solución a esa problemática, creada por los investigadores, se presenta como primer acercamiento al análisis según sexo al cual se desea llegar, un resumen de la información presentada hasta ahora:

Tabla n°9: resumen de distribución de Tipos y Modelos según Sexo

tipo de explicación	Hombres	Mujeres	Total		modelo explicativo	Hombres	Mujeres	Total
n1	10	23	33		m1	19	25	44
n2	2	2	4		m2	3	9	12
n3	13	10	23		m3	3	1	4

Ya hemos mencionado que una explicación no es una construcción absoluta, sino que va evolucionando durante todo el proceso de aplicación de la UD según su tipo. Esta va haciéndose cada vez más compleja porque pertenece a un tipo más complejo. Sin embargo, 2 explicaciones presentadas desde distintos modelos explicativos, también tendrán distintos niveles de abstracción. Extendiendo entonces los resultados presentados en la tabla n°9, no pueden caracterizarse las explicaciones científicas de las y los participantes solamente desde su Tipo o su Modelo explicativo. Es necesaria una caracterización *conjunta*, donde Tipos y Modelos (no excluyentes entre si) puedan combinarse para generar un análisis más acertado de las explicaciones científicas de las y los participantes, según su sexo.

Aparece entonces, como la mejor estrategia para analizar la complejidad de las explicaciones, el definir una *complejidad total*, cruzando el nivel (según tipo) y la abstracción (según modelo). Utilizando ambas caracterizaciones, se podrá

definir una escala absoluta de complejidad, a través de la cual, finalmente, se hará el análisis de las explicaciones científicas según sexo.

### **4.3 Complejidad Total**

La caracterización según Tipo nace desde el Marco Teórico; son los mismos productos (explicaciones) los cuales son construidos, respondiendo los enfoques propios de algún Tipo (ver...). Esta caracterización cambió a medida que se desarrolló la UD, haciéndose cada vez más compleja. Se desarrolla con la persona que la genera, durante la clase.

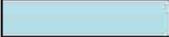
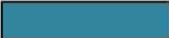
Pero los modelos explicativos nacen de la persona misma, del cruce de su conocimiento intuitivo y el conocimiento científico que la UD le entrega. Este conocimiento científico entregado posee un carácter coeducativo, pero el intuitivo que el o la estudiante posee, no ha sido definido completamente en la clase. El principal responsable del conocimiento intuitivo de cada estudiante es el contexto sociocultural en el cual está inmerso, es decir, de aquello que ha aprendido/asimilado fuera del contexto de la clase. En otras palabras, el conocimiento intuitivo es definido desde el género de cada estudiante. Y este no puede cambiarse mediante la aplicación de esta UD.

Luego, una explicación será de mayor nivel si, a través de la UD, logra evolucionar a tipos más complejos, o sea, aumenta su *nivel según tipo*. Para representar esta evolución, se diseñó un nuevo esquema, donde se realizó el cruce entre los 3 niveles de explicación según tipo y los modelos según complejidad. A continuación se presenta dicho esquema:

Esquema n°7: categorías de complejidad Total de las Explicaciones

n3	7	8	9
n2	4	5	6
n1	1	2	3
	m1	m2	m3

	CATEGORÍA 1
	CATEGORÍA 2
	CATEGORÍA 3

El esquema construido funciona de la siguiente manera:

- Una explicación debe ubicarse en la casilla que corresponda al cruce de su nivel según tipo (ver Tabla n°4) y el modelo donde está encasillado. Por ejemplo, una explicación **n3** que esté en **m2** debe ir en la casilla **5**.
- Cada color representa una categoría de complejidad total superior. Por lo tanto, es de esperar que las explicaciones más complejas y que requieran mayor abstracción, irán acercándose a la casilla **9**.
- Las zonas punteadas (zonas 1 y 9) contienen a las explicaciones extremas: las menos y las más complejas.

En detalle, cada zona del esquema (y el cómo una explicación podría evolucionar según esta nueva caracterización de complejidad), se define de la siguiente forma:

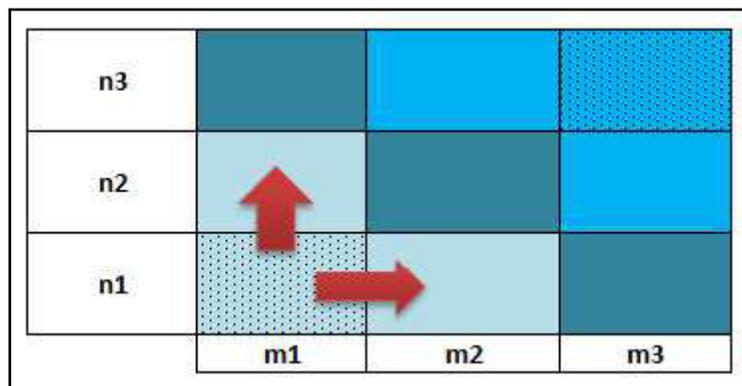
### **Categoría 1:**

La categoría más básica del esquema de complejidad total. Acá se ubican todas las explicaciones de nivel 1 (según tipo) enmarcadas en los modelos 1 y 2, junto con las de nivel 2 (según tipo) pertenecientes al modelo 1.

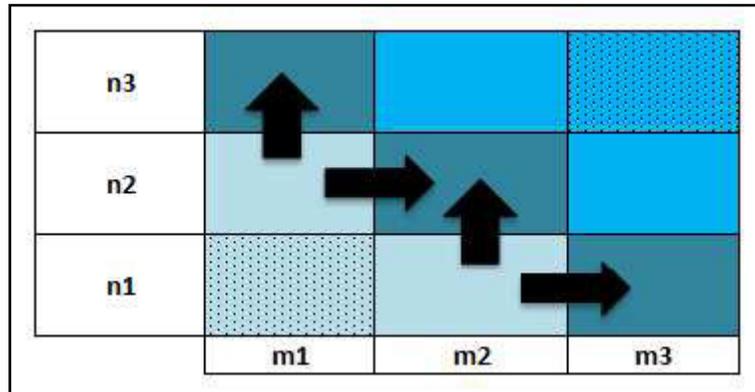
El nivel de complejidad total de esta categoría es el menor por dos razones:

1 - abarca las explicaciones enmarcadas en el modelo menos abstracto (modelo 1), y que llegan a un nivel (según tipo) en el que las y los estudiantes solamente reconocen los conceptos científicos, sin relacionarlos con el fenómeno.

2 - abarca las explicaciones enmarcadas también en el modelo 2, pero que no superan el nivel de explicación descriptivo (nivel 1 según tipo), es decir, que solo se limitan a describir el fenómeno, sin aumentar mayormente su complejidad.



**Flechas Rojas:** una explicación puede aumentar su complejidad, ya sea reconociendo los conceptos científicos involucrados (aumentar de nivel según tipo), o directamente pasando a un modelo más complejo (m2).



**Flechas negras:** una explicación puede salir de esta categoría y pasar a la siguiente, relacionando los conceptos científicos previamente reconocidos y aplicarlos en un nuevo contexto (aumentar de nivel según tipo - vertical). Otra forma sería cambiando de modelo (m2), y manteniendo el nivel de reconocimiento de los conceptos científicos involucrados (avance horizontal). La tercera forma sería, a partir del nivel más básico (según tipo) enmarcado en m2, aumentar el nivel de la explicación científica (según tipo), reconociendo los conceptos científicos involucrados (vertical). La última forma sería, sin superar la descripción (nivel 1 según tipo), cambiar directamente al modelo explicativo más complejo (m3).

### **Categoría 2:**

La categoría media del esquema de complejidad total. Acá se ubican todas las explicaciones de nivel 1 (según tipo) enmarcadas en m3, las de nivel 2 (según tipo) enmarcadas en m2, y las de nivel 3 (según tipo) enmarcadas en m1.

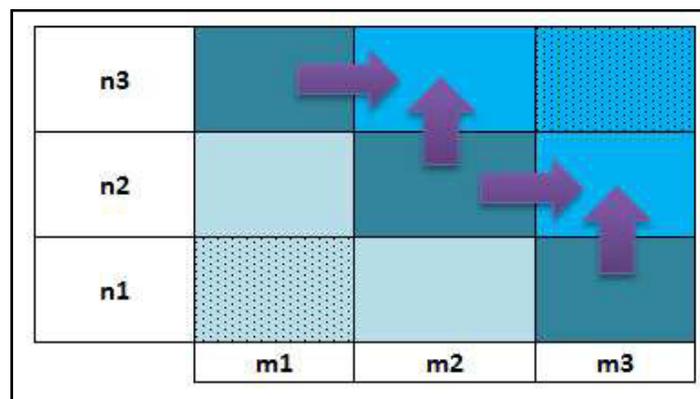
El nivel de complejidad total de esta categoría quedó definido en nivel medio por las siguientes razones:

1 – a través de los procesos anteriormente descritos (flechas negras), puede accederse a ella a partir de la categoría 1.

2 – abarca las explicaciones que, aunque enmarcadas en el modelo más abstracto de explicación (m3), no superan el nivel 1 de explicación científica (según tipo), es decir, que no pasan de una descripción del fenómeno.

3 – abarca las explicaciones que reconocen los conceptos científicos del fenómeno (nivel 2 según tipo), enmarcadas en m2. Aunque el modelo es más complejo, no relaciona los conceptos reconocidos con su propio conocimiento.

4 – abarca las explicaciones que relacionan los conceptos científicos reconocidos, con el fenómeno (nivel 3 según tipo) y además son capaces de aplicarlos en nuevos contextos, pero bajo m1, que corresponde al menos complejo de los 3 modelos.



**Flechas moradas:** una explicación puede salir de esta categoría y pasar a la siguiente, si, ya aplicando los conceptos científicos reconocidos, cambia el modelo de explicación (a m3). Otra forma sería el aumentar de nivel según tipo, relacionando y aplicando los conceptos científicos reconocidos, conservando el mismo modelo de explicación; o manteniendo el nivel de la explicación, según tipo y solamente cambiando el modelo explicativo a m3. La cuarta forma sería, enmarcado en ese mismo modelo, aumentar el nivel de la explicación (según tipo), pasando de la descripción del fenómeno (nivel 1), a reconocer los conceptos científicos involucrados en el mismo (nivel 2).

### **Categoría 3:**

La categoría más alta del esquema de complejidad total. Acá se ubican todas las explicaciones de nivel 2 (según tipo) enmarcadas en m3, y las de nivel 3 (según tipo) enmarcadas en m2 y m3.

El nivel de complejidad total de esta categoría resultó ser el más alto, debido a las siguientes razones:

1 – a través de los procesos anteriormente descritos (flechas moradas), puede accederse a ella a partir de la categoría 2.

2 – abarca las explicaciones de mayor nivel (3 según tipo), enmarcadas en m2. Debido a que en estas explicaciones se relacionan y aplican los conceptos científicos en nuevos contextos, estas poseen el mayor nivel de complejidad, y al estar dentro de m2, requiere un mayor nivel de abstracción que el modelo anterior.

3 – abarca las explicaciones enmarcadas en m3, desde el nivel 2 al 3 (según tipo). En otras palabras, son las explicaciones de mayor complejidad según tipo y modelo de explicación científica en el esquema. Relacionan y aplican los conceptos científicos reconocidos en nuevos contextos, enmarcadas en el modelo más abstracto de explicación del fenómeno.

Finalmente, la distribución total de las explicaciones de los 60 participantes según *complejidad Total*, se verá como sigue:

Tabla n°10: complejidad total de las explicaciones científicas de las y los Participantes

<b>n3</b>	M2-M6-M10-M31-M32 H2-H4-H5-H7-H10-H11-H14- H24	M3-M7-M11-M12-M33 H9-H15	H18-H22-H23
<b>n2</b>	M34 H8-H21	M29	
<b>n1</b>	M1-M4-M5-M8-M9-M13- M14-M16-M17-M18-M20- M24-M25-M26-M27-M28- M30-M35-M36 H1-H3-H6-H12-H13-H17- H19-H20-H25	M15-M19-M23 H16	M21
	<b>m1</b>	<b>m2</b>	<b>m3</b>

Ya con este esquema, podemos hacer los primeros análisis respecto a la complejidad de las explicaciones, y obtener algunas observaciones:

- La mayoría de las y los estudiantes, no es capaz de llegar a la categoría 3 de complejidad, ya que se quedan enmarcad@s en m1, que es el menos abstracto.
- El número de explicaciones en las primeras 2 categorías se inclina hacia las mujeres.
- En la categoría 3, la cantidad de explicaciones no se inclina a ningún sexo. Es más, la presencia de cada uno es del 50%.

#### 4.4 Análisis Según Sexo de las Explicaciones Científicas

Definido ya el método para comparar y analizar las explicaciones de hombres y mujeres, se procede a presentar los análisis que los investigadores realizaron desde el sexo, con respecto a cada Tipo, Modelo y Categoría de este Seminario.

