

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



**PROMOCIÓN DE LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA A TRAVÉS DE  
LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA DE LA  
OPTICA EN PRIMERO MEDIO**

**ALEJANDRO ENRIQUE JAQUE GONZALEZ**

Profesora guía: Dra. Johanna Patricia Camacho González

Tesis para obtener el título Profesor de Estado en Física

Santiago – Chile

2010

© 196115 **ALEJANDRO ENRIQUE JAQUE GONZALEZ**

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.

**PROMOCIÓN DE LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA A TRAVÉS DE  
LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA DE LA  
OPTICA EN PRIMERO MEDIO**

**ALEJANDRO ENRIQUE JAQUE GONZALEZ**

Este trabajo de titulación fue elaborado bajo la supervisión de la profesora guía Sra. Johana Patricia Camacho González del departamento de Física y ha sido aprobado por los miembros de la comisión calificadora Srta. María Eugenia Cantillano y Sr. Nelson Mayorga Sariago.

-----  
  
-----

-----  
DIRECTOR

-----  
PROFESOR GUÍA

## TABLA DE CONTENIDOS

Resumen.....	1
Abstract.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.1. Contextualización del problema de investigación.....	4
1.2. Descripción del Problema de Investigación.....	9
1.3. Formulación de las Preguntas de Investigación.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. Objetivo General.....	12
2.2. Objetivos Específicos.....	12
3. MARCO TEÓRICO.....	13
3.1. Competencias en la Educación Científica.....	13
3.1.1 Competencias básicas.....	13
3.1.2 Competencias científicas.....	15
3.1.2.1 La explicación como competencia científica.....	22
3.2. Metodología Indagatoria en la enseñanza y aprendizaje de la Física.....	24
3.2.1 Fundamentos de la Metodología Indagatoria.....	24
3.2.1.1 Desarrollo de conocimientos y habilidades de pensamiento científico en el marco curricular .....	25
3.2.1.2 Desarrollo de las ideas previas.....	27
3.2.1.3. Imagen Social de la Ciencia.....	28
3.2.1.4 Aprendizaje significativo.....	29
3.2.1.5 Desarrollo Actitudinal.....	31
3.2.1.6 Posibles obstáculos en la implementación de la metodología indagatoria en las aulas.....	32
3.2.2. Características de la Metodología Indagatoria.....	33
3.2.3. Etapas de la metodología indagatoria de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia.....	36
3.2.3.1 Etapa de Focalización.....	37

3.2.3.2 Etapa de Exploración.....	38
3.2.3.3 Etapa de Reflexión.....	39
3.2.3.4 Etapa de Aplicación.....	40
3.2.4 Implicancias de la metodología indagatoria en la sala de clases.....	42
3.2.5 Aspectos específicos en cada etapa que deben considerarse al construir una actividad de aprendizaje indagatoria.....	47
3.3. Historia de la Ciencia en la Enseñanza y Aprendizaje de la Física.....	49
3.4 Breve reconstrucción histórica de la óptica.....	52
3.5. Unidad didáctica desde la Historia de la ciencia para la enseñanza de la óptica.....	54
3.5.1 Objetivos de la Unidad didáctica.....	54
3.5.2 Desarrollo de la Unidad Didáctica.....	54
3.5.2.1 Etapa de Focalización.....	55
3.5.2.2 Etapa de Exploración.....	55
3.5.2.3 Etapa de Reflexión.....	56
3.5.2.4 Etapa de Aplicación.....	56
3.6 Síntesis del Marco Teórico.....	57
4. Marco Metodológico.....	59
4.1. Metodología de Investigación Cuantitativa.....	59
4.2. Fases del proceso de investigación.....	60
4.2.1 Teoría.....	61
4.2.2. Hipótesis.....	61
4.2.2.1 Hipótesis de Trabajo.....	61
4.2.2.2 Hipótesis estadísticas.....	62
4.2.3 Recolección de datos.....	62
4.2.4 Análisis de datos.....	62
4.2.5 Presentación de datos.....	63
4.3 Diseño muestral.....	63
4.3.1 Población.....	63
4.3.2 Muestra.....	64

4.4 Plan de análisis de Datos.....	64
5 Análisis de los Resultados.....	67
5.1 Explicación Científica durante la etapa de focalización.....	67
5.2 Explicación Científica durante la etapa de aplicación.....	68
5.3 Explicación Científica en general.....	70
5.4 Análisis inferencial de los resultados.....	71
6 Conclusiones.....	75
7 Referencias bibliográficas.....	77

## RESUMEN

La educación en Chile, desde algún tiempo se encuentra en la búsqueda de nuevas formas más atractivas e interactivas de métodos de enseñanza para lograr en el alumnado un mejor desarrollo de las capacidades que le permitan comprender su entorno natural, y, por ende, hacerlo más participativo.

En esta tesis se consideró importante integrar *La Historia de las Ciencias* en una unidad didáctica, con el fin de promover un mejor desarrollo de las competencias científicas, particularmente la explicación científica, lo cual se ha constituido como uno de los propósitos de la educación científica según el nuevo ajuste curricular del sector de ciencias naturales (MINEDUC, 2010).

Así se diseñó una propuesta de utilización de la historia de la ciencia en la enseñanza de la óptica, tomando algunos referentes de la Didáctica de las Ciencias Experimentales en particular la investigación de Iparraguirre (2007). Posteriormente, se implementó dicha propuesta durante con un grupo de alumnos de enseñanza media, conforme a los planes y programas del subsector de Física, que permita a los y las estudiantes pensar e interpretar el mundo con teoría científica, a través del constructivismo.

## **ABSTRACT**

Since some time, the education in Chile has been looking for more attractive and interactive ways of teaching methods, to achieve in students a better development of their potentials, which will make them understand their natural environment, and thus, make them more participatory with it.

In this thesis, it is considered important to introduce “The history of science” in the elaboration of a teaching unit, which will allow a better development of students’ science skills, which is the purpose of the new curricular adjustments in the natural science area.

A proposal is presented for using the history of science in a physics (MINEDUC, 2010) teaching subject, optics, a unit corresponding to First Year Middle School, which was applied to a Group of Middle School students, according to the plans and sub-programs of physics, which allows students to think and interpret the World using scientific theory, through constructivism (Iparraguirre, 2007).



## INTRODUCCIÓN

Este informe de investigación se desarrolla en cinco capítulos. En el primero se plantea y contextualiza la pregunta de investigación, así como se hace mención de algunos antecedentes que permitieron formular la problemática a estudiar. Posteriormente, en el marco teórico capítulo 2, se desarrolla la fundamentación conceptual del informe acerca de las competencias en la educación científica, destacando principalmente la explicación; luego, se describe la metodología ECBI la cual permitió estructurar las actividades de la unidad didáctica diseñada que se presenta a continuación y finalmente, se explica la importancia de la historia de la ciencia en la enseñanza y aprendizaje de la física. En el capítulo 3, se propone el diseño metodológico para abordar la problemática propuesta, este se sitúa desde la metodología cuantitativa y se inscribe en un diseño comparativo. Luego, en el capítulo 4 se describen y analizan los resultados de la investigación y, finalmente se señalan las conclusiones de la investigación propuesta.

# 1.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1. Contextualización del problema de investigación

Desde al año 2002 hasta el 2006 la unidad curricular del ministerio de educación realizo una investigación, sobre la cobertura curricular en el sistema educacional chileno, en consulta a los profesores de la red de maestro de la cual se obtuvieron fundamentalmente las siguientes evidencias que se debieran mejorar en el sector de ciencias (MINEDUC, 2008.):

- *“predominan los aprendizajes memorísticos en desmedro del desarrollo de comprensiones y habilidades más complejas”.*
- *“En el sector de ciencias habilidades como “interpretar, justificar, relacionar, formular hipótesis” suelen tener baja presencia, a diferencia de habilidades básicas como “Identificar, Reconocer, Distinguir” que predominan en la Educación básica”.*

Chile aspira a pertenecer a las economías desarrolladas del mundo y, para insertarse en mundo globalizado donde sus ciudadanos se puedan integrar a este sistema deben estar preparados para poder competir en igualdades de condiciones con aquellos de otros países. Para poder determinar a que nivel se encuentran los jóvenes chilenos con respecto a los demás países es que, Chile, en el año 2006 participó en una evaluación estandarizada a nivel internacional a través de la prueba PISA.

Según las evaluaciones de pruebas internacionales como PISA 2006, TIMMS, NAEP, QCA se puede deducir que el desarrollo de formas y procedimientos que le son propios del saber científico son de gran relevancia en la formación de los alumnos.