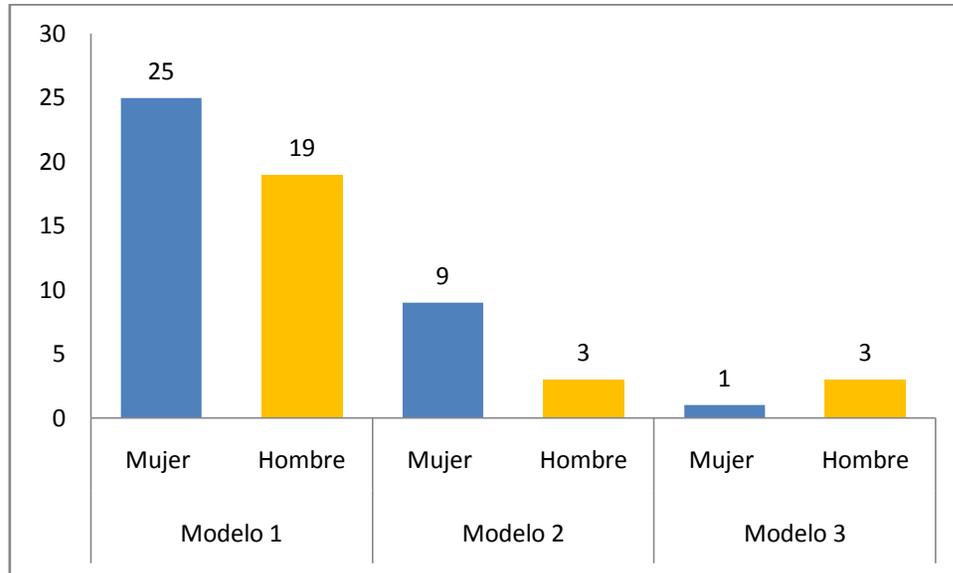
En particular, no se analizará la distribución de Sexo según el nivel de las explicaciones (según Tipo), ya que el análisis que enmarca de mejor manera la información, viene hecho desde los Modelos Explicativos Construidos, ya que son estos los que dan cuenta de cómo las y los estudiantes están razonando frente a la situación problemática.

##### 4.4.1 Presencia de Mujeres y Hombres en un Modelo Determinado

Tabla n°11: distribución de Sexo según Modelo Explicativo

Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre
25	19	9	3	1	3
44		12		4	
57%	43%	75%	25%	25%	75%

Gráfico n°5: distribución de Sexo según Modelo Explicativo



De la tabla podemos observar que:

- De un total de cuarenta y cuatro (44) personas enmarcadas en el **modelo 1**, 57% (25) son mujeres y un 43% (19) son hombres.
- De un total de doce (12) personas enmarcadas en el **modelo 2** el 75% (9) de ellas son mujeres y un 25% (3) son hombres.
- De un total de 4 personas enmarcadas en el **modelo 3**, el 25% (1) son mujeres y un 75% (3) son hombres.

Basados en estos datos, podemos deducir que:

- Para los modelos 1 y 2, que según nuestra clasificación son los menos complejos, se observa que existe una mayor presencia de mujeres (25 y 9 respectivamente) que de hombres (19 y 3).

- Si bien para los modelos menos complejos existe una mayor presencia de mujeres que de hombres, para el modelo 1 existe una diferencia porcentual de 14% (7 personas) y para el modelo 2 existe una diferencia porcentual de 50% (2 personas).

- En el modelo 1 es mayor la cantidad de personas de diferencia entre hombres y mujeres, pero porcentualmente, en este modelo se puede

observar que hay una distribución más homogénea entre hombres y mujeres que en los otros modelos, basados en el 14% de diferencia que existe.

- En el modelo 2 existen 2 personas de diferencia entre hombres y mujeres, pero porcentualmente la diferencia es muchísimo mayor que en el modelo 1, siendo de un 50% favoreciendo a las mujeres.

- Para el modelo 3, que según nuestra clasificación es el más complejo, se observa una mayor presencia de hombres (3) que de mujeres (1).

- Para el modelo 3, el más complejo, existe una diferencia porcentual de un 50% (2 personas), favoreciendo a los hombres.

- En el modelo 3 existen también 2 personas de diferencia y porcentualmente la diferencia también es de un 50%, pero en este caso favorece a los hombres.

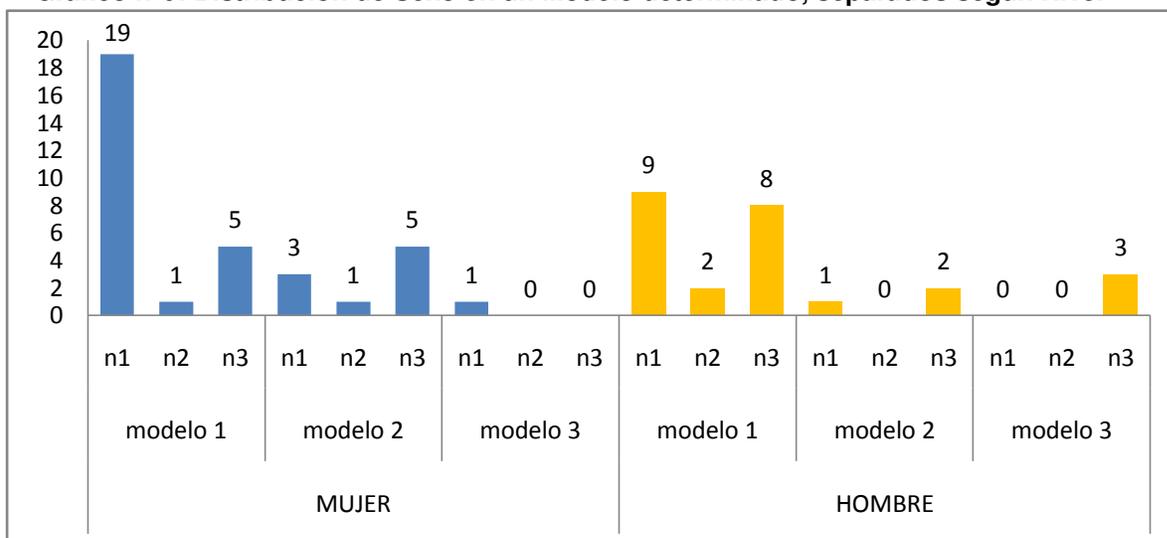
#### 4.4.2 Presencia de un Sexo en los Tipos y Modelos, comparados con el total de los Participantes

##### 4.4.2.1 Distribución de Sexo en un Modelo determinado, separados según Nivel

Tabla nº12: Distribución de Sexo en un Modelo determinado, separados según Nivel

Sexo	MUJER									HOMBRE								
modelo	modelo 1			modelo 2			modelo 3			modelo 1			modelo 2			modelo 3		
nivel	n1	n2	n3	n1	n2	n3	n1	n2	n3	n1	n2	n3	n1	n2	n3	n1	n2	n3
n° de explicaciones	19	1	5	3	1	5	1	0	0	9	2	8	1	0	2	0	0	3
	25			9			1			19			3			3		
	35									25								
Sexo en el modelo c/r al total del Sexo	71,43%			25,71%			2,86%			76%			12%			12%		
Sexo en cada Nivel (según Modelo) c/r al total del Sexo en el Modelo	76%	4%	20%	33%	11%	56%	100%	0%	0%	47%	11%	42%	33%	0%	67%	0%	0%	100%

Gráfico nº6: Distribución de Sexo en un Modelo determinado, separados según Nivel



a) De la tabla podemos observar que:

- De un total de 35 mujeres, 71, 43% (25) pertenecen al **modelo 1**, un 25,71% (9) al **modelo 2** y un 2,86% (1) al **modelo 3**.
- De un total de 25 hombres, 76% (19) pertenecen al **modelo 1**, 12% (3) al **modelo 2** y 12% (3) al **modelo 3**.

Basados en estos datos, podemos deducir que:

- A medida que aumenta la complejidad de los modelos, el número de personas va disminuyendo.

- Tomando los modelos 1 y 2 como los menos complejos, el 97,14% de las mujeres se concentra en ellos mientras que tan solo el 3% de ellas lo hace en el modelo más complejo.

- A pesar de que en el modelo 2 hay más mujeres que hombres, ambos están distribuidos en casi los mismos porcentajes según el nivel (tipo) de explicación. Este modelo, a pesar de no ser el más presente (no es la respuesta más directa), si es el más homogenizado en cuanto a sexo (en cuanto a porcentajes).

- Si bien se observa un mayor porcentaje de hombres en el modelo 1 (76%) para los modelos 2 y 3 la concentración de hombres es la misma (12%), si tomamos los modelos 1 y 2 como modelos menos complejos, el 88% de los hombres se concentra ahí mientras que tan solo el 12% lo hace en el modelo más complejo. Es decir la menor parte de los hombres logra llegar al modelo más complejo.

- Para ambos sexos el menor porcentaje, respecto a la cantidad total de mujeres y de hombres respectivamente, es para el modelo 3.

*b) De la misma tabla podemos observar, por otro lado, que:*

- De un total de 25 mujeres en el **modelo 1** el 76% (19) alcanzó el nivel 1 de complejidad según tipo, 4% (1) alcanzó el nivel 2 y un 20% (5) alcanzó el nivel 3.
- De un total de 9 mujeres en el **modelo 2** el 33% (3) alcanzó el nivel 1, el 11% (1) alcanzó el nivel 2 y un 56% (5) alcanzó el nivel 3.
- De un total de 1 mujer en el **modelo 3**, el 100% (1) alcanzo el nivel 1 de complejidad total según tipo, no existiendo presencia de mujeres en los otros niveles.
- De un total de 19 hombres en el **modelo 1** el 47% (9) alcanzó el nivel 1 de complejidad según tipo, 11% (2) alcanzó el nivel 2 y 42% (8) alcanzo el nivel 3.
- De un total de 3 hombres en el **modelo 2** el 33% (1) alcanzó el nivel 1 de complejidad según tipo, no hay presencia de hombres en el nivel 2 y 67% (2) alcanzo el nivel 3.
- De un total de 3 hombres en el **modelo 3** el 100% (3) alcanzó el nivel 3 de complejidad según tipo no existiendo presencia de hombres en los niveles 1 y 2.

Basados en estos datos, podemos deducir que:

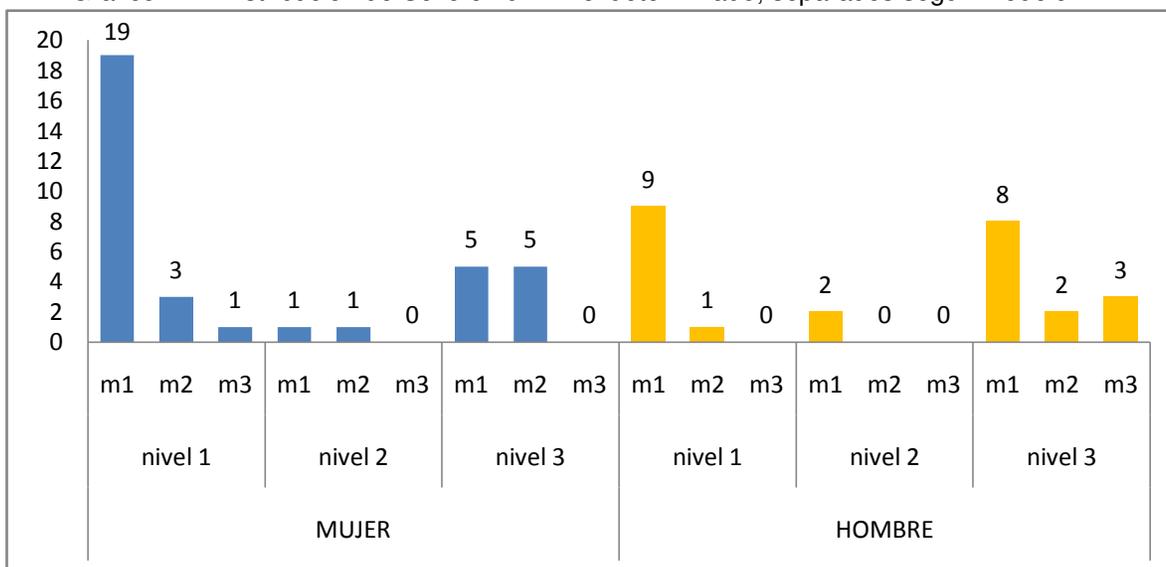
- Comparando los modelos 1 y 2, la distribución es similar para ambos modelos, en el caso de ambos sexos. En el modelo 1 y 2 la mayoría de personas se concentra en el nivel 1 de complejidad según tipo, seguido del nivel 3, mientras que la minoría se concentra en el nivel 2.
- Comparando el modelo 3 se puede observar que las concentraciones son absolutas (el 100% de las explicaciones), siendo para la mujer en el modelo 3 clasificada en el nivel 1 y para los hombres en el modelo 3 se concentra en el nivel 3.

#### 4.4.2.2 Distribución de Sexo en un Nivel determinado, separados según Modelo

Tabla nº13: Distribución de Sexo en un Nivel determinado, separados según Modelo

Sexo	MUJER									HOMBRE								
Nivel	nivel 1			nivel 2			nivel 3			nivel 1			nivel 2			nivel 3		
Modelo	m1	m2	m3															
n° de explicaciones	19	3	1	1	1	0	5	5	0	9	1	0	2	0	0	8	2	3
	23			2			10			10			2			13		
	35									25								
Sexo en cada Nivel c/r al Total del Sexo	70%			50%			43%			30%			50%			57%		

Gráfico n°7: Distribución de Sexo en un Nivel determinado, separados según Modelo



De la tabla podemos observar que:

- De un total de 33 personas que alcanzaron el **nivel 1 de complejidad según tipo**, el 70% (23) son mujeres y el 30% (10) son hombres.
- De un total de 4 personas que alcanzaron el **nivel 2 de complejidad según tipo**, el 50% (2) son mujeres y el 50% (2) hombres.
- De un total de 23 personas que alcanzaron el **nivel 3 de complejidad según tipo**, el 43% (10) son mujeres y el 57% (13) son hombres.

Basados en estos datos, podemos deducir que:

- A medida que aumentan los niveles de complejidad según tipo, va disminuyendo la presencia de mujeres y aumentando la de los hombres.
- La diferencia entre la cantidad de hombres y mujeres en el nivel 1 es de 13 personas favoreciendo a las mujeres, porcentualmente esto equivale a una diferencia del 40% del total de personas de ese nivel.

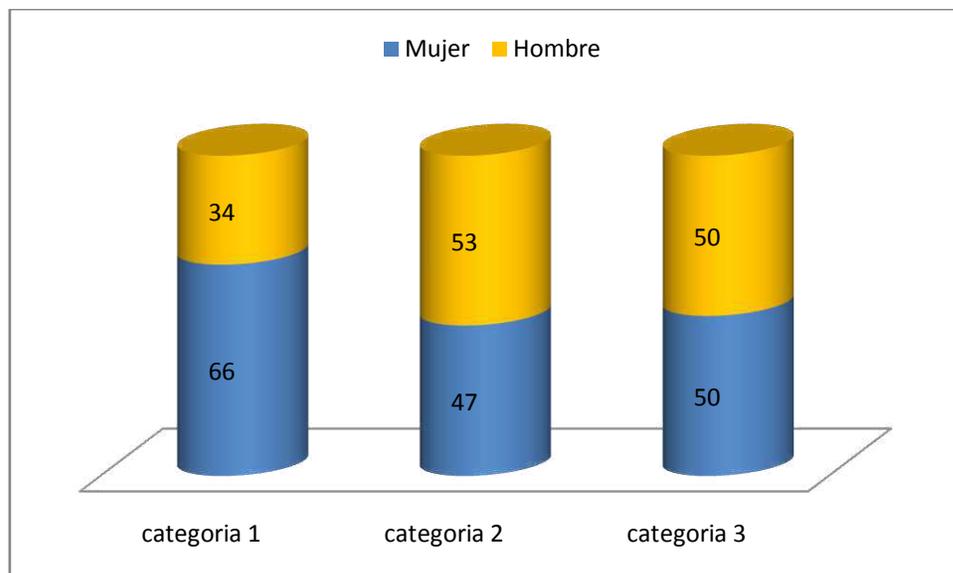
- No existe diferencia entre la cantidad de hombres y mujeres en el nivel 2.
- La diferencia entre la cantidad de hombres y mujeres en el nivel 3 es de 3 personas favoreciendo a los hombres, porcentualmente esto equivale a una diferencia del 14% del total de personas de ese nivel.

#### 4.4.3 Distribución de Sexo según Categoría de Complejidad Total

Tabla n°14: Distribución de Sexo según Categoría de Complejidad Total

	Porcentajes (%)		
	categoría 1	categoría 2	categoría 3
Mujer	66	47	50
Hombre	34	53	50

Gráfico n°8: Distribución de Sexo según Categoría de Complejidad Total



Del total de 60 personas del estudio:

- 35 personas (58% del total) fueron clasificadas en la primera categoría de complejidad total, siendo un 66% (23) mujeres y un 34% (12) hombres

- 15 personas (25% del total) fueron clasificadas en la segunda categoría de complejidad total, siendo un 47% (7) mujeres y un 53% (8) hombres.
- 10 personas (17% del total) fueron clasificadas en la tercera categoría de complejidad total, siendo un 50% (5) mujeres y un 50% (5) hombres.

- A medida que la categoría aumenta de complejidad, la distribución entre hombres y mujeres se homogeniza.
  - en la categoría 1, aparecen 23 mujeres (66% de la categoría) y 12 hombres (34% de la categoría).
  - en la categoría 2, aparecen 7 mujeres (47% de la categoría) y 8 hombres (53% de la categoría).
  - en la categoría 3, aparecen 5 mujeres (50% de la categoría) y 5 hombres (50% de la categoría).
- En la categoría más compleja de explicación, se observa que existe la misma cantidad de hombres que de mujeres. Sin embargo, hay más hombres que mujeres en el modelo explicativo 3.

## 5. CONCLUSIONES

Recordemos que el objetivo General de este trabajo de Seminario es el de *“analizar las explicaciones científicas escolares acerca del comportamiento de la luz en el ojo, el telescopio refractor y el microscopio, según el sexo, después de la aplicación de una propuesta didáctica de carácter coeducativo basada en la Ciencia Ficción Feminista”*. Debido a su carácter amplio y global, se decidió separarlo en 4 objetivos específicos que fueron los siguientes:

- 1) *Elaborar y validar una Unidad didáctica de carácter coeducativo que incorpora elementos de la Ciencia Ficción Feminista, para la enseñanza-aprendizaje del comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio, en 1° año Medio.*
- 2) *Identificar y caracterizar las explicaciones científicas respecto al comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio, a través de los distintos Tipos de explicación científica, según el sexo.*
- 3) *Interpretar los Modelos explicativos, según el sexo, acerca del comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio, que emergen después de la aplicación de la Unidad didáctica elaborada.*
- 4) *Identificar cuáles son los aportes y limitaciones de una propuesta didáctica de carácter coeducativo que incorpora elementos de la Ciencia Ficción Feminista, en las explicaciones científicas escolares.*

Los cuales bajo el criterio de los investigadores, engloban todo aquello que se desea lograr con el objetivo General. Las ventajas de esta *fisión*<sup>22</sup> del objetivo General pueden enlistarse como sigue:

- Permite separar el trabajo de Seminario en áreas de acción bien definidas.
- Incluye los conceptos teóricos principales en esta investigación: el Tipo de Explicación y los Modelos Explicativos.
- Destaca el análisis de las explicaciones según el sexo.
- Busca el diseño y validación de una UD de carácter coeducativo, para generar verdaderos aportes a la problemática nacional, respecto a la competencia “explicar científicamente”.
- Al ser cada objetivo claro y definido, permite generar planes para cumplirlos. Luego, al cumplirse cada uno de los objetivos específicos, puede considerarse cumplido el objetivo General, aludiendo a la famosa lógica de resolución de problemas de Enrico Fermi<sup>23</sup>.

Por esta última característica, se ha decidido separar este capítulo de Conclusiones en función de los objetivos específicos, para finalizar con el objetivo general. Se pretende además, generar una serie de discusiones teóricas que puedan nacer a partir de los resultados obtenidos de esta investigación, y en lo posible, ser un aporte verdadero al campo de la didáctica de la física en los tiempos modernos, donde la alfabetización tecnológica es fundamental para todos los seres humanos, independiente de su sexo o su género.

---

<sup>22</sup> División espontánea o inducida de un núcleo atómico pesado e inestable.

<sup>23</sup> Físico italiano (1901 – 1954), conocido por su trabajo en el “Chicago Pile-1” el primer reactor nuclear y por sus contribuciones a la teoría cuántica, la nuclear, la física de partículas y la mecánica estadística. Era conocido por resolver problemas “imposibles” al descomponerlos en una serie de otros más simples de respuesta fácilmente obtenible (Palacios, 2011).

Finalmente, se responderá la pregunta de investigación que ha motivado todo este trabajo en función de los resultados obtenidos y los análisis realizados a partir de los mismos, para luego contrastar esa respuesta, con los supuestos teóricos iniciales.

1) *ELABORAR Y VALIDAR UNA UNIDAD DIDÁCTICA DE CARÁCTER COEDUCATIVO QUE INCORPORA ELEMENTOS DE LA CIENCIA FICCIÓN FEMINISTA, PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL COMPORTAMIENTO DE LA LUZ EN EL OJO HUMANO, EL TELESCOPIO REFRACTOR Y EL MICROSCOPIO, EN 1º AÑO MEDIO.*

El trabajo didáctico de este Seminario se hizo desde la perspectiva del Modelo Cognitivo de Ciencia, es decir, que la elaboración de la UD presentada debió responder a este Modelo.

Izquierdo (1999) plantea la ciencia como una actividad humana de construcción en conjunto, en comunidad, a través de la cual se juzga qué está bien y qué está mal en cada respuesta, mediante un sistema de valores aceptado como verdadero. Esta axiología nace de las reglas establecidas para la explicación, que a su vez nacieron del video de Superchica y de los contenidos de la clase (refracción). Los investigadores pudieron observar que durante los procesos de explicación y retroalimentación de la UD, las y los estudiantes muchas veces trabajaron en conjunto, preguntando y aclarando dudas. Los mismos investigadores, en ese contexto “los docentes aplicadores”, guiaron algunas explicaciones.

La ciencia escolar se define como una “tecnociencia” (Izquierdo, 1999) ya que la construcción de conocimientos nació de un saber-hacer, de una mezcla entre la respuesta creativa, el aprendizaje y una estructura explicativa.

Puede identificarse en una unidad enmarcada en el Modelo Cognitivo de Ciencia tres partes principales: la meta, el método y el campo de aplicación. Efectivamente estas pueden verse en la UD elaborada por los investigadores, en sus siguientes aspectos:

- *la meta* es la de construir conocimiento a través de que las y los estudiantes expliquen un fenómeno relacionado con la física,

contextualizado desde la ciencia ficción feminista, lo que les permitiría interpretar un mundo que si bien no es real, debería ceñirse a las leyes de la física que conocemos (Izquierdo, 1999). A este mundo de ciencia ficción pueden darle significado porque es algo de interés popular, no un ejemplo descontextualizado. Esto permitió que el estudiantado tuviera más interés de intervenirlo al aceptarlo como creíble (García, 2009) y por lo tanto, mayor dedicación al explicarlo por petición de la UD misma.

- *el método* utilizado es una actividad enmarcada, en este caso, en una clase de física que considera un ambiente naturalizado y la epistemología escolar apoyada desde la estructura del modelo de las 5E
- como *campo de aplicación*, se tiene la comprensión del funcionamiento de aparatos tecnológicos que funcionan a base de la refracción de la luz, como el telescopio de refracción y el microscopio.

Podría adaptarse la UD como un taller complementario para variar el método, así como los objetivos de cada etapa para obtener metas distintas. Sin embargo, el campo de aplicación queda en función directa de los ejemplos “contextualizadores” extraídos desde la ciencia ficción Feminista. Es decir, que son estos los primeros elementos que deben buscarse a la hora de diseñar una UD similar a la acá elaborada, y a partir de los mismos, diseñar las actividades.

Respecto a la estructura de las 5E, se presentó la justificación del trabajo basado en su forma y metas. Efectivamente, como pudo comprobarse durante las aplicaciones, este modelo fue el más acertado por las siguientes razones:

- La etapa de *Enganche* resultó en una poderosa motivación utilizando el video “las habilidades visuales de Superchica” como forma de contextualizar los contenidos: logró hacer hincapié en aquello importante

de los superpoderes de esta heroína (mediante la pauta de Observación) y plantear diversos contextos de aplicación de esta habilidad.

- Durante la etapa de *Exploración*, las y los estudiantes pusieron los esquemas de rayos de luz en sus cuadernos, y luego los compararon. Es una etapa rápida, donde se entregan los contenidos físicos de la clase sin perder el objetivo de la UD a ojos del estudiantado: el explicar cómo es posible que Superchica tenga esas habilidades visuales.
- La etapa de *Explicación* resultó la más importante, ya que destaca que la parte principal del trabajo del curso es la de “explicar” el fenómeno que acaban de observar. La pregunta es clara y guía el trabajo, al mismo tiempo que motiva la aplicación del propio conocimiento, mediante la creación de modelos conceptuales.
- Durante la *Elaboración* se estimula la creatividad de las y los estudiantes, al presentarles posibles ideas de solución a la problemática, e indicarles que “no hay respuestas equivocadas”.
- El producto final obtenido en la *Evaluación* es de gran calidad, ya que como se mencionó, este modelo está fundamentado en la construcción de explicaciones a través de varias etapas, no solo una. Esto permitió que las explicaciones fueran pulidas a lo largo de las distintas etapas.

Respecto a la validación del producto “UD”, está claro que sin este proceso, no puede garantizarse la calidad de una herramienta didáctica, ni su éxito al momento de aplicarse. De haberse aplicado como se tenía pensada originalmente, los investigadores no habrían podido obtener toda la información acá presentada, y de haberla obtenido, no habría sido de tan alta calidad.

La selección de Superchica como elemento de la Ciencia Ficción Feminista no fue una selección al azar ni neutra. Siguiendo la lógica de Madgenzo (1990), existe una fuerte carga valórica e ideológica en la decisión, principalmente para romper la creencia cultural arraigada en el hecho de que las figuras femeninas que han alcanzado importancia histórica deben tal relieve a la realización de gestas consideradas masculinas en la distribución tradicional de papeles.

Superchica es una heroína creada por Otto Binder y Al Plastino en 1988. Su nombre verdadero es Kara Zor-El, y es representada como una joven mujer de entre 16 y 18 años. Ella es la prima del famoso Superman, y comparte su mismo planeta de origen, Kryptón, así como todos sus maravillosos poderes y habilidades.

Pero su mayor virtud es que al contrario de muchos personajes femeninos de Ciencia Ficción, no necesita tomar rasgos masculinos en su personalidad para ser protagonista. Es una chica joven, con los problemas de cualquier adolescente: es emocional, llena de energía y con un gran sentido de la justicia. Es la carta perfecta para acercar la ciencia a hombres y a mujeres por igual, ya que permite clarificar el hecho de que no es necesario presentar rasgos ajenos al género, para ser protagonista, héroe y protectora.

Los investigadores concluyen que existe una real contribución de la femineidad a la construcción de las explicaciones científicas escolares, siempre y cuando esta sea presentada en forma coeducativa, contextualizada en la clase de ciencias (a nivel de roles de género) y manejada con un lenguaje adecuado. Este último elemento, resulta de vital importancia.

Al momento de aplicar la UD en los grupos participantes, los investigadores pudieron notar que la principal característica para construir un ambiente propicio para la enseñanza-aprendizaje está en el uso del lenguaje. Es responsabilidad principal del docente en ciencias el utilizar un lenguaje correcto, no sexista y

motivador, que logre ese carácter coeducativo tan necesario en las clases nacionales (Silva-Peña, 2009). Muchas de las expresiones, así como los estereotipos de desempeño en la clase de ciencias según sexo, están tan poderosamente arraigadas en la cultura, que resultará complejo mantener un discurso exento de expresiones sexistas.