PISA busca determinar en qué medida los estudiantes han adquirido las competencias que les permiten enfrentar los retos de la actual sociedad del conocimiento. Para ello, cada tres años, evalúa las áreas de Lectura, Matemática y Ciencias, en términos de la alfabetización de los estudiantes, entendida como la *“capacidad de los alumnos para aplicar conocimientos y habilidades, y para analizar, razonar y comunicarse con eficacia cuando plantean, resuelven e interpretan problemas relacionados con distintas situaciones”*. (OCDE, 2008, p. 18)

En el año 2006 se puso énfasis en el área de ciencias. Recabando evidencia sobre si los estudiantes:

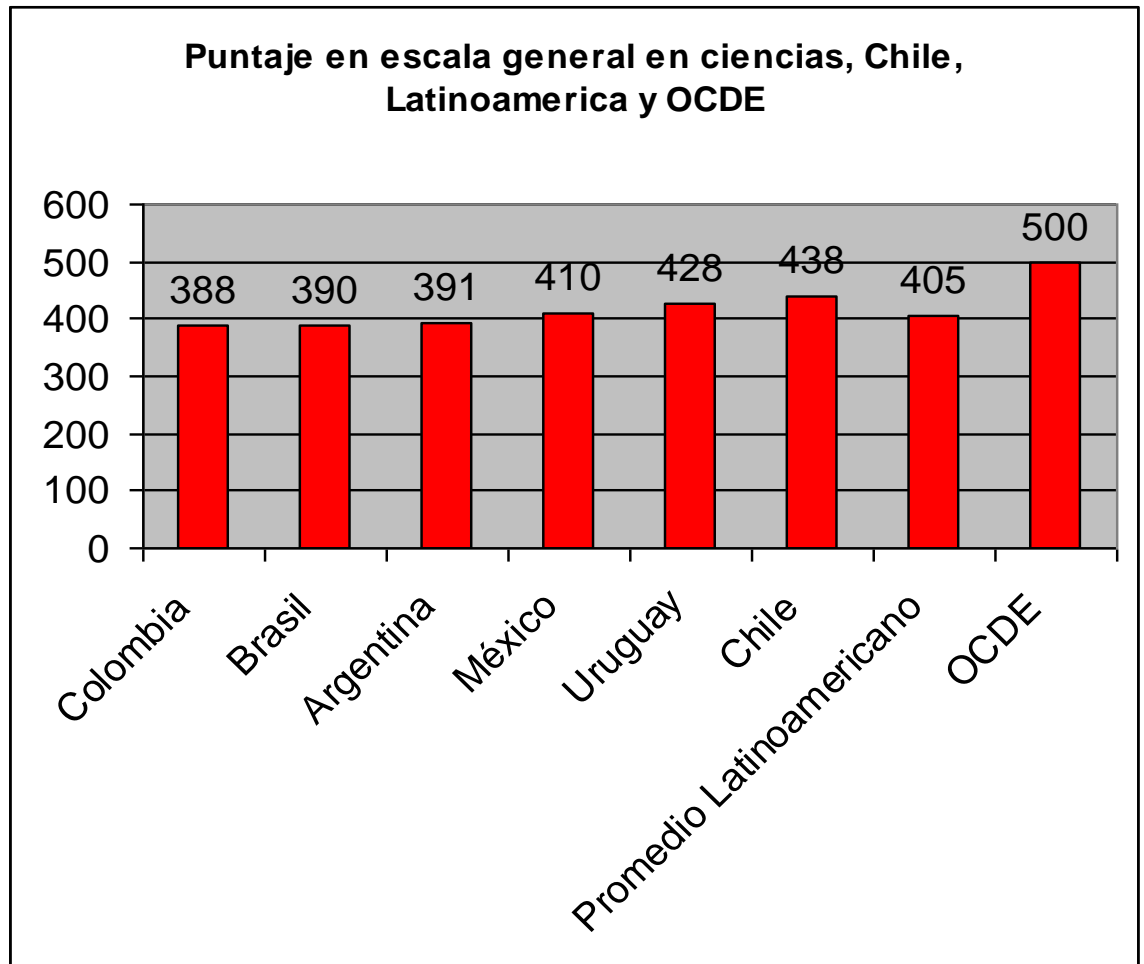
- tienen conocimiento científico y lo utilizan para identificar cuestiones científicas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basándose en evidencia acerca de problemas relacionados con las ciencias;
- comprenden las características de las ciencias como forma de conocimiento e investigación;
- son conscientes de que las ciencias y la tecnología conforman nuestro medio material, intelectual y cultural, y
- se comprometen, como ciudadanos reflexivos, en problemas e ideas relacionados con las ciencias.

Las competencias científicas evaluadas por PISA 2006 según OCDE (2008) fueron:

- Identificar problemas científicos. *“Capacidad para identificar qué preguntas son posibles de responder por la ciencia, cuáles son los términos claves para buscar información científica y cuáles son los rasgos fundamentales de la investigación científica”*. (p, 24)
- Explicar fenómenos científicos. *“Capacidad para aplicar el conocimiento científico en situaciones específicas y la habilidad para identificar, describir e interpretar fenómenos y para predecir cambios”*. (p, 24)
- Utilizar evidencia científica. *“Capacidad para interpretar pruebas científicas y para elaborar y comunicar conclusiones a partir de esas evidencias. Habilidad para identificar supuestos y pruebas que subyacen a las conclusiones y reflexionar sobre las implicancias del conocimiento científico y tecnológico”*. (p, 24)

Con relación a latinoamericana Chile ha presentado un nivel de logros en: lectura, matemáticas y ciencias por sobre la media, pero a nivel mundial esta muy por debajo de los estándares establecidos (Fig.1). Pisa 2006 según OCDE (2008).

Figura 1. Puntaje en escala general en Ciencias. Chile, Latinoamérica y OCDE



Fuente: Base de datos PISA 2006, OCDE 2007

En función de la información obtenida en la prueba PISA 2006, y que los alumnos logren estar a un buen nivel según los estándares internacionales, el sistema educacional chileno ha reformulado a través del ajuste curricular (MINEDUC, 2009) una nueva ordenación de los contenidos para mejorar su secuencia y articulación entre los ciclos, tanto de básica y media como en la educación parvularia.

Así también se plantea en el ajuste curricular, trabajar en el desarrollo de las competencias científicas, pero uno de los grandes dilemas que se presenta es el bajo dominio de parte de la mayoría de los profesores de Educación básica y Media, que se entiende por competencias, y, por ende, como elaborar unidades que le permitan desarrollar lo propuesto en el ajuste curricular.

Se hace necesario elaborar metodologías innovadoras, como por ejemplo, introduciendo la historia de las ciencias, como una ciencia que promueve en la cual se presente la forma como trabajar para desarrollar las competencias científicas en nuestros alumnos. Que le permitan comprender de mejor forma su entorno natural y pueda dar una explicación científica a diversos fenómenos naturales en su vida cotidiana y, a su vez acercarlo más a las ciencias.

Considerando lo anterior se hace necesario desarrollar no sólo habilidades del **conocer** (conceptual) sino también aquellas relacionadas con el **hacer** (procedimental, instrumental) y el **ser** (valórico, actitudinal), lo que permitirá al alumno actuar como una persona competente dentro de la sociedad, que le permitan comprender de mejor forma su entorno natural y pueda dar una explicación científica a diversos fenómenos naturales en su vida cotidiana, dentro de un marco valórico de la sociedad en la que se encuentra inmerso.

## 1. 2 Descripción del Problema de Investigación

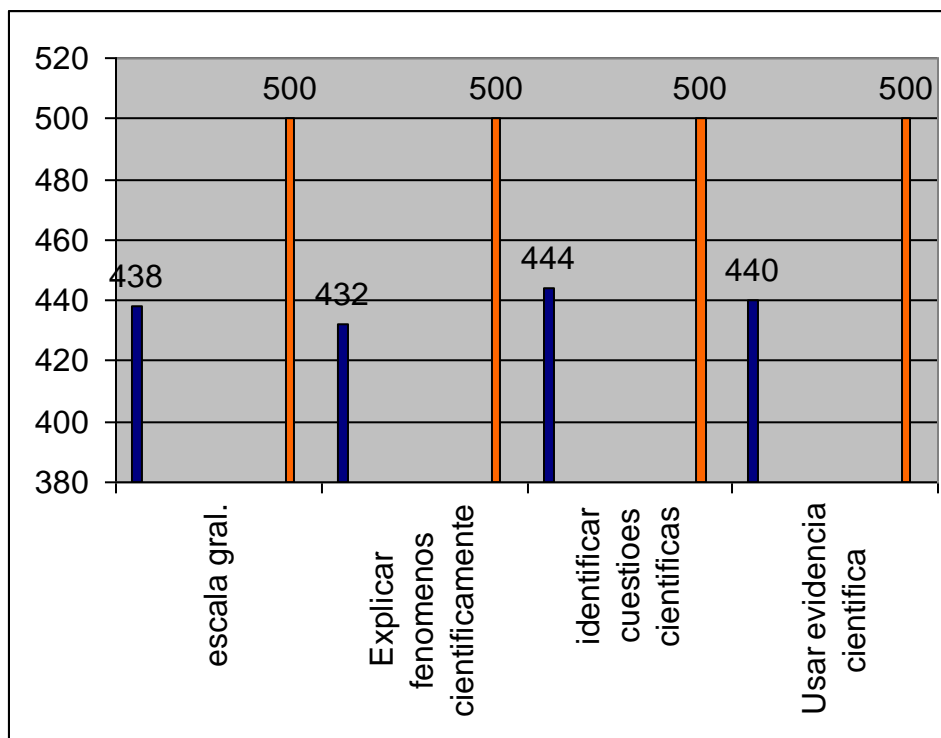
Se desea saber si se promueven diferencias significativas en la competencia: explicación científica a través del desarrollo de una unidad didáctica que incorpora la historia de la ciencia, para la enseñanza de la óptica en 1ro medio

Según Los antecedentes recopilados, como la evaluación realizada en la prueba PISA 2006 en el área de ciencias se puede observar que los alumnos de Chile obtuvieron un puntaje promedio de 438 puntos en la escala general de ciencias, que esta significativamente inferior al obtenido por los países dela OCDE que es de 500 puntos.

En un desglose más detallado de estos resultados se puede observar que el estudiantado en Chile, con relación a las competencias científicas medidas: Explicar fenómenos científicamente; Identificar cuestiones científicas y Usar evidencia científica. Los puntajes obtenidos fueron:

Explicar fenómenos científicamente:	432 puntos
Identificar cuestiones científicas:	444 puntos
Usar evidencia científica:	440 puntos

Figura 2: Puntaje promedio en la escala general y en las subescalas, para Chile y el grupo OCDE



Fuente: MINEDUC-UCE, 2007

Se puede observar que en la competencia de la explicación científica, el estudiante chileno, obtuvo el más bajo rendimiento dentro de las tres competencias evaluadas.