En otro enfoque del lenguaje (oral escrito), no resulta excesivo utilizar con libertad la palabra “Superchica” durante todo el proceso, ni en las explicaciones de las y los estudiantes. Esto puede parecer sumamente trivial, pero, muy por el contrario, conlleva una profunda justificación. Como pudimos comprobar, el hecho de que el papel de la mujer sea “invisible” en la clase de ciencias, afecta directamente a la poca identificación por parte de las alumnas. Este carácter coeducativo a través del diseño de la UD aporta notablemente, al poner como protagonista de las actividades, esquemas, dibujos y explicaciones, a una mujer que no necesita demostrar rasgos masculinos (esperables del otro género) para ser la actriz principal.

Finalmente, a través del Análisis de Contenido realizado en las caracterizaciones según Tipo y a la identificación de Modelos (textos destacados de color verde) los investigadores pudieron darse una idea de cuánto pudo aprender el estudiantado con respecto al comportamiento de la luz en el ojo, el telescopio refractor y el microscopio.

Algunos ejemplos del resultado de este proceso, los podemos ver:

- Las explicaciones H6 (página 134), H2 (página 135), M18 (página 136), M7 (página 138), H16, M12 y H15 (página 139), M21 (página 141), H8 (página 155), M29 (página 156), M32 (página 157) y H22 (página 157) hacen alusión al tamaño del ojo como limitante para que este funcione

como un telescopio refractor<sup>24</sup> y/o microscopio. Algunas incluso, junto con M20 (página 135), M3 (página 145) H1 (página 153) y M34 (página 155) indican correctamente el funcionamiento del músculo obturador (a veces aludiendo al cambio visible en la pupila, al haber más o menos luz en el ambiente) y/o del cristalino (el lente óptico), ambas partes del ojo. Ambas textualidades hablan de su dominio de los esquemas de rayos presentados.

- Las explicaciones M10 (página 134), M7 (página 138), M12 (página 139), H23 (página 142), H3 (página 154), H21 (página 155), H22 (página 157) M11 y H4 (página 158), independiente del hecho de que pertenecen a distintos modelos explicativos, mencionan todas por igual “que la luz se dobla” al pasar por un medio más o menos denso, lo cual corresponde al fenómeno de la refracción, o más bien, al concepto físico *principal* presente en la UD.
- Finalmente, las explicaciones H14 (página 133), M10 (página 134), H16 (página 139), M21 (página 141), H23 (página 142), M8 (página 152), M1 (página 153), H3 (página 154), M29 (página 156) y H22 (página 157) mencionan otras propiedades de las ondas luminosas: su reflexión en los objetos, que permite su visión; la dualidad onda/partícula de la luz; las distancias focales del ojo humano; la capacidad de combinar lentes para tener distintos aumentos y la capacidad de usar lentes para concentrar la luz. Todo esto es evidencia del uso del conocimiento científico en sus explicaciones, a pesar de que no todos esos elementos fueron entregados a través de la UD.

Los investigadores concluyen que estos antecedentes permiten considerar *logrado* el objetivo específico n°1.

---

<sup>24</sup> H2 incluso menciona la opción de telescopio “reflector”, que es un tipo distinto que utiliza grandes espejos curvos, no contemplado en la UD, que no tiene las limitantes de largo (es relativamente corto).

2) *IDENTIFICAR Y CARACTERIZAR LAS EXPLICACIONES CIENTÍFICAS RESPECTO AL COMPORTAMIENTO DE LA LUZ EN EL OJO HUMANO, EL TELESCOPIO REFRACTOR Y EL MICROSCOPIO, A TRAVÉS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE EXPLICACIÓN CIENTÍFICA, SEGÚN EL SEXO.*

Durante la aplicación se pudo observar que las explicaciones son objetos que pueden evolucionar, y que pueden verse como más de un tipo de explicación, según las clasificaciones definidas por Gilbert (1998). Además, se comprobó que las explicaciones no generan conflicto entre los tipos, sino que “pasan a través de ellos” a medida que las actividades avanzan, es decir, se van desarrollando junto con la UD. Veamos como ejemplo, las diferencias entre el pre-producto (obtenido en la etapa de Explicación) y el producto final, de una estudiante participante:

- a) Acá vemos la explicación M1, construída en la etapa de Explicación, sin ningún aporte conceptual-científico de la clase:

<b>M1</b>	Estaba la Superchica recién nacida y un unicornio le pinchó el ojo lo que hizo que el lente óptico de su ojo tomara la fuerza para ver a distancias inalcanzables
-----------	---

- b) Acá vemos la misma explicación, luego de las etapas siguientes de la UD y ya trabajada por la estudiante a través de la pauta de explicación científica:

<b>M1</b>	A mí parecer la posibilidad de superchica se debe a un accidente ocurrido en su niñez o al nacer. Tal vez superchica al nacer no poseía ningún dote, hasta que un unicornio lastimó su pupila y su iris. Dejándola sin visión la que fue restaurada mediante una reparación mágica creada por un hada que reparó su iris y provocó que su pupila tuviera mayor alcance de dilatación y contracción y que su foco objetivo se expandiera provocando ver objetos más pequeños a largo alcance. Al crecer superchica su visión fue cada vez más poderosa ya que ejerció su vista de largo alcance hasta llegar a ver partículas microscópicas
-----------	--

Claramente hay un desarrollo, que puede verse en el uso de estructuras propias del ojo, y de su correcto funcionamiento (pupila y músculo obturador). Además se ve como utiliza el concepto de “foco objetivo” del cristalino del ojo, para determinar la distancia a la cual los objetos pueden verse con mayor claridad. Al mismo tiempo, el modelo explicativo (que posee fundamentos poco científicos, y más “mágicos”) se mantiene a lo largo de la actividad.

Las y los estudiantes tienen en forma natural la capacidad de desarrollar y hacer crecer sus respuestas, si se les explicita aquello que se les evaluará (Concari, 2001).

Este hecho puede ser aprovechado por toda UD que guíe este proceso de crecimiento, ya sea con una Pauta de Explicación Científica, con preguntas guía, con observación intencionada de un fenómeno, o con un experimento motivador también de carácter intencionado. De hecho, como otro posible aporte de este trabajo, se sugiere a quienes deseen generar Unidades Didácticas de características similares a la aquí elaborada, para el apoyo del desarrollo de las explicaciones científicas escolares, lo siguiente:

- Explicitar las características de una correcta explicación científica, ya sea mediante una pauta de indicadores o a través de la definición de los tipos de explicación que pueden aparecer.
- La observación del fenómeno debe ser intencionada, para destacar aquello que se desea explicar. Si es un video, editarlo correctamente. En caso de utilizar experimentos frente al estudiantado, cuidar las variables implicadas, para destacar aquello que es importante y evitar distracciones.
- En caso de utilizar como herramienta la Ciencia ficción Feminista, cuidar la selección de los elementos, para evitar abarcar conceptos ajenos al desarrollo del curso, y para manejar su carácter coeducativo.

Respecto a la clasificación de las explicaciones según niveles, en función de la complejidad del tipo correspondiente, o mejor dicho, en la etapa de desarrollo del producto “explicación científica” a lo largo de las actividades de la UD, los investigadores plantean que:

- El nivel 1 según tipo tiende a inclinarse por las mujeres participantes (70% de las explicaciones en este nivel), con lo que podemos decir que es más común para estas mujeres concentrar sus explicaciones en describir el fenómeno y no ahondar en los conceptos científicos involucrados.
- El nivel 2 según tipo no se inclina hacia ninguno de los dos sexos en el grupo participante, ya que no existe diferencia en su distribución, como puede observarse en la tabla n°9 (página 164). Con esto podemos decir, que existe una igual inclinación de hombres y mujeres por reconocer los conceptos científicos involucrados en el fenómeno, más allá que solo describirlo. Aún así, debe recordarse que reconocer estos conceptos, pero no relacionarlos ni aplicarlos correctamente, limita la complejidad de las explicaciones científicas escolares.
- El nivel 3 según tipo no presenta una inclinación destacable en el grupo participante, ya que la diferencia en la distribución es de 43% para las mujeres y de 57% para los hombres. En total, 23 de las 60 personas participantes lograron estar en este nivel, es decir, hubieron 23 explicaciones de tipo *Causales y/o Predictivas*. Ambos tipos de explicación nos hablan de características claras, que son: identificar los conceptos científicos involucrados, relacionarlos y utilizarlos para justificar el fenómeno, y analizar/predecir nuevos contextos para el mismo. Además, sus propuestas de solución fueron altamente válidas,

como se evidencia en la aplicación de la Pauta de explicación por parte de los investigadores (Anexo 2).

En general, las explicaciones se concentran o en describir el fenómeno observado (explicación T1 - descriptiva) o en el análisis de nuevos contextos (explicación T4 - predictiva). Esto indica que es más fácil para las y los estudiantes, independiente de su sexo, describir el fenómeno o idear respuestas creativas para su justificación.

La descripción muchas veces resultó excesiva, no dejando espacio para una real justificación. Veamos la explicación más extensa que nació en esta UD, la explicación M2:

*El problema presentado en esta situación es la super visión de Superchica.*

*Este fenómeno le permite a ella poder ver desde la luna a la tierra, puede ver objetos que están en gran distancia.*

*Los elementos que conformen este fenómeno lo explicare a continuación, pero también explicare porque este fenómeno no se produce en las personas y también explicare de que se compone el ojo humano.*

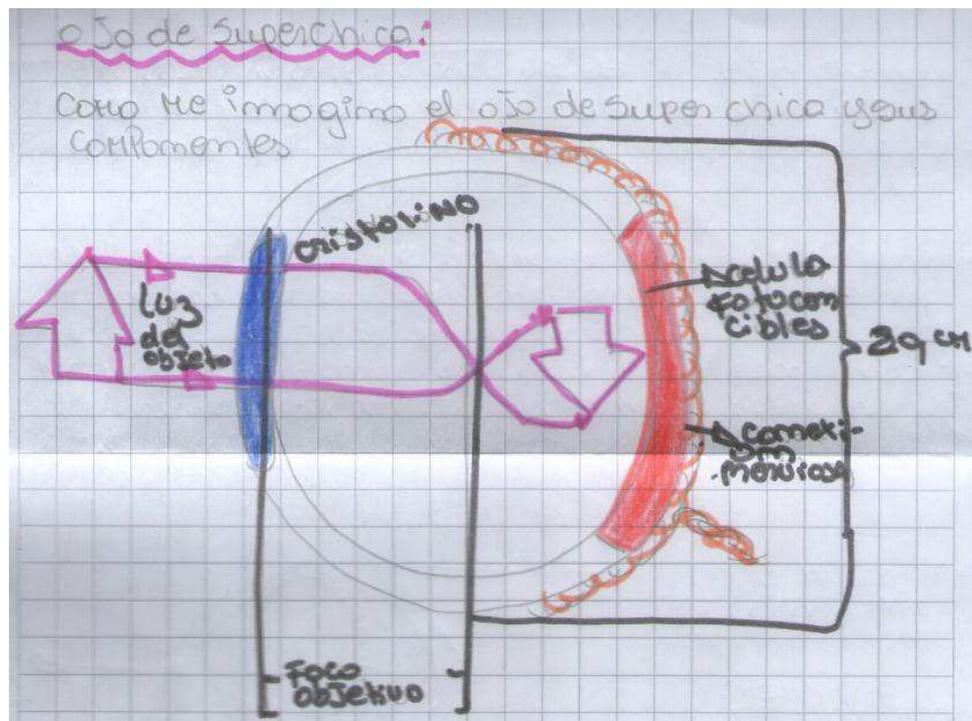
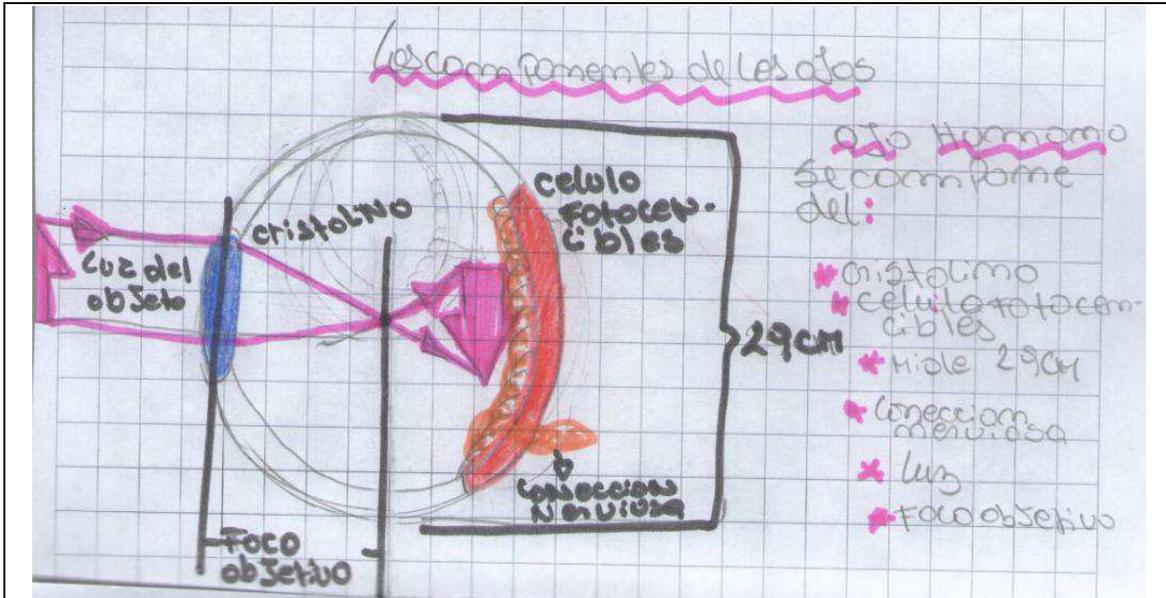
*En el ojo de Superchica: en este no seria tan posible describir los elementos que componen la visión de Superchica ya que no se ha visto algo parecido en las personas como para poder estudiarlo y sabes lo que hace que sea posible la visión de Superchica. A continuación describiré como ello podría tener esa supervisión.*