Considerando estos resultados y el ajuste curricular del MINEDUC (2009), como también la necesidad de fortalecer las competencias que promuevan el pensamiento científico, se considera oportuno innovar en nuevas estrategias que permitan la promoción de las competencias científicas, por ende, se plantea la interrogante ¿Es posible lograr en el estudiantado una apropiación más profunda de la explicación científica, a través de la historia de la ciencia?



## **1.3 Formulación de preguntas de Investigación**

### **1.3.1 Pregunta General**

¿Es posible que existan diferencias significativas, en la competencia explicación científica antes y después de aplicar una unidad didáctica que incorpora la historia de la ciencia?

### **1.3.2 Preguntas Específicas**

- ¿Qué tipo de explicación científica manifiesta el estudiantado antes de la aplicación de una unidad didáctica que incorpora la historia de la ciencia en la enseñanza de la óptica?
- ¿Qué características tiene la explicación científica del estudiantado después de la aplicación de una unidad didáctica con este fundamento teórico?
- ¿Qué características cambian y cuáles se conservan en la explicación científica del estudiantado después de aplicar dicha unidad didáctica?

## **2- OBJETIVOS**

### **2.1- Objetivo general**

Analizar si existen diferencias significativas en la competencia explicación científica del estudiantado de 1º Medio, antes y después de aplicar una unidad didáctica que incorpora la historia de la ciencia.

### **2.2- Objetivos específicos**

- Identificar el tipo de explicación científica que se manifiesta en el estudiantado, previamente a la aplicación de la unidad didáctica
- Identificar el tipo de explicación científica que se promovió después de aplicada la unidad didáctica
- Comparar la explicación científica antes y después de aplicada la unidad didáctica.

## **3.- MARCO TEÓRICO**

### **3.1.- COMPETENCIAS EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA**

#### **3.1.1.- Competencias básicas**

*“Para saber ya no sólo basta con adquirir el conocimiento sino que también hay que saber aplicarlo en nuestra vida diaria. A esto es lo que se llama adquirir competencias básicas y se ha convertido en la base fundamental en educación”. (Mirasierra, 2008,).* De acuerdo a este nuevo enfoque en la educación se debe cambiar la forma del cómo y para qué enseñar, ya no basta enseñar un contenido donde predomine el aprendizaje memorístico tales como: identificar, reconocer, distinguir, etc. sino que al contrario se deben desarrollar comprensiones y habilidades más complejas tales como: justificar, interpretar, explicar, argumentar, relacionar, formular hipótesis, etc. El contenido no debe ser una mera información más para acrecentar el acervo cultural del estudiantado, sino que, tiene que tener éste contenido un sentido en el estudiante, así se habrá logrado un aprendizaje significativo el cuál le permitirá entender, analizar e intervenir en forma positiva a nivel local y global, tanto en la sociedad como en la preservación de su entorno natural.

En consecuencia con lo anterior hoy en día, la educación esta enfocada desde el concepto de desarrollo de competencias en los alumnos de esta forma garantizar que al termino de la enseñanza obligatoria los jóvenes hallan alcanzado una serie de competencias que le permitan realizarse en forma personal, ejercer la ciudadanía activa, incorporarse a la vida adulta de manera satisfactoria y ser capaz de desarrollar un aprendizaje permanente a lo largo de su vida.

Existe una variada gama de definiciones con respecto a lo que ha competencias se refiere. “Las competencias son habilidades vinculadas con el desempeño autónomo, el conocimiento aplicado y aplicable, el conocimiento en acción, el saber resultante de saber hacer y saber explicar lo que se hace” (Braslavsky, 2001. cit. Ospina, 2008, p 3).

El rol fundamental de la educación es formar personas flexibles, eficaces, críticas y autónomas, que sean capaces de afrontar nuevas e imprevisibles demandas del aprendizaje. Ante tantos rotulados que se encuentran en los diferentes textos sobre que se debe desarrollar en los alumnos, como por ejemplo: habilidades, destrezas, competencias, etc.. No importa que nombre se le de, lo importante es entender que, lo qué se debe lograr en los alumnos es el desarrollo de saberes, haceres y de unos valores que le permitan desenvolverse en diferentes áreas. Una propuesta de la UNESCO (1990) habla de *“formar personas con conocimientos teóricos, prácticos y valorativos actitudinales en todos los niveles educativos”*. Luego vino el informe Delors (1996) “La educación encierra un tesoro” que introduce el ámbito de los saberes en la educación: saber ser, saber conocer, saber hacer y saber convivir. (Ospina, 2008, p. 3)

El saber ser esta relacionado en la articulación de valores, actitudes. Se caracteriza por la construcción de la identidad personal y la conciencia y el control del proceso emocional actitudinal en la realización de una actividad. Es la capacidad de hacerse responsable de su propio proyecto de vida. *En el saber ser se incluye el saber convivir.*

Cuando se aprende a conocer, se es capaz de determinar qué del conocimiento se requiere y cómo, cuando y para qué se debe usar. El saber

hacer consiste en saber actuar con respecto a la realización de una actividad o resolución de problema, comprendiendo el contexto.

Existen diversas formas de clasificar las competencias, una de las divide en competencias básicas, genéricas y competencias específicas. Las competencias básicas son las fundamentales para vivir en sociedad y desenvolverse en cualquier ámbito laboral. Permiten analizar, comprender y resolver problemas de la vida cotidiana: competencia comunicativa, competencia matemática, competencia de autogestión, competencias cognitivas de procesamiento de información.

Las competencias científicas en ciencias son aquellas que les permiten a los alumnos que aprenden interpretar el mundo con teorías científicas. Algunos ejemplos de competencias científicas son: argumentar, definir, comunicar, comparar, observar, plantear hipótesis, identificar los elementos de un fenómeno, comprender, calcular, modelizar, escribir formulas de una manera correcta, etc. *“Las competencias científicas deben generar actividades científicas, a partir de situaciones en las que se puede intervenir en la sala y fuera de ella”*. (Ospina, 2008, p. 7)

Según Ospina (2008, p. 8), enseñar por competencias debe generar cambios como:

- *“Disponer los contenidos en función de lo que queremos que los estudiantes hagan con él”*.
- *“Darle más importancia a diseñar situaciones de aprendizaje y desarrollo de competencias que a la preparación formal que se va a transmitir”*.
- *“El hacer, para aprender a saber hacer tiene una gran importancia, El alumno tiene que desempeñarse en situaciones distintas, no*

*repetitivas para resolver diferentes problemas en relación al nivel de complejidad. Demostrar qué es capaz de hacer y hacer bien”.*

- *“Enfatizar el aprender a aprender. Aprender a convivir y aprender a ser”.*

Además, enseñar por competencias implica especificar y definir los contenidos y las competencias que van a enseñarse, establecer las situaciones en que se van a desarrollar.

### **3.1.2- Competencias Científicas.**

La apertura de los países en vías de desarrollo hacia las comunidades desarrolladas, a través de la globalización, a generado un proceso tan acelerado en los alumnos producto del contacto de una alta tecnología reflejada en los productos tecnológicos a los cuales tienen acceso y que los pone en contacto con un conocimiento que va más allá de los transmitidos por los profesores en el aula, lo cual ha generado en los alumnos una vertiginosa transformación tanto en lo social, cultural y científico, entre otros (PISA 2006). En forma paralela los profesores de ciencias siguen presentando los contenidos con un criterio reduccionista y modelado en el cual se simplifica el grado de dificultad, el resultado de esta postura más la actitud que manifiestan los profesores en relación al “profesor de ciencias” y la “ciencia” (Quintanilla, 2008) es que se produce un quiebre entre la ciencia y los alumnos, mejor dicho de otra manera, un quiebre entre la forma de enseñar ciencia y los alumnos, ya que en la gran mayoría de ellos la enseñanza de esta disciplina no le es atrayente, por tanto, lo que se les enseña no es significativo ya que no ven la conexión del contenido con sus intereses, problemas e inquietudes. Es necesario que los profesores de ciencia se posesionen de nuevas formas de enseñar y hacer ciencia en el aula, *“asuman la llamada Sociedad del*

*Conocimiento*” (Quintanilla, 2008). Esto implica que el profesor de ciencia debe dar un enfoque diferente a la enseñanza de la ciencia, el cual logre en los alumnos la promoción de competencias que al término del proceso le permitan a los alumnos enfrentar su vida con cierto dominio de habilidades que le permitan pensar reflexivamente, tener un espíritu crítico hacia ellos mismos y con la sociedad a fin de perfeccionarse y perfeccionar de modo continuo, ser creativos y aplicar lo que saben y construir nuevos conocimientos.

La competencia científica al igual que las otras competencias en sí están relacionadas con el saber ser, saber conocer, saber hacer y saber convivir. La competencia, sin determinaciones, es vacía. La competencia lingüística, la competencia comunicativa, la competencia ciudadana o la competencia científica reciben su significado de su campo de aplicación.