*La luz en el ojo de Superchica podría doblarse y así permitirle que viera mucho mejor que las personas. O sea podría ver las cosas que uno persona no ve de lejos*

*Podría se también que ello puedo manejar el aumento de su ojo. Y así poder ver las cosas de mas lejos.*

*Otra cosa que también aria posible la visión de Superchica es que sus ojo pudieran ser grandes a con la forma por dentro de la cabeza como un telesopio.*

*Este fenómeno no es posible ya que en el ojo humano ya que no tenemos el poder o la forma de poder regular el tamaño de las cosas que están mas lejos de nosotros para poder verlas como si estuvieran a solo centímetros de nosotros.*



El ojo de Superchica se compone de:

Luz del objeto

Foco objetivo

Celula fotocencible

Cristalino

Y las células de conexión nerviosa están por fuera de su ojo

*Este fenómeno se comporta de tal manera debido a la necesidad de Superchica de ver a las personas que están en peligro de vida o los malvados villanos...*

*Este fenómeno se podría hacer posible si las personas tuvieran las células o conexión nerviosa por fuera del ojo así podría llegar más rápido las imágenes al cerebro.*

*Lo otro podría ser una mutación o también podría hacerse esto posible con tecnología. Y con esto concluye mi explicación respecto a la visión de Superchica*

En este caso, los investigadores hacen incapié en que una explicación descriptiva (T1) puede ser muy extensa, pero nunca será de más nivel, debido a la falta de conceptos y relaciones físicas necesarias para la justificación. Todo estudiante, independiente de su sexo, si se concentra en un tipo de explicación, debilitará los demás tipos. Una forma de hacer esta propiedad visible, fue el uso de gráficos “de araña” para los indicadores que caracterizaron las explicaciones según tipo.

Se reconocieron las “respuestas creativas” como aquellas que presentaban 1 de las siguientes 2 opciones: eran capaces de tomar el fenómeno, y aplicarlo en un contexto no visto en el video (real o ficticio, como aplicaciones científicas y aportes a la humanidad) o mostrar una justificación original a las habilidades visuales de Superchica, apoyada correctamente en la física. Se entiende que toda respuesta, en general, puede ser considerada “original”, debió a que no hay un estándar de explicaciones científicas a problemáticas ficticias. Sin embargo, serán más originales aquellas que no se basen en las sugerencias presentadas por la misma UD en la etapa de Elaboración.

Por otro lado, los tipos de explicaciones más relacionados con el conocimiento científico (T2 y T3) son los menos frecuentes. Esto habla de la visión que tiene el estudiantado actual del subsector: una clase que no despierta el interés por las ciencias, y que se considera “aburrida”.

Reconocer los conceptos científicos que sean los principales responsables de un fenómeno observado, está en directa proporción con cuánto dominio se

tenga de estos conocimientos: la capacidad de observar comprensivamente, por si sola, solo permite una mejor descripción; pero agregando la base conceptual, la explicación aumentará de nivel. Sería interesante, luego de identificar las habilidades de cada estudiante, crear parejas de trabajo, entre estudiantes que tengan gran capacidad de observación y descripción y aquellos que reconocen y relacionan los conceptos físicos involucrados. Es decir, elaborar una serie de Unidades Didácticas de similares características, todas encadenadas a través del objetivo de mejorar la explicación científica escolar.

*3) INTERPRETAR LOS MODELOS EXPLICATIVOS, SEGÚN EL SEXO, ACERCA DEL COMPORTAMIENTO DE LA LUZ EN EL OJO HUMANO, EL TELESCOPIO REFRACTOR Y EL MICROSCOPIO, QUE EMERGEN DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA ELABORADA.*

Los modelos explicativos de las y los estudiantes nacieron de la necesidad de explicar el fenómeno (Maturana, 1999) de la super-visión de superchica. Estos modelos o representaciones mentales (Bahamonde, 2006, citado en Arzola, Muñoz, Rodríguez y Camacho, 2011) resultaron de vital importancia, tanto para las y los estudiantes, ya que les permitió generar representaciones mentales para explicar el fenómeno (la super-visión de Superchica), como para los investigadores, quienes pudieron caracterizar el nivel de abstracción necesaria para cada modelo, y finalmente la complejidad de cada explicación.

Cada explicación partió (pre-productos) desde la etapa de explicación, mostrando una comprensión simplificada del fenómeno y terminó en la etapa de evaluación (producto final), una vez que las y los estudiantes pudieron autoevaluarse, momento que los investigadores concluyen es muy importante para mejorar una explicación (Concari, 2001), ya que le permite al estudiantado enfocarse en que mejorar y cómo hacerlo.

Varios estudiantes, independiente de su sexo, pueden compartir el o los mismos modelos explicativos, ya que estos nacen de un razonamiento común en un grupo de similares características (Driver, 1986; Pintó et al., 1996; Prieto Ruz et al., 1997, citado en Alurralde y Salinas, 2007). Los investigadores escogieron 2 cursos de la región Metropolitana, cuya situación fuera similar, y por lo tanto, era de esperarse que sus explicaciones presentaran grandes similitudes, lo cual resultó así. Como puede observarse en los ejemplos siguientes:

Modelo 1

<b>H14</b>	<p>Los ojos de superchica al captar la luz de los objetos, es capaz de doblar la luz de tal manera, que dentro de su ojo se activa una especie de cable óptico, con esto la luz concentrada forma un telescopio, siendole fácil ver claramente objetos lejanos y cercanos.</p> <p>El interior del ojo de Superchica esta compuesto por miles de cristales en forma de diversos prismas que crean el laser de visión. La Luz entra en línea recta también se dobla, gracias a los espejos que hay en el interior. Haciendo posible una visión increíble</p>
<b>M4</b>	<p>Cuando Superchica era pequeña su casa se incendió y se quemó sus ojos. Unos científicos y doctores locos usaron la situación de Superchica para transplantarle unos ojos mecánicos telescópicos y microscópicos, lo cuál funcionó, esos ojos mecánicos están conectados a su cerebro, esto solo funcionó en Superchica.</p>

Modelo 2

<b>M7</b>	<p>Superchica tiene grandes poderes porque sus abuelos de otro planeta cayeron dentro de un centro radioactivo y altero sus genes, hasta que nace Superchica. Cuando los abuelos caen al centro de radioactividad, la abuela estaba embarazada de su madre, dejando en ella la radioactividad. Superchica por la radioactividad que tienen sus genes modifica sus capacidades aumentándolas. Como la super fuerza, el desplazamiento y la visión. Puede ver con su ojo de 3cm como si fuera de 21cm. La radioactividad logro que Superchica pueda doblar la luz para llegar a su objetivo.</p>
<b>H16</b>	<p style="text-align: center;">Telescopico</p> <p>El ojo de superchica se desarrollo de tal manera que los atomos extraterrestres que conforman su ojo sirven la capacidad de crear un doble lente ocular a una distancia de 1 metro al frente de su cara pero no se ve ya que esas partículas son muy diminutas (1/100 de atomoaprox).</p> <p style="text-align: center;">Microscopica</p> <p>El doble lente de superchica permite que el foco objetivo alcance una distancia de 30 cm y sirven una celu-vision que permite ver la celula en una mayor calidad de imagen</p>

### Modelo 3

<b>M21</b>	<p>Las leyes en el planeta de superchica son completamente diferentes a las de nuestro planeta, leyes que, por el hecho de tener superpoderes, puede romper fácilmente, y leyes no tan limitadas como las nuestras, por lo que puede hacer lo que quiera con su visión.</p> <p>La luz en su planeta es diferente, cosa que también le da más ventajas para poder ver con mayor facilidad, ya que las partículas/ondas de luz entran a su ojo de una forma diferente, ya sea microscópicamente, normal o telescópicamente, como ella lo desee, acomodando los fotosensibles y sus conexiones nerviosas según sea necesario, sin necesidad de que sus ojos cambien su tamaño, ya que acomoda la entrada de las partículas/ondas de forma que solo puede lograr 3m (aprox) puedan simular 3 cm o 1m</p>
<b>H23</b>	<p>Superchica tiene en su ojo la capacidad de quebrar la luz y doblarla a voluntad permitiéndole ver a larga distancia como a corta distancia. el cerebro de super chica esta tan desarrollado que logra manejarlo y selección la manera en la que deba percibir la luz.</p>

Efectivamente un sexo no tuvo explicaciones que se ajustaran solo a un modelo, los tres modelos se presentaron en ambos sexos. Concluimos al respecto que efectivamente los modelos nacieron desde la metacognición de cada persona (Camacho, 2012) independiente de su sexo.

Es interesante destacar que las y los estudiantes participantes del estudio, no variaron sus modelos explicativos entre un pre-producto y un producto final. Más adelante, los investigadores presentan conclusiones referidas a esta falta de re-construcción de modelos. Comparemos, en una mujer y un hombre participantes, sus pre-productos y sus productos iniciales:

- a) Acá vemos las explicaciones construidas en la etapa de Explicación, sin ningún aporte conceptual-científico de la clase:

<b>H6</b>	<p>Yo creo que todo es por el opturador que hace que vea tan cerca y tal vez por adentro de su cabeza tenga mas espacio, cosa que tenga el ojo más grande pero por adentro mas de lo normal (3cm).</p> <p>Por eso superrchica por el opturador aparte de regularlo a lo noral, también peude regularlo para ver más aya de lo normal y por adentro de su ojo la luz del objeto, como adentro es más grande, pasaría por el cristalino del ojo haciendo que la luz del objeto llege mucho mas grande asi con sus costumbres para regular el opturador y ver amillones de kilómetros XD</p>
<b>M18</b>	<p>La factibilidad de la super-visión de Superchica, yo creo que depende de la luz que hay en el lugar. Si está oscuro, su pupila se agranda y se adecua a la luz del lugar, y si está claro su pupila se achica y se adecua a la luz del lugar. A continuación realizaré un esquema del ojo de Superchica en el día y en la noche.</p>

- b) Acá vemos las mismas explicaciones, luego de las etapas siguientes de la UD y ya trabajadas por ambos estudiantes a través de la pauta de explicación científica:

<b>H6</b>	<p>Yo creo que super chica por el opturador de su ojo es lo que hace que vea mas lejos y mas cerca, y que por su cabeza allà un espacio que llege al otro extremos de su cabeza cosa que el ojo quepa en todo ese espacio entre el cerebro, y asi el ojo sea mas largo de lo normal (3c m) y tener la capacidad de tener super visión. Por eso super chica por su opturador desarrollado lo puede ajustar en luz (día) y noche, regularlo para ver mas lejos y lo normal de un humano y dentro de su ojo la luz del objeto se refleja y como lo ve más grande esa imagen pasa por el cristalino de super chica la imagen se da vuelta como de costumbre lo hace el ojo, se llega hasta el final de ojo, viendo asi super chica mucho más lejos, pero también regularlo asi no ver siempre lejos y ser como una persona normal y solo ocuparlo esa super visión en casos de problemas</p>
<b>M18</b>	<p>Yo creo que la factibnilidad de la visión de superchica se debe a la reflexión de la luz en los objetos la cual permite que superchica tenga la factibilidad de ajustar su visión como un microscopio (que necesita al menos 30 cm para ajustarse) y un telescopio (que necesita al menos un metro para ajustarse). La luz ajusta la visión de superchica y en el día, la pupila de superchica se achica y en la noche la pupila de superchica se agranda como un gato</p>

Esto resulta contrario a lo que se espera en un proceso de aumento de complejidad de las explicaciones. Es cierto que la explicación científica caracterizada como competencia científica es parte del desarrollo de personas

competentes, que a través de la construcción y reconstrucción de modelos crean explicaciones claras y ordenadas de un determinado fenómeno, demostrando de esa manera un dominio sobre las teorías que abarcan dicho fenómeno. Pero esto no implica que una explicación que mantenga el mismo modelo de representación no permita una manera razonada y ordenada de pensamiento, ya que esto evidencia la capacidad propia de cada explicación de evolucionar dentro de su propio sistema de leyes. Aún así, sabemos que cada modelo acá generado es más complejo que el anterior, y por lo tanto, una explicación será más compleja (y de mayor nivel) solamente si mejora y/o cambia el modelo que está utilizando para desarrollarse.

Los y las estudiantes tuvieron la libertad de construir explicaciones utilizando todos los recursos que estimasen convenientes, tanto de escritura como de imágenes. Si bien existió esta libertad, las explicaciones (y por ende los modelos explicativos) no siempre fueron acompañados de imágenes, lo que nos habla de la capacidad individual de formar imágenes y esquemas mentales detallados de cada persona (García, 1999 citado en Concari, 2001) independiente del sexo. A continuación presentamos explicaciones presentes en el mismo modelo pero que difieren en el uso de imágenes de apoyo, sean una ilustración o un esquema:

Explicación (m1) *sin imagen de apoyo*:

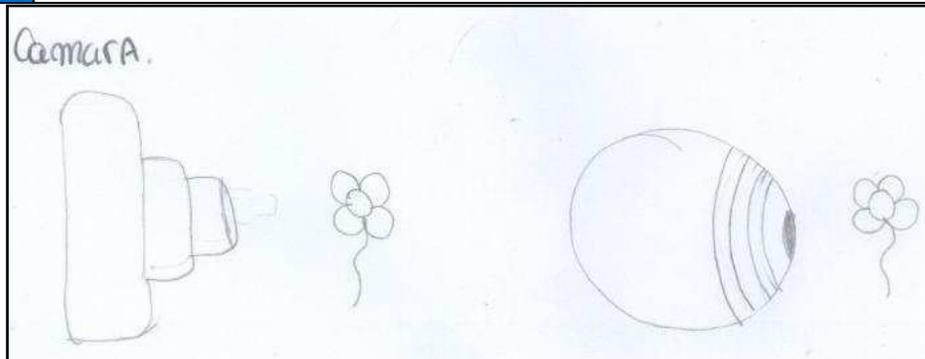
**M4**

Quando Superchica era pequeña su casa se insendió y se quemó sus ojos. Unos científicos y doctores locos usaron la situación de Superchica para transplantarle unos ojos mecánicos telescópicos y microscópicos, lo cuál funcionó, esos ojos mecánicos están conectados a su cerebro, esto solo funcionó en Superchica.

Explicación (m1) con ilustración:

**M5**

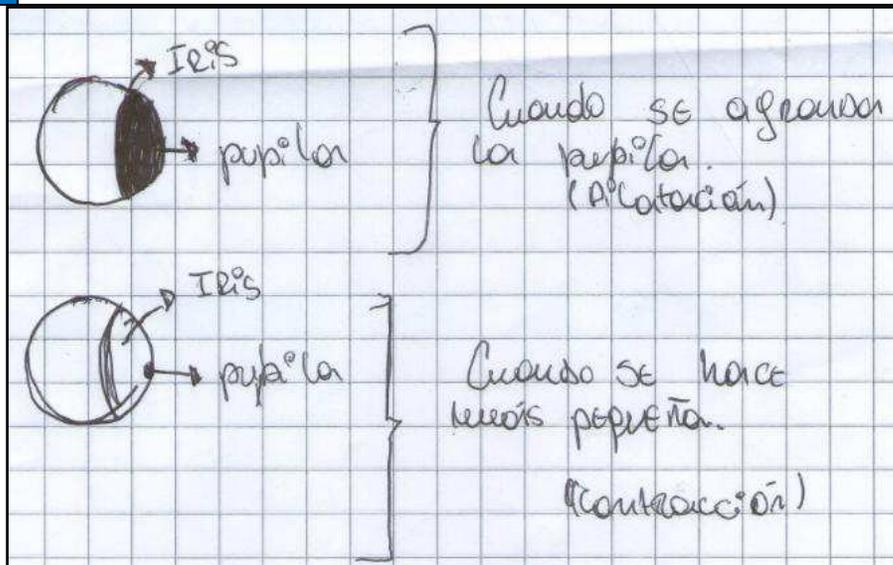
En el video se mostraba la gran visión que tenía Superchica y esto se hizo posible debido a un accidente radio-activo y su visión se volvió como una cámara de alta definición capaz de ver hasta lo más diminuto.



Explicación (m1) con esquema:

**M9**

Super chica podía ver cosas microscópicas (demasiado pequeñas), también podía ver cosas a muy larga distancia. Su visión era como un microscopio y un telescopio. Según mi idea o mi parecer, super chia tenía el iris del mismo tamaño del ojo, entonces, esto permitiría que la pupila se agrandara y achicara con más facilidad.



En el caso de los hombres, solo tendremos 2 ejemplos, ya que su uso de imágenes de apoyo fue solo a través de esquemas.

Explicación (m1) *sin imagen de apoyo*:

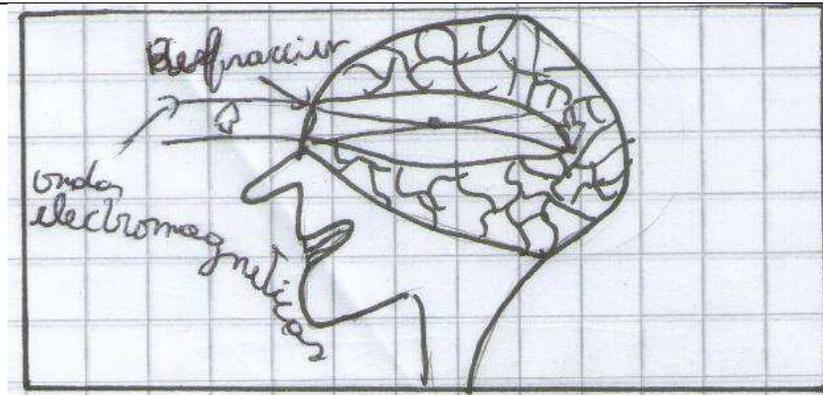
**H1**

La pupila de Superchica se agranda y se achica para así medir la distancia entre un objeto y otro, por lo cual Superchica puede ver desde la luna a la tierra o una flor con sus células

Explicación (m1) *con esquema*:

**H3**

Super chica es una supereroe muy especial. Gracias a su vista, ya que puede ver a grandes distancias como de la tierra a la luna con claridad y sin esfuerzo. Y también puede ver a nivel celular, por ejemplo ve sus células si están dañadas después de pelear. En el ojo de ella las ondas electromagnéticas llegarían al cristalino y el cambio de densidad (refracción) cambia su dirección y luego por el funcionamiento básico del ojo ella puede ver ya que el cerebro proyecta lo que se ve y la distancia al foco define si puede ver a mayor distancia o puede ver a nivel celular o nanotecnología. Si yo pudiera obtener la "super vista" sería muy útil para la astronomía ya que ayudaría mucho a observar y analizar los alrededores de la tierra ya que la super vista puede ver hasta la luna. o sea grandes distancias o ayudar en la biología. poder observar el cuerpo humano a fondo ya que la super vista puede ver a nivel molecular. sería un gran aporte para la ciencia.



Estas diferencias en las explicaciones podrían dar cuenta de la complejidad como se ha mencionado. Sin embargo, todas pertenecen al mismo modelo. Bajo el análisis de este Seminario, todas tendrían el mismo nivel de complejidad, pero es todo lo contrario: las imágenes utilizadas hablan de la complejidad de las estructuras mentales. A partir de estas diferencias, podría construirse una herramienta de evaluación de los modelos explicativos de cada estudiante.

Así mismo, se comprueba que cada modelo generado y cada explicación (y sus elementos) dependen directamente de la persona que lo construye. Se puede ver que en cada modelo hay diferente presencia de ambos sexos: en los modelos 1 (Recto) y 2 (Curvo) existen 25 mujeres sobre 19 hombres y 9 mujeres sobre 3 hombres, respectivamente. Sin embargo, en el modelo más complejo, esto cambia a 3 hombres sobre 1 mujer. Aún así, debemos recordar que el análisis según sexo en este Seminario se hizo considerando la complejidad total.

Es interesante destacar el detalle de que solo el 7% de las y los participantes se enmarca en el modelo más abstracto, lo cual nos habla de que no todas las personas son capaces de generar modelos explicativos más complejos aun cuando, en la Unidad Didáctica se destaca el énfasis de contextualizar el fenómeno físico a través de algo concreto (Sanmartí, 2000) e interesante para el estudiantado (García, 2009). Esto nos indica que el modelo será más o menos complejo dependiendo del nivel de la abstracción de cada persona y no de la Unidad didáctica misma.

*El modelo explicativo 1* no se inclina por ninguno de los dos sexos participantes, ya que la diferencia en la distribución es de 57% para las mujeres y de 43% para los hombres, lo cual no representa una gran diferencia para el total de los participantes.

Los estudiantes hombres tienen un mejor desempeño en pruebas de selección múltiple y las niñas tienen mejor desempeño en pruebas de respuesta abierta (Mannasero y Vasquez, 2003). Tomando el modelo 1 como la respuesta más directa, se debería esperar que fuera un modelo mayoritariamente de hombres, pero los resultados nos muestran que no es así: hay una mayoría de mujeres, por lo que podríamos inferir que o bien se sigue lo que arroja la prueba PISA - las mujeres tienen un menor desempeño en explicar al construir modelos

mentales científicos menos complejos-, o fijándonos en los porcentajes, que no representan una mayor diferencia entre un sexo y otro.

*El modelo explicativo 2* se inclina a las mujeres (75% de las explicaciones en este modelo), con lo que podemos decir que es más común para las mujeres participantes de esta investigación el resolver situaciones problemáticas según las características de este modelo, es decir, ellas tienden a justificar un fenómeno mediante caminos alternativos a la respuesta más directa, priorizando la factibilidad de sus explicaciones. Como las mujeres tienen un mejor desempeño en pruebas lecto-escritas (Mannasero y Vasquez, 2003), podemos inferir que intrínsecamente (mediante una explicación más extensa) ellas buscan encontrar una razón que resuelva eficientemente el problema, en este caso el ojo y no abordar el problema desde este (el ojo), no importando el largo. Puede revisarse en los Anexos 2 o 3, que efectivamente las explicaciones de las mujeres son más extensas que las de los hombres.

La extensión de la explicación, también resulta ser influida por otros factores entre estos el tipo de pregunta que se haga, por ejemplo: ¿Puede Superchica ver objetos lejanos y cercanos? esta pregunta es de respuesta inmediata y no requeriría una unidad didáctica completa para responderse, bastaría solo con el video y responder afirmativa o negativamente, ya que no invita a justificar en ningún momento; ¿Por qué Superchica puede ver objetos lejanos y cercanos? ¿Cómo Superchica puede ver objetos lejanos y cercanos? Estas preguntas, en principio, podrían considerarse adecuadas para la unidad didáctica pero surgen complicaciones que dificultarían la unidad didáctica, por ejemplo la respuesta a la pregunta ¿Por qué...? Fácilmente respondida con un: “porque tiene superpoderes” lo cual cortarían cualquier análisis científico del fenómeno. Con respecto a la pregunta ¿Cómo...?, esta si invita a un análisis desde la teoría, pues alude a conocer el cómo funciona el fenómeno desde la teoría científica

pero acota la explicación solo a lo conceptual y no apela a la originalidad del estudiantado. Todo esto afectando la extensión de la explicación.

El que la explicación nazca del enunciado: “*Explique la factibilidad de la visión telescópica/microscópica de superchica*” no es al azar. Al momento de crear la unidad didáctica, los investigadores pensaron en una pregunta capaz de invitar al estudiantado a explicar un fenómeno contextualizado desde la ciencia ficción feminista, evitando respuestas monosilábicas y tautológicas (*porque si, porque tiene superpoderes, es ciencia ficción*), que promoviera la originalidad, combinara la teoría científica e incluso, promoviera nuevos contextos tanto de funcionamiento como de aplicación del fenómeno y lo que los y las estudiantes quisieran aportar, justificados apropiadamente.

*El modelo explicativo 3* se inclina hacia los hombres (75% de las explicaciones en este modelo) con lo que podemos decir que es más común para los hombres de este estudio el resolver situaciones problemáticas según las características de este modelo, es decir, ellos tienden a justificar un fenómeno cambiando las reglas del Universo que lo rodea. Esto se sustenta con lo indicado por la prueba PISA (2006), que dice que los hombres (estudiantes) en Chile presentan una mayor habilidad a la hora de representar un fenómeno mediante la simplificación de las variables existentes, y la creación de un sistema conceptual abstracto para la mejor comprensión del fenómeno en cuestión. Finalmente, los modelos explicativos generados por los hombres, resultan ser más complejos.

*4) IDENTIFICAR CUÁLES SON LOS APORTES Y LIMITACIONES DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA DE CARÁCTER COEDUCATIVO QUE INCORPORA ELEMENTOS DE LA CIENCIA FICCIÓN FEMINISTA, EN LAS EXPLICACIONES CIENTÍFICAS ESCOLARES.*

Este objetivo solo pudo trabajarse luego de las 2 aplicaciones de la UD. Pueden hacerse suposiciones teóricas al respecto, pero no hay forma de saber en qué aporta a la didáctica el trabajo actual, y cuáles son sus reales limitaciones, si no se aplica en estudiantes reales.

Los aportes y las limitaciones que pudieron identificarse se separaron en 3 categorías: la primera respecto al carácter socio-cultural de la UD, que habla de la interacción de la misma con las y los estudiantes, y sobre sus características de herramienta contextualizadora de los conocimientos; la segunda respecto a su carácter didáctico como el uso de la estructura de las 5E y a su adaptabilidad de tiempos y actividades; y la tercera respecto a su carácter “técnico” como Unidad didáctica, es decir, su enfoque desde el Modelo Cognitivo de Ciencia y su dependencia del apoyo del colegio mismo a este tipo de actividades.

a) Carácter Socio-Cultural

**APORTES**

- A ser una actividad entretenida para el estudiantado, les acerca las ciencias de una forma mucho más amigable a la que están acostumbrado en el salón de clases (García, 2009). Con esto, motiva al estudio de las ciencias en contextos ajenos al aula.
- Estimula la creatividad de las y los estudiantes, al buscar una explicación “razonable” a un fenómeno ficticio, en directa relación con el enfoque del Modelo Cognitivo de Ciencia. El correcto manejo de la etapa de Elaboración, permitirá guiar y hasta “pre-armar” modelos explicativos, que están listos para ser utilizados por las y los estudiantes por igual; lo que hagan con esos “pre-modelos” dependerá de su propio conocimiento

y capacidad de abstracción. Y basados en lo indicado por los investigadores en el marco teórico, los hombres tienden a tomar los “pre-modelos” más abstractos, o, a través de ellos, llegar a otros de mayor complejidad. Se entenderá este manejo “correcto” como el intencionar adecuadamente posibles contextos de solución.