Se hace necesario que en el área de ciencia se desarrollen competencias científicas que *“permitan al alumno afrontar situaciones diversas, sobre la base de un cierto dominio de habilidades y recursos que a buen término le faciliten pensar, explorar, captar, formular, percibir, atender, manipular, comunicar y transferir conocimiento científico de una manera ágil y productiva, representan una combinación dinámica de atributos en relación a conocimientos, habilidades, actitudes, valores y responsabilidades que describen los resultados de aprendizaje dentro de un programa educativo mucho más amplio y enriquecedor, en el que los alumnos son capaces de demostrar de manera no reproductiva que han aprendido y comprendido la ciencia como una actividad humana”*.(Quintanilla, 2001)

En el sistema educacional chileno la Unidad de Curriculum del Ministerio de Educación realizó estudios de seguimiento a la implementación curricular entre los años 2002 y 2006. La evidencia de estos estudios muestra que en la

implementación curricular y evaluación de aprendizajes, suelen predominar los aprendizajes memorísticos, en desmedro del desarrollo de comprensiones y habilidades más complejas. (MINEDUC, 2010).

En la implementación curricular del MINEDUC., que se comienza a aplicar a partir del año 2010, se clasifican en un mapa de progreso del aprendizaje que describen la secuencia en que se desarrollan determinadas áreas o dominios que se consideran fundamentales en la formación de cada estudiante. Este mapa de progreso del aprendizaje es un complemento del marco curricular (OFP-CMO) y programas de estudio, genera una relación entre currículum y evaluación, entregando criterios comunes para observar y describir el aprendizaje logrado, promoviendo la observación de las competencias claves que se deben desarrollar.

El mapa de progreso describe el aprendizaje en 7 niveles desde 1º Básico a 4º Medio. Cada nivel está asociado a lo que se espera que los alumnos hayan logrado cada dos años, el primer nivel indica el nivel de logro que se espera que alcancen la mayoría de los alumnos al término de 2º Básico, el segundo nivel corresponde al término de 4º Básico, tercer nivel al término de 6º Básico, así sucesivamente, el séptimo nivel corresponde al término de 4º Medio para alumnos sobresalientes.

Los indicadores de las competencias científicas para el sector de ciencias, según el MINEDUC. Son:

**a. Nivel 7 Sobresaliente:**

- Evalúa críticamente las relaciones entre las hipótesis, los conceptos, los procedimientos, los datos, los resultados y las



conclusiones de investigaciones científicas vinculadas al contenido tratado, argumentando con profundidad y considerando el contexto.

- Evalúa el impacto en la sociedad del avance del conocimiento científico relacionado con el contenido estudiado, argumentando con profundidad, considerando distintos contextos de aplicación y sugiriendo soluciones a problemas que afectan a la sociedad.

#### **b. Nivel 6.**

- Comprende las relaciones cuantitativas entre las magnitudes que describen el contenido estudiado.
- Comprende los principios y leyes.
- Comprende diversos fenómenos y sus aplicaciones por medio del concepto.
- Evalúa críticamente entre hipótesis, conceptos, procedimientos, datos, resultados y conclusiones de investigaciones científicas clásicas y contemporáneas.
- Evalúa las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.
- Reconoce que cuando la información no coincide con alguna teoría científica aceptada la información es errónea o fraudulenta, o la teoría es incorrecta.

#### **c. Nivel 5**

- Comprende las relaciones cuantitativas entre las magnitudes que permiten describir el contenido tratado.
- Explica diversas situaciones, aplicando los principios. Describe problemas, hipótesis, procedimientos experimentales y

conclusiones en investigaciones científicas clásicas, relacionándolas con su contexto socio-histórico.

- Interpreta y explica las tendencias de un conjunto de datos empíricos propios o de otras fuentes en términos de los conceptos en juego o de las hipótesis que ellos apoyan o refutan.
- Reconoce las limitaciones y utilidad de modelos y teorías como representaciones científicas de la realidad.

#### **d. Nivel 4**

- Reconoce las magnitudes que permiten describir el contenido estudiado.
- Formula un problema, plantea una hipótesis y realiza investigaciones sencillas para verificarlas, controlando las variables involucradas.
- Representa conceptos en estudio a través de modelos y diagramas.
- Elabora criterios para organizar datos en tablas y gráficos. Comprende la diferencia entre hipótesis y predicción y entre resultados y conclusiones en situaciones reales.
- Comprende que el conocimiento científico es provisorio y que está sujeto a cambios a partir de la obtención de nueva evidencia.

#### **e. Nivel 3**

- Reconoce las características elementales del contenido tratado e identifica usos y medidas de seguridad al trabajar con ella.
- Formula preguntas comprobables y planea y conduce una investigación simple sobre ellas.

- Elabora esquemas para representar conceptos, organiza y representa series de datos en tablas y gráficos, e identifica patrones y tendencias.
- Formula y justifica predicciones, conclusiones, explicaciones, usando los conceptos en estudio.
- Reconoce que las explicaciones científicas vienen en parte de la observación y en parte de la interpretación de lo observado.

#### **f. Nivel 2**

- Establece relaciones entre las magnitudes físicas en situaciones concretas.
- Diferencia cualitativamente los conceptos del tema tratado.
- Reconoce la utilidad de la medición de las variables para hacer comparaciones entre ellas.
- Obtiene evidencia mediante investigaciones sencillas guiadas.
- Efectúa mediciones utilizando unidades de medida estándar. Registra y clasifica información utilizando dos o más criterios, y representa datos en tablas y gráficos simples.
- Formula predicciones, conclusiones y explicaciones posibles acerca de los problemas planteados y las justifica con información.
- Distingue evidencia de opinión.

#### **g. Nivel 1**

- Comprende en forma cualitativa los conceptos.
- Reconoce y describe los efectos del concepto en estudio sobre los objetos en situaciones cotidianas.

- Realiza observaciones en su entorno y las describe en forma oral y escrita.
- Compara y clasifica de acuerdo a categorías elementales.
- Hace preguntas y conjeturas realistas sobre funciones, causas y consecuencias de lo que observa y conoce.
- Reconoce que entre dos descripciones de un mismo objeto pueden surgir diferencias.

### **3.1.2.1 La explicación como competencia científica**

En el campo de las competencias científicas, existe una en la cual el estudiantado acredita la capacidad de explicar fenómenos con una base científica, aplicando el conocimiento de la ciencia pertinente a una determinada situación. Cuando el estudiantado se apropia de esta competencia científica, significa que tiene la capacidad de describir o interpretar fenómenos y predecir cambios como también la capacidad de reconocer o identificar las descripciones, explicaciones y predicciones pertinentes al caso. Dicha competencia científica es la explicación científica. Explicar es una de las operaciones fundamentales de la ciencia. De aquí la importancia de determinar qué es, que características tiene etc.

En concordancia con el problema de la explicación científica, las distintas corrientes epistemológicas han tratado de dar una respuesta a lo que se entiende por explicación científica.” *Las formas que adopta y el rol que juega en la construcción del conocimiento, su relación con las teorías y los modelos y su implicancias para el proceso de enseñanza de las ciencias naturales*” (Concari, 2001).

En relación a la explicación científica, el principal problema de la epistemología, es si se preocupa por cuestiones de tipo normativas ó fácticas

(fundamentadas en hechos). Ya sea desde lo normativo ó fáctico la epistemología intenta responder qué se entiende por explicación, relacionado con la ciencia, es decir la explicación científica.

La concepción actual, más generalizada, es que las teorías explican los fenómenos describiendo la realidad subyacente a ellos y prediciendo nuevos fenómenos. Klimovsky (1995) aporta a la distinción explicación – predicción, diciendo *“que una predicción se refiere a consecuencias observacionales que son esperables que ocurran y no constituye una corroboración del enunciado dado por ello, ni da razones para la verificación. En la explicación, el hecho ya ha ocurrido y a través de la explicación científica se intenta dar las razones por las que ese hecho, descrito por un enunciado verdadero, se ha producido así y no de otra manera”*. (cit. Concari, 2001, p. 87).

Existen variadas posturas para poder definir que se entiende y que características tiene la explicación científica, por ejemplo: Popper(1976); Kuhn(1962); Pearson(1900); Klimovsky(1995); Hempel(1965); Bunge(1988); Maturana(1995); García(1979). Englobando todas las posturas Gilbert (1998) clasifica el tipo de explicación 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: Como 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.

De esta clasificación que plantea Gilbert (1998), las más recurrentes por parte, tanto del docente como el estudiantado es la explicación descriptiva.

En la enseñanza de la Física a nivel de Enseñanza media se le pide al alumno que explique el comportamiento de un fenómeno, como por ejemplo, preguntas tipos en el campo de la óptica es ¿Qué sucede con el rayo de luz cuando pasa de un medio a otro de mayor densidad?, ¿Por qué cuando se introduce un lápiz en un vaso transparente con agua, al observar al vaso por el lado se ve al lápiz quebrado?, este tipo de preguntas son las más recurrentes por parte del docente y, a su vez el estudiantado responde con mayor facilidad. Esto implica que tanto docentes como alumnos están encuadrados fundamentalmente en dos tipos de explicación: la descriptiva y la causal. Si bien es cierto que, el alumnado esta fuertemente influenciado por las ideas previas y representaciones mentales que ellos poseen y la reticencia a desechar viejos modelos que, limitan el aprendizaje, es conveniente que el docente en el desarrollo de los contenidos genere instancias para que paulatinamente también se desarrollen los otros tipos de explicación.

## **3.2 METODOLOGIA INDAGATORIA EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA FÍSICA**

### **3.2.1. Fundamentos de la Metodología Indagatoria**

En este apartado presenta los fundamentos o bases para la metodología indagatoria en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, mostrando su presencia en el ajuste curricular, el acercamiento de las ciencias al aula, su

aporte en la modificación de la imagen social de la ciencia y el aporte, en cuanto al aprendizaje, de cada una de las etapas.