#### LIMITACIONES

- La capacidad de motivar a las y los estudiantes a participar, depende mucho de la cercanía del docente aplicador de la UD con la Ciencia Ficción. La misma UD puede resultar hasta desagradable para algunos docentes.
- De la misma forma, si el estudiante no muestra interés por los elementos presentados desde la Ciencia Ficción Feminista (el personaje de Superchica), no será fácil motivarlo a participar.
- Sin embargo en este caso en particular los investigadores pueden afirmar, (al ser los aplicadores de la unidad) que demostrando interés (y hasta complicidad ya que ambos investigadores aplicaron la UD en ambas ocasiones) y aprovechando la herramienta poderosa que es la ciencia ficción, el estudiantado respondió muy favorablemente y participo activamente.

#### b) Carácter Didáctico

#### APORTES

- Posee una etapa explícita de explicación, que motiva la meta principal de la UD. Además, esto ocurre durante el proceso de metacognición, aumentando su significancia.
- Es flexible en cuanto a la forma de aplicarse: como un taller paralelo a las clases regulares, como una evaluación de proceso, como actividad extracurricular, etc, así como en los tiempos de aplicación, ya que da

libertad al docente aplicador respecto al uso de los tiempos y a la cantidad de sesiones que este estime necesarias para llevarla a cabo.

- Cada elemento de la UD es susceptible a cambios y ediciones que se consideren pertinentes en función del grupo curso.
- Incluye todo el análisis teórico (fórmulas, constantes, resultados) de las contradicciones propias del fenómeno que nacen al contrastarlo con la ciencia real.
- La pauta de explicación científica posee descriptores bien detallados para evitar evaluaciones poco objetivas.

#### LIMITACIONES

- Sin acceso a los recursos necesarios para mostrar el video y los esquemas (computador, proyector y parlantes), la UD no puede aplicarse.
- Si cada estudiante no puede tener una copia de la pauta de explicación científica, no les será posible construir una mejor explicación, ya que las actividades explícitamente indican que cada estudiante en la clase debe evaluar su propia explicación. Como todo ocurre en la misma etapa, es natural esperar que todo el grupo este evaluando al mismo tiempo.
- Así mismo, sin la pauta para observar el video, no sabrán donde enfocar su atención (respecto al video). La observación del proceso, como se ha indicado anteriormente, necesita ser intencionada.

#### c) Carácter Técnico

#### APORTES

- Su enfoque basado en la resolución de problemas beneficia el desarrollo de las explicaciones científicas (Campanario y Moya, 1999; Arancibia y Strasser, 2000).
- Permite un mejor manejo de la frustración para el estudiantado, ya que no les exige “respuestas correctas”. Al nacer desde sus propias

percepciones de la ciencia, utilizando los conocimientos entregados en clase, la UD busca evaluar sus habilidades a la hora de idear una solución a la situación problemática, es decir, sus competencias para “explicar fenómenos científicamente” (OCDE 2006, 2009)

- Involucra aspectos afectivos, personales y motivacionales, ya que la construcción de modelos nace de las estructuras metacognitivas y socioculturales de cada estudiante.

#### LIMITACIONES

- En general, si no hay apoyo por parte de la UTP del establecimiento, es muy difícil innovar la enseñanza con propuestas didácticas como esta.
- El éxito de la UD depende mucho de la motivación inicial. Si el video no logra llamar la atención del estudiantado, es muy difícil motivarlo en las etapas siguientes. Si no se logra motivar su participación, su explicación construida será de muy bajo nivel, por lo que no será posible caracterizarla según tipo o modelo, ni realizar algún tipo de análisis.

#### 5) OBJETIVO GENERAL:

*Analizar las explicaciones científicas escolares acerca del comportamiento de la luz en el ojo, el telescopio refractor y el microscopio, según el sexo, después de la aplicación de una propuesta didáctica de carácter coeducativo basada en la Ciencia Ficción Feminista.*

Analizando los pre-productos, se pudo comprobar las diferencias según sexo que evidenciaron los resultados PISA 2006 y 2009, así como las señaladas en el análisis realizado por Gubler y Williamson el año 2009, respecto a las explicaciones según género en nuestro país.

Las explicaciones científicas fueron generadas mediante una pregunta clara que exige una explicación (Maturana 1997): “*explique la factibilidad de la supervisión de Superchica*”. Una respuesta de este tipo es intrínseca al ser humano, ya que todos tendemos a responder preguntas que nos hagan. Esto hace al

proceso de explicar, una actividad que puede desarrollarse en conjunto con el mismo ser humano, tal como nos indica Maturana (1999).

Luego de ser retroalimentadas, cada estudiante reformula su pre-producto inicial (mediante un proceso de metacognición) para dar una explicación más aceptable, desde el punto de vista que se le ha explicitado (Pauta de Explicación).

Respecto a la complejidad total de las explicaciones, que es la forma más importante en la que se analizaron las explicaciones según sexo en este Seminario, se concluye lo siguiente:

- a) Esta propuesta busca desarrollar las explicaciones de mujeres y hombres, y al mismo tiempo hacer mejores aquellas de más bajo nivel. Vemos que en la complejidad menor, hay un 66% de mujeres por sobre un 34% de hombres, pero a medida que aumentamos la complejidad total (subimos de categoría) el porcentaje de mujeres baja y el de hombres aumenta, llegando, en la categoría 3 (la más compleja) a una presencia del 50% de cada sexo. Es sabido además, que disciplinas como la Física, la Química y otras pertenecientes al área de Ciencias de la Naturaleza requieren una mayor capacidad abstractiva (Liguori y Noste, 2007). Con lo cual, se justifica aún más el hecho de que las categorías más altas de complejidad tengan un menor número de explicaciones clasificadas (solo 10 de 60 personas).
- b) A pesar de que indistintamente del sexo, se utilizaron todo tipo de imágenes en las explicaciones, en el caso de los hombres siempre fueron esquemas que aportaron a la explicación, no así el caso de las mujeres. Hubieron algunos casos donde ellas solamente agregaron

imágenes ilustrativas alusivas al personaje de Superchica. Un esquema hace más simple de entender una explicación compleja, y en función de la capacidad de una explicación de “ser entendida por terceros”, aquellas con esquemas eficientes ayudan a los investigadores a su evaluación.

- c) La extensión de las explicaciones también mostró diferencias según sexo. Las mujeres en general tuvieron explicaciones más largas que los hombres. Esto nace de la capacidad mayor que tienen ellas en actividades del lectoescritura, y a su inclinación a explicar mediante el modelo 2, que habla de un proceso mental que busca caminos alternativos a una solución, no importando si son más largos.
- d) No solamente existen diferencias entre explicaciones de distinto sexo, sino entre explicaciones de persona del mismo sexo. La UD aumenta la complejidad de las explicaciones de más bajo nivel, independiente del sexo de quien la construyó, evidenciando su carácter coeducativo.

Las explicaciones científicas de las y los estudiantes aumentaron su complejidad luego de la UD, llegando el mismo nivel mujeres y hombres; no mantiene las diferencias, las disminuye al mismo tiempo que las desarrolla las explicaciones. Sin embargo, este aumento de complejidad solo apareció en el Tipo de explicación, y no en la construcción de Modelos. Veamos los antecedentes al respecto:

- No hay resultados que evidencien la reconstrucción de modelos. Las y los estudiantes mantienen durante toda la actividad el mismo modelo (pre-producto vs producto final).
- Los modelos nacen de la observación del fenómeno. Al ocurrir esto solo en la etapa de Enganche, no hay un nuevo enfrentamiento del conocimiento del estudiantado y el fenómeno, por lo tanto, no hay posibilidad de una reconstrucción de modelos explicativos.

- La pauta de explicación científica solo evalúa y retroalimenta las explicaciones en función de su tipo.
- las diferencias de complejidad solo pueden determinarse incluyendo la caracterización según tipo (niveles y calificaciones), ya que en este Seminario no se construyó una herramienta capaz de indicar la diferencia de complejidad entre 2 explicaciones pertenecientes al mismo modelo explicativo (independiente de si incluyen o no un esquema).

Sin la aplicación de esta UD, los modelos (y en consecuencia, la complejidad de las explicaciones) no habrían cambiado (como se evidencia analizando los pre-productos). Esto se presenta como otro antecedente al hecho de que la UD aumenta la complejidad de las explicaciones escolares. Aunque los investigadores concluyen, que este aumento en la complejidad de las explicaciones en forma coeducativa (mejora explicaciones de bajo nivel, independiente del sexo), solo ocurre a través de los Tipos de explicación. Con esto, los aumentos en la complejidad total, indicados en las páginas 167, 168 y 169, solo ocurren en forma vertical ascendente, es decir, a través de los niveles definidos según el tipo de explicación.

#### 6) PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

*¿Cómo son las explicaciones científicas acerca del comportamiento de la luz en el ojo humano, el telescopio refractor y el microscopio, según el sexo, en el estudiantado de 1º año de Enseñanza Media, después de la aplicación de una Propuesta Didáctica de carácter coeducativo basada en la ciencia-ficción feminista?*

Para responder esta pregunta, es que los investigadores crearon las categorías de *complejidad total*, a través de las cuales se realizaría el análisis de las explicaciones escolares según el sexo. Gracias a las conclusiones que nacen a partir del contraste entre los supuestos Teóricos iniciales y el cumplimiento de los objetivos, podemos decir con respecto a las explicaciones científicas del estudiantado de 1º año de Enseñanza Media, después de la aplicación de la UD elaborada:

#### ACERCA DEL COMPORTAMIENTO DE LA LUZ EN EL OJO HUMANO, EL TELESCOPIO REFRACTOR Y EL MICROSCOPIO:

El análisis de contenido realizado permitió a los investigadores identificar evidencias del aprendizaje de los conceptos físicos en las explicaciones (página 189) de gran nivel, ya que no se pide en ningún momento definir los conceptos implicados, sino que se pide directamente aplicarlos en la justificación de un fenómeno. Y no hay mejor forma de demostrar aprendizaje, que mediante la aplicación del conocimiento en otros contextos (Concarí, 2001); en este caso, en las habilidades de un personaje nacido en la Ciencia Ficción Feminista.

#### SEGÚN EL SEXO:

A partir de la complejidad total, pudimos evidenciar que el desarrollo de las explicaciones ocurrió de tal forma, que en la categoría más compleja hay 5 mujeres y 5 hombres. Es decir, que la UD logra igualar el nivel de complejidad de las explicaciones científicas escolares. Y además, por lo anterior, incluye una mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## 6. COMENTARIOS FINALES Y PROYECCIONES

### RESPECTO AL CURRÍCULUM NACIONAL DE CIENCIAS:

La UD diseñada en este Seminario, se presenta como un elemento reconocible para intervenir en el currículum explícito de ciencias, y cambiar su carácter androcentrista. Aún así, no existe hoy día evidencia de que se hayan generado cambios en el currículum explícito que es un espacio en el cual desde las políticas de estado se puede intervenir directamente (Madrid, 2007, Ávalos, 2003, Guerrero, Valdés & Provoste, 2006, citados en Silva-Peña, 2010).

### RESPECTO A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS CONTEXTUALIZADA A TRAVÉS DE LA CIENCIA FICCIÓN:

En Chile, al menos respecto al trabajo de búsqueda de los investigadores, no existen autores que hayan trabajado en el diseño didáctico y teorización sistemática con respecto a la Ciencia Ficción y temas afines como la utilización del cine, el cómics e incluso series de televisión. Sin embargo, estos elementos son utilizados indiscriminadamente por un gran número de docentes nacionales.

No existen propuestas didácticas como la UD de este Seminario, que trabajen directamente los contenidos del currículum, la ciencia ficción se mantiene como elemento “ejemplificador” de los conceptos, muchas veces no superando la barrera de la conversación con el estudiantado. Sin embargo, existen una serie de autores que presentan a este recurso como una herramienta didáctica aplicable en todos los niveles de enseñanza que permite contextualizar todo tipo de contenidos. Destacamos en este Seminario a los autores García Borrás (quien realiza constantemente publicaciones sobre el potencial didáctico y contextualizador de la ciencia ficción a través de la universidad de Cadiz, España) y Sergio Palacios (quien realiza un curso, “Física en la Ciencia Ficción”, en la universidad de Oviedo, España, llevando la física a todos sus

estudiantes a base de analizar los aspectos científicos mostrados en la ciencia ficción).

La presente investigación se une al trabajo de estos autores, y pretende hacia el futuro, convertirse en el primero de muchos diseños didácticos coeducativos, ya que, no existe referencia alguna de la utilización de la ciencia Ficción Feminista para ese fin. Además, pretende ser base de un proyecto mayor, donde pueda motivarse al alumnado del país, durante los años escolares, mediante el método acá diseñado. Es más, acorde con cursos universitarios en otros países (como el mencionado en España), llegar a ser base de la futura formación docente, y extraer el verdadero potencial de estas herramientas, humildemente analizado en este trabajo, ya que a modo de crítica, este trabajo pudo haberse desarrollado mejor o de otra manera a juicio del lector. Frente a esto podemos decir como autocrítica que siempre las cosas pueden hacerse de mejor manera y que si bien esto podría tener detalles que debieran cambiarse o mejorarse, estos en gran medida podrían deberse a la inexperiencia de los autores con respecto a la realización de una investigación y a la ansiedad por proponer cosas “nuevas” para mejorar la educación.