### **3.2.1.1. Desarrollo de conocimiento y habilidades de pensamiento científico en el marco curricular**

Nuestro país se encuentra actualmente en un proceso de ajuste curricular. El proceso de construcción de mapas de progreso de aprendizaje ha hecho necesario alinear el marco curricular con dichos mapas de progreso. Se pretende adicionalmente mejorar la secuencia curricular que existen en la actualidad, describiendo de manera explícita el progreso de habilidades y contenidos desde 1° Básico a 4° año Medio, así como actualizar el currículum en base a los desarrollos que desarrollo que han tenido las disciplinas científicas en los últimos años (MINEDUC, 2010).

En el ámbito de las ciencias, el ajuste presenta las habilidades de pensamiento científico como una dimensión que cruza transversalmente todos los dominios definidos, por lo tanto, está presente a lo largo de todas sus disciplinas. A través del desarrollo de habilidades científicas, el aprendizaje se orienta en función del desarrollo de destrezas y capacidades del pensamiento, tales como: clasificación, análisis, síntesis, capacidad de abstracción y cuestionamiento.

Con esta base se llega a involucrar a los alumnos hasta en ciclos completos de investigación empírica, donde se procede, desde la formulación de una pregunta o hipótesis de trabajo (focalización), la obtención de datos (exploración), el análisis y las conclusiones (reflexión), aplicación a situaciones nuevas. Esto se describe en progresión desde 1° Básico a 4° año Medio,

partiendo por la formulación de preguntas o conjeturas hasta la puesta en marcha de estrategias que responden al desarrollo de un objetivo trazado (CPEIP).

En el marco curricular actualmente en proceso de aprobación (MINEDUC, 2010), la selección de objetivos fundamentales y contenidos mínimos obligatorios del sector de Ciencias Naturales se ha realizado con el propósito que los alumnos desarrollen:

- Habilidades de Indagación que son características de la búsqueda científica.
- Conocimiento científico del mundo natural y respeto por su unidad y diversidad.
- Entendimiento de algunos de los conceptos y principios claves de las ciencias referidas.
- Conocimiento de la ciencia como empresa humana e histórica, sus implicaciones, tanto en términos de sus fortalezas como de sus debilidades.
- Capacidades de utilización de conocimiento científico para propósitos personales y sociales

La metodología indagatoria permite, en este sentido, el desarrollo de cada una de estas dimensiones, pues el ciclo de aprendizaje indagatorio involucra activamente al alumno al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, donde el docente solo actúa como un guía, esto, facilita la entrega eficiente de destrezas y habilidades que radican, finalmente, en la obtención de aprendizajes significativos.



El nuevo marco curricular, como se mencionó anteriormente, tiene como principal objetivo inculcar la enseñanza de las ciencias de manera transversal a lo largo de los 12 años de escolaridad, esto, con el fin de familiarizar un tema tan complejo como es la ciencia, logrando con esto que los alumnos obtengan habilidades de indagación, que se interesen por las ciencias, que comprendan conceptos científicos aparentemente difíciles de comprender, entre otros.

#### 3.2.1.2 Desarrollo de las ideas previas

El punto de partida de la metodología indagatoria son las ideas previas de los alumnos, las cuales representan modelos coherentes de los fenómenos que se presentan con frecuencia en los ambientes de clase. Los docentes experimentados comprueban que los alumnos tienen sus propias concepciones sobre los fenómenos, aunque a veces estas puedan parecer incoherentes, al menos desde el punto de vista del docente. Asimismo, se comprueba que a menudo persisten aunque no concuerden con los resultados experimentales o con la explicación del docente, en otras palabras, pueden ser ideas estables. El conocimiento de las ideas previas permite la elección de los conceptos que se enseñarán, las experiencias de aprendizaje que entren en conflicto con las expectativas, de manera que les obligue a reconsiderarlas, y el cuidado al momento de presentar los objetivos de las actividades propuestas, ya que pueden llevar a un final inesperado, como el desarrollo erróneo del objetivo por los alumnos. (Driver, Guesne, y Tiberghien, 1998). Se puede decir en este sentido que la metodología indagatoria, más que simplemente considerar las ideas previas a la hora de diseñar las experiencias de aprendizaje, las toma como base y punto de partida para dicho diseño.

#### 3.2.1.3 Imagen social de la ciencia

Existe una percepción arraigada en la población respecto de la ciencia y el trabajo de los científicos. En general se cree que hay un y solo un método científico (formulación de hipótesis, resolución de problemas, observaciones, registro de datos, desarrollo de investigaciones, diseño de experiencias y comunicación) y que las teorías científicas son verdades absolutas e irrefutables. Esta percepción se puede desglosar de la siguiente según Liguori y Noste (2005):

- El conocimiento científico está por sobre todos los otros conocimientos.
- La observación es siempre objetiva e independiente del observador.
- Con la ciencia siempre se puede experimentar
- Los científicos trabajan solos en sus laboratorios (se les considera altamente individualistas) y la gran mayoría son hombres.
- Los científicos son genios sabios y que están por sobre “la gente común”, etc.

Estos parámetros indican que la percepción que predomina acerca de la ciencia y de los científicos en general recae en conceptos como: complejidad, dificultad, seguridad, seriedad, etc., características que son utilizadas por variados medios (entre ellos los medios de comunicación y la propia experiencia escolar) para presentar a la sociedad una imagen equivocada de la ciencia.

La reproducción en el aula (adaptada por parte del docente para el logro de aprendizajes) del proceso mediante el cual los científicos producen el conocimiento científico, que es una de las características de la metodología indagatoria, permite que los alumnos desarrollen una comprensión mayor acerca de la naturaleza de la ciencia, entendida como “la comprensión de lo que es la Ciencia, el cómo se genera y desarrolla conocimiento y cómo la ciencia se relaciona con la sociedad. Este aspecto, declarado como parte del

concepto de competencia científica, es de especial relevancia si se pretende que los futuros ciudadanos tomen decisiones de manera informada en ámbitos sociales o personales relacionados con la ciencia (Abd-El-Khalick, Buojso y Duschi, 2004). Esta comprensión permite la modificación y el desarrollo de una imagen acerca de la ciencia más cercana y plausible de ser desarrollada y comprendida por todas las personas, en especial, por todos los alumnos.

### 3.2 Aprendizaje significativo

Para otorgar una educación científica de buen nivel, se debe recrear el proceso a través del cual la comunidad científica produce conocimiento científico, adaptando dicho proceso al trabajo en el aula mediante la contextualización de un problema, enunciación de una hipótesis, contraste de puntos de vista, la presentación de conclusiones, y finalmente la aplicación de lo aprendido.

El objetivo principal es que sean los alumnos quienes utilicen sus medios para resolver problemas, realicen sus hipótesis, diseñen sus experimentos, etc., todo esto para lograr que construyan su conocimiento y desarrollen un aprendizaje significativo (Ausubel, 2002 citado en Liguori, y Noste, 2005), lo cual se fundamenta en *“la asimilación de nueva información se basa en las relaciones jerárquicas que la persona establece entre los conceptos que conoce. En esta asimilación juegan una función muy importante aquellos conceptos llamados inclusores, que en definitiva son aquellos que asimilan, subsumen, la nueva información”*. Para el logro de aprendizajes perdurables en el tiempo es necesario que los alumnos sean capaces de vincular los nuevos conocimientos con la funcionalidad que éstos poseen, otorgándoles un significado, tanto desde el punto de vista de la lógica, como desde el punto de

vista de la asimilación, lo que permite generar, por medio de procesos cognitivos, este tipo de aprendizaje (Moreira, 1980).

Aunque en términos declarativos la mayoría de los docentes propugna la necesidad de desarrollar aprendizajes significativos mediante estrategias que apuntan a la construcción del conocimiento por parte de los alumnos, el aprendizaje memorístico esta muy presente en el aula, ya que surge inevitablemente como parte de la tradición escolar, y como un modelo que aparece como eficiente (aunque no necesariamente efectivo) para cubrir los contenidos que el programa oficial indica.

Contra la corriente memorística de la educación, Novak (1978) presenta su teoría educativa en el aprendizaje significativo y en el proceso de asimilación de la nueva información que conlleva. Declara, que *“el aprendizaje significativo está en el mismo continuum que el aprendizaje memorístico, siendo la naturaleza mecánica o significativa de las relaciones que un individuo establezca entre lo que sabe y la nueva información la que determine el tipo de aprendizaje al que más se aproxime esa persona: memorístico o significativo”* (Novak, 1978, p. 129-138).

El tomar como punto de partida las ideas previas de los alumnos, y desarrollar actividades prácticas que permiten que los alumnos sean capaces de investigar y extraer información que les permita responderá las preguntas formuladas respecto a la temática investigada, así como el hecho de desarrollar conocimiento a partir del análisis de la experiencia apunta justamente a la significatividad de los aprendizajes. En la metodología indagatoria el conocimiento surge en el contexto de la investigación y la experiencia concreta, lo que lo dota de una significatividad mucho mayor para los alumnos.

En este mismo sentido, una enseñanza indagatoria le entrega al alumno herramientas que le permiten la construcción de su propio conocimiento, dado que está obligado a pensar respecto de lo que sabe y cómo y por qué ha llegado a saberlo, en contraposición a la transmisión de conocimiento ya elaborado (propio del conocimiento memorístico), que no promueven los procesos indagatorios y dificultan la posterior construcción de aprendizajes por parte de los alumnos (González-Weil, Martínez-Galaz y Martínez, 2009)

### 3.2.1. Desarrollo Actitudinal

Otro aspecto a considerar es la contribución de la metodología indagatoria al desarrollo personal de cada uno de los alumnos que conforman el grupo clase. En una clase indagatoria, la modalidad de trabajo más común es el trabajo en grupos colaborativos, lo cual, bien llevado, fomenta el trabajo en equipo.