#### RESPECTO A MEJORAS Y FUTURAS INVESTIGACIONES:

Una proyección interesante a juicio de los investigadores sería que se continuaran realizando más investigaciones que intervengan la clase de ciencias y la de física con Unidades Didácticas de carácter coeducativo, porque, como estos investigadores pudieron observar, realmente aportan a la calidad de la educación en la forma de entregar el contenido, no solo contextualizando algún fenómeno de manera interesante para el estudiantado, sino que también incluyendo a todas las personas a aprender sin diferenciar según sexo.

Sin embargo, más allá de los Aportes y Limitaciones identificados para la UD elaborada, pudo identificarse un elemento que, si bien no representa una limitación ni una carencia en la aplicación, si aparece como una mejora

sustancial: la creación de una herramienta que sea capaz de indicar la diferencia de complejidad entre dos explicaciones en un mismo modelo, independiente de su sexo. Esta herramienta permitiría caracterizar más profundamente las explicaciones, y al mismo tiempo, fomentar la reconstrucción de modelos a lo largo de las actividades, aumentando aún más el nivel de explicaciones científicas escolares.

Otra herramienta que aparece como un complemento para mejorar la UD, sería una capaz de caracterizar el género de cada estudiante participante, ya que de este modo, se analizarían las explicaciones científicas directamente desde su fuente: las construcciones mentales, sociales y culturales al interior de cada individuo. Esta herramienta mejoraría la forma en que la UD llega a cada estudiante, y aumentaría la profundidad del desarrollo de las competencias.

Resulta alarmante recordar que según la OCDE, el nivel actual de desempeño general en Ciencias de las y los estudiantes chilenos, está en un nivel 2 de 6, lo cual significa que están en el nivel mínimo de desempeño de competencias científicas necesarias para considerarse “alfabetizado científicamente”. Sería una proyección interesante el comparar el producto final logrado por la aplicación de esta UD, con explicaciones de jóvenes de la misma edad, nivel y situación socio-económica, en otros países pertenecientes al organismo a los cuales se les aplicara esta UD.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Ancheta, A. (2010). *Hacia una nueva concepción de la educación de la primera infancia como derecho: avances y desafíos globales*. Revista Iberoamericana de educación, 1681-5653, nº52/5.
- Alurralde, E. y Salinas, J. (2007). Modelos explicativos que estructuran las ideas de los estudiantes en física: aportes, resultados e interpretaciones para el aprendizaje del empuje. Actas "I Jornadas Nacionales de Investigación Educativa II Jornadas Regionales-VI Jornadas Institucionales.
- Arancibia, V. y Otras (2000) *Manual de Psicología Educacional*. Santiago: Ediciones Pontificia Universidad Católica.
- Arzola, N., Muñoz, T., Rodríguez, G. y Camacho, J (2011). Importancia de los Modelos Explicativos en el aprendizaje de la biología. *Revista Ciencia Escolar: enseñanza y modelización*, Vol. 1, nº1, 7-16.
- Bravo, B., Pesa, M., & Pozo, J. I. (2010). Los modelos de la ciencia para explicar la visión y el color: las complejidades asociadas a su aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, 28(1), 113.
- Caceres, D.; Garcia, F.; Gonzalez, E.; Orellana, C.; Rivera, M. (2013). Modelos Explicativos sobre Infecciones de Transmisión Sexual de estudiantes de segundo año medio. Análisis desde la perspectiva de género. Santiago: Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Central
- Camacho, J. (2011). La historia de la teoría electroquímica y su contribución a la promoción de la explicación científica en la química escolar. *Revista Científica*. 14 (3), 8-20.

- Camacho, J. (2013). Creencias del profesorado sobre las relaciones entre la ciencia y el género en la educación científica. Informe proyecto FONDECYT 11121249. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).
- Camacho, J. y Quintanilla, M. (2008). Resolución de problemas científicos desde la Historia de la Ciencia. Retos y desafíos para promover competencias Cognitivolingüísticas en la química escolar. *Ciência y Educação*. 14 (2), 197-212.
- Campanario, J y Moya A (1999): ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas En: *Enseñanza De Las Ciencias* 17 (2) pp. 179-192 . Extraído el 16 de septiembre de [www2.uah.es/jmc/an11.pdf](http://www2.uah.es/jmc/an11.pdf)
- Concari, S (2001). *Las Teorías y Modelos en la Explicación Científica: Implicancias para la Enseñanza de las Ciencias*. Santa Fe: Ciência&Educação.
- Cortés, C; Flores, V y Sánchez, M (2011). *Conjunto De Guías Desde El Modelo 5E, Como Propuesta Pedagógica Para La Enseñanza Del Eje Tierra Y Universo En Educación Media*. Tesis de licenciatura no publicada, USACH, Santiago, Chile.
- De Lauretis, T. (1994). La tecnología del género. Tendências e impasses: o feminismo como crítica da cultura. Rio de Janeiro: Rocco, 206-242.
- de Miguel, A. (2003). *El Movimiento Feminista Y La Construcción De Marcos De Interpretación: El Caso De La Violencia Contra Las Mujeres*. La Coruña: Revista Internacional de Sociología.

- Duarte et al. (2010). *Representaciones Sociales de Género, Generación e Interculturalidad en Textos Escolares Chilenos*. Santiago: Departamento Sociología Universidad de Chile.
- Eco, U. (1965). *Apocalípticos e Integrados*. Barcelona, España: Editorial DeBolsillo.
- Educación en Igualdad. (2011). *Guía de Coeducación*. Recuperado de [http://www.educarenigualdad.org/media/pdf/uploaded/old/Doc\\_208\\_Guia\\_de\\_CoeducacionIM.pdf](http://www.educarenigualdad.org/media/pdf/uploaded/old/Doc_208_Guia_de_CoeducacionIM.pdf)
- Fernández et al. (1996) Una mirada no sexista a las clases de ciencias experimentales. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- García Borrás, F.(2006) *Cuando los Mundos Chocan* En: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias3 (2) pp.268-286.
- García Borrás, F. (2009): La Literatura de Ciencia ficción: Acercamiento a la Ciencia a través de Metáforas, Comparaciones e Imaginación, En: *Educación en el 2000: Revista de Formación del Profesorado*, Núm.12 Mayo 2009 pp. 22-26.
- García Borrás, F. (2011): *Las escenas cinematográficas: una herramienta para el estudio de las concepciones alternativas de física y química*. En: *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*8 (3) pp.291-311.
- García Meserguer, Álvaro. 1994. *¿Es sexista la lengua española? Una investigación sobre el género gramatical*. Barcelona: Paidós. 1ª ed., 2ª impresión 1996. Colección Papeles de Comunicación, núm. 4.

- García Molina, R. & Guirao, M. (2010): *¿Hay Correlación entre el interés por los programas televisivos con contenido científico y la actitud hacia la física y química de los estudiantes de 4º de ESO? Propuesta para llevar la ciencia de la televisión al aula?* II Jornadas sobre la enseñanza de las ciencias y las ingenierías. Murcia: Departamento de Física, Universidad de Murcia.
- Goetz, J. P. y Grant, L. (1988), Conceptual Approach to Studying Gender in Education. En *Anthropology & Education Quarterly*, Vol. 19, Nº 2.
- Gray, C. y Leith, H. (2004) Perpetuating Gender Stereotypes in the classroom: a teacher perspective. En *Educational Studies*, vol. 30, Nº 1.
- Gubler, J. & Williamson, A. (2009). “Resultados de los estudiantes chilenos en la prueba PISA Ciencias 2006: una mirada a sus competencias”. En Cariola, et al., (Coords). *¿Qué nos dice PISA sobre la educación de los jóvenes en Chile? Nuevos análisis y perspectivas sobre los resultados en PISA 2006*. pp. 197-237. MIN-EDUC: Unidad de Currículum y Evaluación
- Izquierdo, M. & Sanmartí, N. & Espinet, M (1999). *Fundamentación y Diseño de las Prácticas Escolares de Ciencias Experimentales*. Barcelona: Enseñanza de las ciencias.
- Lamas, M (1986). *La Antropología Feminista y la Categoría de “Género”*. (n/e)
- Lara, R. (2005). *Pensamiento Crítico*. Recuperado en Febrero de 2013 de <http://www.pensamientocritico.org/raflar0905.htm>
- Liguori, L.; Noste, M.A. (2007). *Didáctica de las Ciencias Naturales. Enseñar Ciencias Naturales*. Alcalá de Guadaíra (Sevilla): MAD S.L.

- Lopez, F. (2002) *El análisis de contenido como método de investigación*. Huelva: Universidad de Huelva. Revista de educación XXI, 4 pag 167-179.
- Lundwall, S. (1976). *Historia de la ciencia-ficción*. España. Editorial Nueva Dimensión, nº 75.
- Magendzo, A (2008) *Dilemas de la Pedagogía y el Curriculum*. Santiago: LOM Ediciones.
- Manassero, M. A., & Vázquez, A. (2003). Los estudios de género y la enseñanza de las ciencias. Revista de educación, 330, 251-280.
- Martín Ortega, E. (2008). *Aprender a aprender: clave para el aprendizaje a lo largo de la vida*. En *Participación Educativa*, nº 9 (revista del Consejo Escolar del Estado), Noviembre 2008, pág. 72-78.
- Marzabal, A. (2012). *Las actividades de los libros de texto de química para la teoría corpuscular y su contribución a la evolución de los modelos explicativos*. Valdivia: Estudios Pedagógicos XXXVIII, Nº 1: 181-196
- Maturana. H (1997). *Emociones y Lenguaje en educación y política*. (Reedición de novena edición) Chile: Comunicaciones Noreste Ltda.
- Maturana, H & Varela, F (1999). *El Árbol de Conocimiento. Las Bases Biológicas del Conocimiento Humano*. (Tercera edición). Santiago: Editorial Universitaria.
- Meece, J. L., Glienke, B. B., & Burg, S. (2006). *Gender and motivation*. En *Journal of School Psychology*, 44 (5), 351-373.
- Meyer. E. (2010). *Gender and Sexual Diversity in Schools Explorations of Educational Purpose*. Montreal: Springer Volume 10.

- Ministerio de Educación de Chile (1998): *Decreto N°220 Educación media*.  
MINEDUC
- Ministerio de Educación de Chile (2009 a): *Mapas de Progreso del Aprendizaje, Sector Ciencias Naturales Santiago*: MINEDUC
- Ministerio de Educación de Chile (2009b): *Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Básica y Media, Actualización 2009*. Santiago: MINEDUC pag: 283-284
- Ministerio de Educación y Ciencia. (2006). *Programa Para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE*. España: Subdirección general de Información y Publicaciones
- Organización Mundial de la Salud (2013): *Gender, women and health*. Recuperado en Abril de 2013. <http://www.who.int/gender/whatisgender/en/>
- Palacios, S. (2007): *El cine y la literatura de ciencia ficción como herramientas didácticas en la enseñanza de la física: una experiencia en el aula*. Revista Eureka. Enseñanza y divulgación de las ciencias, 4 (1) pp. 106-122
- Palacios, S. (2011): *Einstein vs Predator*. Editorial: Ma Non Troppo (Robin Book).
- Petit, M. y Solves, J. (2012): *La Ciencia Ficción y la Enseñanza de las Ciencias En: Enseñanza De Las Ciencias Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Núm. 30.2 (2012): 69-86.
- Sanchez, G. & Gallego, E. (2003): *¿Qué es la ciencia ficción?* Recuperado en Enero de 2013 de <http://www.ciencia-ficcion.com/opinion/op00842.htm>

- Scantlebury, K. (2012). Still part of the conversation: Gender issues in Science Education. In: Fraser, B. J. et al. (eds). *Second International Handbook of Science Education*. (pp. 499 – 512). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Servicio Nacional de la Mujer. Edición: Paz, M (2009). *Análisis de Género en el Aula*. Santiago: Departamento de Estudios y Capacitación.
- Soto, G. Reyes, S. & Pincheira, V(2008). *Aprendiendo ciencia y tecnología de la madera, a través de la indagación*. Talca: Centro Regional de Tecnología e Industria de la Madera, CERTIM de la Universidad de Talca. Pag: 12-14
- PISA (2007). *Informe PISA 2006*. España: Ministerio De Educación Y Ciencia, Secretaría General De Educación. Instituto de Evaluación.
- Sandin, M. Paz. (2003) *Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos y Tradiciones*. Madrid: McGraw Hill
- Silva-Peña, Ilich. (2010). *Repensando la escuela desde la coeducación: Una mirada desde Chile*. Revista Venezolana de Estudios de la Mujer, vol.15, n.35, pp. 163-176. ISSN 1316-3701.
- Súñer, F. (1999). *Sitio de Ciencia Ficción*. Recuperado en Octubre de 2012 de <http://www.ciencia-ficcion.com/glosario/c/cienficc.htm>
- Universidad Universidad de Antofagasta (2009). *¿Qué es el ECBI?* Recuperado de <http://www.uantof.cl/LEM/pagina/pagina/que%20es%20ecbi.pdf>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (2013). *Cursos SEP* (Secretaría de Educación Pública). Recuperado en Abril 2013 de [http://www.cneq.unam.mx/programas/actuales/cursos\\_diplo/cursos/cursos\\_SEP/00/preescolar/material\\_coord/mat\\_prees\\_coord.html](http://www.cneq.unam.mx/programas/actuales/cursos_diplo/cursos/cursos_SEP/00/preescolar/material_coord/mat_prees_coord.html)

Vilchez, J. y Perales, F. (2005). *Enseñando Física con dibujos animados*. Enseñanza de las ciencias. Numero Extra VII Congreso.

Yus, R. (2013). *La Competencia Científica y su Evaluación. Análisis de las Pruebas Estandarizadas de PISA*. Málaga: Revista de Educación.

## 8. ANEXOS