Puesto que los alumnos deben expresar sus ideas en los diversos momentos de una clase, tanto de forma oral como escrita, se generan instancias de debate e intercambio de ideas tanto con sus compañeros como con el docente, lo que ayuda al desarrollo de sus capacidades de comunicación y argumentación, al tiempo que se desarrolla una actitud de respeto y aceptación de la opinión de los demás (González-Weil, Martínez-Galaz y Martínez, 2009). Adicionalmente, el hecho de que los alumnos trabajen con situaciones desafiantes y contextualizadas con su propia realidad, permite un aumento en su motivación por aprender.

En una clase basada en la indagación se fomenta la creatividad, dando el espacio para que los alumnos, por sus propios medios, puedan resolver una problemática. Se promueve una actitud crítica para discriminar positivamente la

veracidad de la información científica que aparece en los distintos medios de comunicación, ya que algunas fuentes de información no son del todo fiables (Liguori y Noste, 2005).

Una vez concluido el proceso de enseñanza y aprendizaje, se espera que los alumnos aprendan y posean la capacidad de construir nuevas ideas para estimular así el crecimiento de su propio campo cognitivo (aplicación).

#### 3.2.1.6. Posibles obstáculos en la implementación de la metodología indagatoria en las aulas

Según Windschit, Thompson, y Brasten (2008), hay algunos aspectos que pueden llegar a ser considerados como posibles problemas asociados a la implementación de la metodología indagatoria en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias:

- En ocasiones se hace imposible que los alumnos realicen directamente algunas actividades experimentales, debido a que se puede carecer de los recursos necesarios para su realización. No hay que dejar de mencionar que existe una gran cantidad de experimentos se pueden realizar con materiales que se encuentran en cualquier hogar y que además son de bajo costo.
- Se debe ser capaz como docente de encontrar alternativas para aquellos experimentos que sean imposibles de hacer en el aula y que a su vez sean necesarios en el proceso de enseñanza y aprendizaje, si no existiera alternativa, una buena posibilidad sería mostrar un video del experimento.
- Existen limitaciones en los tiempos de cada clase, ya que las actividades experimentales necesitan más dedicación que las clases expositivas, para esto se propone mezclar ambas metodologías, con lo cual el docente desarrolla ante todos el experimento, en forma demostrativa, con la ayuda de algunos alumnos, y luego se procede con las demás etapas.

- A menudo los docentes entienden la indagación científica desde un punto de vista muy procedimental, un “hacer por hacer”, dejando de lado el valor de la comprensión conceptual y la reflexión en la construcción del conocimiento por parte del alumno.
- Se producen dificultades en la construcción de diseños de actividades acordes con los objetivos propuestos. Este punto se abordará más adelante.

Los aspectos mencionados anteriormente, aunque se presentan como posibles obstáculos, pueden ser identificados por el docente para lograr una estrategia para superarlos.

### **3.2.2 Características de la Metodología Indagatoria**

En esta sección se explicarán las características de la metodología indagatoria, sus diversas etapas y su aporte a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

La metodología indagatoria es un modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Arenas, 2005), y tiene como propósito fundamental desarrollar en el estudiantado destrezas y habilidades para la construcción de conocimiento científico. Esta metodología toma como base elementos desarrollados por diversos autores, pero se centra principalmente en algunos preceptos de Piaget y el modelo de ciclo de aprendizaje propuesto por David Kolb.

Piaget (2000) plantea el hecho de que los niños deben aprender mediante experiencias concretas, que sean concordantes con su estado de desarrollo cognitivo. El paso hacia estructuras más abstractas (formales) de pensamiento procede de las modificaciones de las estructuras mentales

generadas en la interacción con el mundo físico y en la interacción social (Meciba, 2009).

Por su parte Kolb & Kolb (2005) propone tomar como punto de partida para el aprendizaje una experiencia concreta (EC), que implique el contacto directo y el uso de todos los sentidos, en el entendido de que esa experiencia concreta sea generadora de un nuevo conocimiento. Luego de la interacción directa con una experiencia concreta, se trabaja en la observación reflexiva (OR), que permite levantar lo percibido por parte del alumno, y considera tanto las ideas y pensamientos como las respuestas emocionales de los alumnos. Esto permite trabajar procesos de interpretación asociados al análisis de la experiencia descrita, la interrelación de lo observado así como la abstracción y generalización mediante la fase de Conceptualización Abstracta (CA), cuyo objetivo es la comprensión o explicación de la experiencia concreta, donde se integran tanto las ideas como los aspectos emocionales que, por ejemplo, permiten al alumno comprometerse con la generación del conocimiento y valorar su importancia en la generación de éste. Una vez lograda la abstracción, conceptualización y/o posible explicación se pasa a la etapa de aplicación denominada Experimentación Activa (EA). Esta etapa se desarrolla de manera intencional y bajo criterios que los mismos alumnos van determinando con el propósito de aplicar y/o comprobar el conocimiento generado en un contexto determinado, lo que puede generar a su vez una nueva Experiencia Concreta de aprendizaje. (Kolb & Kolb, 2005).

La metodología indagatoria se basa en ciertos supuestos didácticos que orientan la toma de decisiones en torno al currículo, y que se concretan, en último término, en secuencias organizadas de actividades de aprendizaje.



Algunos de estos supuestos didácticos son:

- Una concepción constructivista del aprendizaje: se sustenta en la idea de que la finalidad de la educación que se imparte en la escuela es promover los procesos de crecimiento personal de los alumnos en el marco de la cultura del grupo al que pertenecen. (Barriga,y Hernández, 1992).
- Una metodología activa centrada en el alumno: Satisfacer las necesidades de los distintos alumnos para que éstos lleguen a ser
- Personas seguras de sí mismas, motivadas y con una actitud activa y participativa de aprendizaje durante toda su vida (Liguori y Noste,. 2005).
- Una actitud indagatoria frente a la realidad, entendida como el desarrollo de la capacidad de los alumnos para hacerse preguntas y desarrollar estrategias para responder a estas interrogantes. “Esta actitud indagatoria permite a los alumnos aprender ciencias desde muy pequeños, convirtiéndolos en protagonistas de experiencias que son adecuadas y significativas para ellos, y que facilitan el aprendizaje no sólo los contenidos abordados por las actividades, sino además los procesos que permiten aceptarlos como correctos y verdaderos” (Liguori, y Noste, M. 2005 p. 90-91).
- Importancia de usar didácticamente las ideas de los alumnos: la metodología indagatoria toma como punto de partida las ideas previas de los alumnos, y desarrolla un conjunto de actividades (concretas y cognitivas) para poner a prueba dichas ideas previas (Martín y Porlán, 2001).
- Revalorización de la creatividad y de la autonomía: los alumnos son los actores principales en la construcción de sus conocimientos. El rol del docente es entregar las herramientas necesarias para que ellos sean capaces de desarrollar un método que les permita comprobar la hipótesis planteada, fomentando así la creatividad de los alumnos (Liguori y Noste, 2005 p. 91).

- Necesidad de enfatizar los procesos comunicativos en el aula: la comunicación es la clave para establecer relaciones fluidas entre el docente y los alumnos. La comunicación en el aula es uno de los principales elementos que el docente debe dominar, ya que de este modo, las explicaciones, comentarios, preguntas, dudas, etc. Que puedan tener los alumnos, se verán reducidas de manera considerable o, de no ser así, serán resueltas de la manera más ventajosa tanto para su entendimiento como para el control sobre la clase del docente (Borjas, 2002).

Toda actividad indagatoria toma como punto de partida los supuestos didácticos antes mencionados.

### **3.2.3 Etapas de la metodología indagatoria de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.**

En primer lugar, entenderemos que una actividad indagatoria no refiere solo al conjunto de experiencias prácticas que deben desarrollar los alumnos (la “guía”) sino a todo el proceso de aprendizaje, lo que incluye la reflexión inicial, el desarrollo de un conjunto de experiencias prácticas y/o de análisis, la reflexión final de la actividad y las aplicaciones del conocimiento adquirido, así como las diferentes instancias de intervención por parte del docente.

En este sentido, “toda actividad indagatoria parte de una situación-problema, una pregunta respecto de un fenómeno concreto que sea interesante de ser analizado e investigado por parte de los alumnos. Una vez que se formula la pregunta, el alumno elabora sus propias explicaciones para responder a esta pregunta, de manera de dar una primera respuesta desde sus conocimientos e intuiciones. Esta primera respuesta (hipótesis), para ser verificada, necesita ser puesta a prueba.

Para poder confirmar o desmentir su hipótesis, el alumno debe realizar una experiencia concreta que le permita saber si su hipótesis es correcta o no. Ahora el alumno analiza la experiencia realizada, compara sus resultados con su respuesta original y, si su respuesta no concuerda con los datos obtenidos, corrige y reelabora su respuesta. *“Esta respuesta, basada en una experiencia concreta, le permite resolver nuevos problemas y plantearse nuevas interrogantes relacionadas con la experiencia realizada”*. (Arenas, 2005, p. 2).

Esta descripción de una actividad indagatoria permite identificar cuatros grandes etapas o momentos en la metodología:

#### 3.2.3.1 Etapas de Focalización.

En esta etapa a los alumnos se les presenta el problema o pregunta a investigar. La situación planteada debe ser percibida por parte de ellos como problemática, y para ello debe ser interesante y/o cotidiana (una situación concreta y/o cotidiana se entiende como una situación contextualizada) (Rioseco y Romero, 2000). En este sentido el aprendizaje se desarrolla en un contexto de interés para el alumno, lo que facilita que esta actividad, y los aprendizajes obtenidos a partir de ella, sean verdaderamente significativos (Rioseco, y Romero, 2000).

Luego de que los alumnos internalicen la situación problema:

- Se debe desarrollar un diálogo entre ellos y el docente, en el cual se expongan sus ideas previas.
- Para lograr que los alumnos expongan sus ideas previas se deben hacer una o más preguntas motivadoras, las que derivan de la situación o pregunta problemática. Las ideas previas deben ser identificadas por el docente.

- Lo más importante de esta etapa es motivar a los alumnos a la indagación y hacer de la siguiente etapa una exploración de la veracidad de sus ideas previas.

### 3.2.3.2 Etapa de Exploración

Una vez explicitadas las ideas previas de los alumnos en la etapa de focalización, dichas ideas previas son puestas a prueba mediante un conjunto de experiencias de aprendizaje. Dichas experiencias son principalmente experimentales, pero incluyen el uso de modelos y simulaciones en los casos que resulte pertinente. Las experiencias de aprendizaje son antecedidas por la formulación de preguntas acerca del fenómeno a investigar, que permiten incentivar la curiosidad y promover una actitud indagatoria (Meciba, 2009).

La puesta a prueba de las ideas previas se realiza seleccionando actividades que presenten hechos discrepantes, es decir, que contradigan concepciones comunes) (Rioseco y Romero, 200?) y que permita el desarrollo de los objetivos y aprendizajes esperados que el docente pretende alcanzar mediante esta actividad.

El desarrollo experimental en esta etapa persigue un doble propósito. Por un lado, la puesta a prueba de las ideas previas de los alumnos permite, en caso de que éstas sean erradas o incompletas, la internalización de ideas alternativas más cercanas al conocimiento científico existente. Por otra parte, el desarrollo experimental permite el desarrollo de habilidades de pensamiento científico que le permitan a los alumnos “pensar y actuar de formas relacionadas con la investigación”, las que incluyen “*el hacer preguntas, planificar y llevar a cabo investigaciones, usar las herramientas y técnicas apropiadas para recolectar datos, pensar de manera crítica y lógica sobre las*

*relaciones entre la evidencia y las explicaciones, y comunicar argumentos científicos*” (National Research Council National Science Educational Academy, 1995).

En este sentido, se espera que los alumnos puedan trabajar en grupos colaborativos, tengan la posibilidad de manipular objetos concretos, exploren sus ideas, y a través de ello “establezcan relaciones, observen patrones, identifiquen variables y clarifiquen su comprensión de conceptos y destrezas importantes. Los alumnos explican, en sus propias palabras, para demostrar sus propias interpretaciones de un fenómeno” observado (Meciba, 2009, p. 1).

Las observaciones realizadas respecto del fenómeno investigado, así como los datos cualitativos y cuantitativos de la experiencia se registran por parte de los alumnos, lo que permite la posterior elaboración de conclusiones y análisis de la experiencia de manera autónoma, aunque con la guía del docente.

Si en esta etapa el desarrollo de una actividad práctica por parte de los alumnos es inviable o presenta demasiadas dificultades, es posible realizar una actividad demostrativa o el análisis de un video en que se muestre el fenómeno a estudiar. En este caso, se debe cautelar que los alumnos formulen preguntas, analicen el fenómeno, registren sus observaciones y elaboren conclusiones con la guía del docente. En otras palabras, el espíritu de indagación y construcción del conocimiento por parte de los alumnos es lo que debe ser cautelado.

### 3.2. 3.3 Etapa de Reflexión

Esta etapa es inmediatamente posterior a la realización del experimento. En este momento del trabajo se contrastan los resultados obtenidos de la

experiencia con la hipótesis planteada. El docente juega un papel muy importante en esta etapa, ya que él debe guiar a los alumnos en el proceso de retroalimentación.

En esta etapa del ciclo de aprendizaje indagatorio el docente puede introducir nuevo conocimiento, presentando definiciones o explicaciones de los fenómenos estudiados, así como sugerencias de mejora e introducción de destrezas asociadas a los procesos indagatorios, en base al contexto planteado en la fase exploratoria. Dichas definiciones pueden ser introducidas a través de clases expositivas, el uso de textos, software educativo, sitios de Internet, entre otras opciones (Meciba, 2009). En esta etapa los alumnos confrontan nuevamente sus ideas previas con lo aprendido a través de la actividad, modificando y refinando sus concepciones iniciales, y construyendo nuevos conceptos.

*“Estas actividades, guiadas por preguntas claves que les hace el docente, deberían ayudar a que los alumnos se cuestionen sus creencias y clarifiquen concepciones equivocadas o difíciles. El uso de metáforas y analogías (Ej., un alambre de metal es como una cañería y la corriente eléctrica es como el agua que corre por la cañería) es especialmente efectivo” (Meciba, 2009, p. 2).*

#### 3.2.3.4 Etapa de Aplicación

En esta última etapa se debe transferir lo aprendido a situaciones de la vida cotidiana en que dicho conocimiento pueda ser aplicado y puesto en práctica.

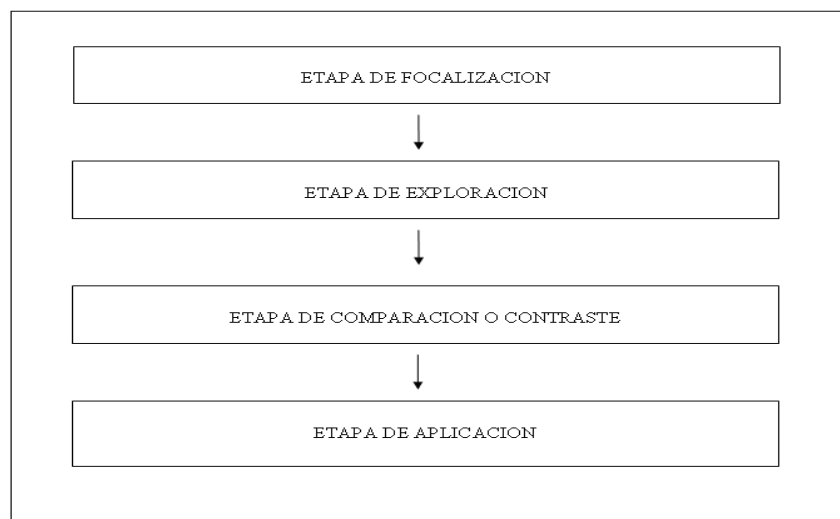
Esto permite que los alumnos amplíen, profundicen y consoliden sus nuevos conocimientos. También se pueden generar nuevas preguntas para futuras experiencias alternativas, que permitan desarrollar nuevos aprendizajes relacionados con los anteriores.

En este sentido, los alumnos demuestran en esta etapa el nivel de logro respecto de los aprendizajes establecidos para la actividad, pero también entrega información útil al docente para evaluar el grado de efectividad de la actividad realizada.

Las preguntas y actividades de evaluación se deben centrar en establecer la comprensión y razonamiento científico en la resolución de problemas concretos, en los cuales estos conceptos y principios son relevantes

A continuación se presenta en la figura 3, el orden de las etapas de la metodología indagatoria de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Figura 3. Etapas de metodología indagatoria de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.



### **3.2.4.- Implicancias de la metodología indagatoria en la sala de clases**

El desarrollo de una enseñanza y de un aprendizaje basado en la indagación trae consigo consecuencias profundas en la forma en que se comprende la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, y a su vez exige tanto al docente como al alumno ciertas habilidades y formas de pensar que distan mucho del aula tradicional de ciencias.

La indagación en la enseñanza y el aprendizaje tiene 5 características esenciales que se aplican en cualquier nivel escolar y que caracterizan además el aula de clase donde se aprende por indagación (Eduteka, 2004):

- Se compromete a los alumnos con preguntas de orientación científica. Esto implica que las preguntas deben centrarse en objetos, organismos y eventos del mundo natural.
- Los alumnos dan prioridad a la evidencia, que les permite desarrollar y evaluar explicaciones dirigidas a preguntas con orientación científica. En este sentido, la ciencia como cuerpo de conocimiento se distingue de otras formas de conocimiento por el hecho de siempre remitirse a la evidencia empírica como punto de partida para comprender cómo funciona el mundo natural.
- Los alumnos formulan explicaciones basadas en evidencia para responder preguntas de orientación científica. Este aspecto de la indagación hace énfasis en la ruta que se sigue entre la evidencia y la explicación, más que en los criterios y características de la evidencia.
- Los alumnos evalúan sus explicaciones a la luz de explicaciones alternativas, especialmente de aquellas que reflejan la comprensión científica. La evaluación y la posibilidad de revisar o eliminar



explicaciones, es una característica que diferencia la indagación científica de otras formas de indagación y sus subsecuentes explicaciones.

- Los alumnos comunican y justifican sus explicaciones. Los científicos publican sus explicaciones de manera que los resultados de ellas se puedan reproducir. Esto requiere una articulación clara de la pregunta, los procedimientos, la evidencia, las explicaciones propuestas y la revisión de explicaciones alternativas.

En la Tabla 1 se resumen algunas características esenciales de una sala de clases que basa su enseñanza y su aprendizaje en la indagación.

Así como la implementación de la metodología indagatoria establece ciertos parámetros para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, dichas exigencias se traducen en ciertas habilidades y actitudes por parte del docente y el alumno, de manera de poder llevar a la práctica de manera efectiva esta metodología. En la tabla 2 y 3, se comparan las características de un docente y un alumno indagatorio respecto de uno que no utiliza este enfoque.

Tabla 1. Características esenciales un aula de clases que basa su aprendizaje en la Indagación

Características esenciales	Variaciones			
<b>Se compromete a los alumnos / aprendices con preguntas orientadas científicamente</b>	El aprendiz plantea una pregunta	El aprendiz escoge entre varias preguntas, plantea nuevas preguntas	El aprendiz depura o clarifica la pregunta dada por el educador, el material u otra fuente	El aprendiz se compromete con la pregunta dada por el docente, el material u otra fuente
<b>Los alumnos / aprendices dan prioridad a la evidencia al responder las Preguntas</b>	El aprendiz determina que constituye evidencia y la reúne	El aprendiz se dirige a reunir o coleccionar ciertos datos	Al aprendiz se le dan datos y se le pide que los analice	Al aprendiz se le dan datos y se le dice cómo analizarlos
<b>Los alumnos / aprendices formulan explicaciones basadas en evidencia</b>	El aprendiz formula explicaciones después de compendiar la evidencia	El aprendiz se guía en el proceso de formular explicaciones teniendo de la evidencia	Se indican al aprendiz vías posibles para usar la evidencia para formular explicaciones	Al aprendiz se le provee la evidencia
<b>El aprendiz conecta las explicaciones al conocimiento científico</b>	Independientemente, el aprendiz examina otros recursos y establece vínculos para las explicaciones	Se direcciona el aprendiz hacia áreas y fuentes de conocimiento científico	Se dan al aprendiz posibles conexiones	
<b>Los aprendices comunican y justifican sus explicaciones</b>	El aprendiz formula argumentos razonables y lógicos para comunicar sus explicaciones	Se entrena al aprendiz en el desarrollo de la comunicación	Se suministra al aprendiz pautas amplias para una comunicación más efectiva	Se dan al aprendiz los pasos y procedimientos para la comunicación
<p>Más-----Cantidad de Autodirección del Aprendiz-----Menos  Menos-----Cantidad de Indicaciones del Docente o Material-----Más</p>				

Tomado de: Meciba, Ciclo de aprendizaje.

Tabla 2. Orientaciones para el profesorado desde la metodología indagatoria

<b>Conductas del Docente</b>		
<b>Estadios del Modelo de Instrucción</b>	<b>Que son consistentes con el modelo</b>	<b>Que son inconsistentes con el modelo</b>
<b>Exploración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentiva a los alumnos a trabajar colaborativamente sin la guía directa del docente</li> <li>• Observa y escucha a los alumnos mientras ellos trabajan</li> <li>• Cuando es necesario, hace preguntas que pueden orientar la investigación de los alumnos</li> <li>• Otorga tiempo para que los alumnos se cuestionen, piensen sobre el problema</li> <li>• Responde a preguntas que le formulan los alumnos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega respuestas</li> <li>• Da instrucciones de cómo solucionar un problema</li> <li>• Entrega conclusiones</li> <li>• Le dice a los alumnos que están equivocados</li> <li>• Entrega información o datos para ayudarlos a resolver el problema</li> <li>• Guía a los alumnos paso a paso en la resolución de un problema</li> </ul>
<b>Desarrollo Conceptual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentiva a los alumnos para que formulen definiciones y expliquen conceptos en sus propias palabras</li> <li>• Les pide a los alumnos que justifiquen (den evidencia) sus aseveraciones o ideas, que las clarifiquen</li> <li>• Entrega definiciones formales, explicaciones y nuevos conceptos</li> <li>• Utiliza las explicaciones de los alumnos, sus experiencias como base a su explicación de los conceptos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acepta respuestas sin pedir explicaciones o justificación</li> <li>• No le pide a los alumnos que ofrezcan explicaciones</li> <li>• Introduce conceptos y destrezas irrelevantes</li> </ul>
<b>Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espera que los alumnos utilicen los conceptos, definiciones, explicaciones y nomenclatura formal ya entregada</li> <li>• Incentiva a los alumnos a aplicar o extender los conceptos y destrezas a situaciones nuevas</li> <li>• Recuerda a los alumnos explicaciones alternativas</li> <li>• Refiere a los alumnos a los datos/información recogida: ¿Qué es lo que ya sabe? ¿Por qué piensas eso?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega respuestas</li> <li>• Entrega clase expositiva</li> <li>• Le dice a los alumnos que están equivocados</li> <li>• Entrega información o datos para ayudarlos a resolver el problema</li> <li>• Guía a los alumnos paso a paso en la resolución de un problema</li> </ul>
<b>Evaluación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observa a los alumnos aplicando lo aprendido</li> <li>• Evalúa los conocimientos y destrezas de a los alumnos</li> <li>• Busca evidencia de cambio conceptual o conductual en los alumnos</li> <li>• Permite que los alumnos se autoevalúen en sus destrezas, aprendizaje y colaboración</li> <li>• Hace preguntas "abiertas": ¿Por qué piensas que..? ¿Qué evidencia tienes? ¿Qué sabes sobre X? ¿Cómo se podría explicar X?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mide vocabulario, términos, información aislada</li> <li>• Introduce ideas o conceptos nuevos</li> <li>• Crea ambigüedad</li> <li>• Promueve discusión irrelevante al concepto o destreza</li> </ul>

Tomado de: Meciba, Ciclo de aprendizaje.

Tabla 3. Orientaciones para el estudiantado desde la metodología indagatoria

<b>Conductas del Alumno</b>		
<b>Estadios del Modelo de Instrucción</b>	<b>Que son consistentes con el modelo</b>	<b>Que son inconsistentes con el modelo</b>
<b>Exploración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piensa libremente dentro del contexto de la actividad</li> <li>• Evalúa sus predicciones e hipótesis</li> <li>• Formula nuevas predicciones e hipótesis</li> <li>• Trata distintas alternativas, discutiéndolas con su grupo</li> <li>• Registra observaciones e ideas</li> <li>• Suspende un juicio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deja que otros piensen y explora en forma pasiva</li> <li>• Trabaja aislado, sin interacción con sus pares</li> <li>• No logra focalizarse en la tarea</li> <li>• Se contenta con una sola solución y no busca otras alternativas</li> </ul>
<b>Desarrollo Conceptual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explica en sus propias palabras posibles alternativas o soluciones</li> <li>• Escucha atenta y críticamente las explicaciones que otros dan</li> <li>• Hace preguntas sobre las explicaciones que entregan otros</li> <li>• Escucha tratando de entender las definiciones formales, explicaciones, y nuevos conceptos que entrega el docente</li> <li>• Se refiere a sus experiencias previas</li> <li>• Utiliza sus registros de observación al elaborar explicaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrece respuestas sin explicaciones o justificación sin relación a evidencia</li> <li>• Introduce temas o experiencias irrelevantes</li> <li>• Acepta explicaciones sin pedir justificación</li> <li>• No se preocupa de evaluar distintas explicaciones</li> </ul>
<b>Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza los conceptos, definiciones, explicaciones y nomenclatura formal ya entregada al enfrentar una situación parecida</li> <li>• Utiliza lo que ya sabe para hacer preguntas, proponer soluciones, tomar decisiones, y diseñar experimentos</li> <li>• Registra sus observaciones, datos y explicaciones</li> <li>• Saca conclusiones razonables a partir de la evidencia recogida</li> <li>• Compara su comprensión con la de sus compañeros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se concentra en la tarea asignada</li> <li>• Entrega conclusiones sin basarse en la información y evidencia adquirida</li> <li>• Sólo se limita a repetir lo que el docente ya ha dicho</li> </ul>
<b>Evaluación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responde a preguntas abiertas en función a sus observaciones, evidencia, y explicaciones aceptables</li> <li>• Demuestra comprender o conocer los conceptos y destrezas</li> <li>• Autoevalúa sus destrezas, aprendizaje y colaboración</li> <li>• Hace preguntas "abiertas" que sugieren investigaciones de seguimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega respuestas o conclusiones que no se basan en la evidencia o explicaciones aceptables</li> <li>• Entrega respuestas de memoria, responde con si y no</li> <li>• Entrega explicaciones insuficientes</li> <li>• Introduce temas o conceptos irrelevantes</li> </ul>

Tomado de: Meciba, Ciclo de aprendizaje.

### **3.2.5. Aspectos específicos de cada etapa que deben considerarse al construir una actividad de aprendizaje indagatoria**

En la tabla 4 se establecen los objetivos de cada una de las etapas de la metodología indagatoria, la forma en que dichos objetivos pueden materializarse de forma concreta en la sala de clases, algunos elementos que deben considerarse a la hora de implementar cada una de las etapas en el contexto escolar, así como algunas preguntas de análisis que permitan interrogar una actividad indagatoria una vez que esté elaborada. El sentido de esta tabla es entregar algunas orientaciones que permitan la construcción y el análisis de actividades indagatorias por parte de un docente de física

Tabla 4. Orientaciones para el diseño y análisis de una actividad indagatoria.

Etapa	Objetivos de cada etapa	Como se puede materializar en la sala de clases	Qué debe considerarse a la hora de implementar	Algunas preguntas para analizar la elaboración de material indagatorio en cada etapa
Focalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centrar la atención del alumno en la temática a investigar, trabajar o tratar.</li> <li>- Recoger ideas previas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planteo de una situación problemática contextualizada</li> <li>- Lluvia de ideas</li> <li>- Breve discusión grupal y escritura de ideas que luego se comparten con el curso</li> <li>- Registro escrito de las ideas previas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La situación problema debe ser coherente con los objetivos de aprendizaje y actividades prácticas planificadas</li> <li>- Debe ser motivadora o un conjunto pequeño de preguntas</li> <li>- En la lluvia de ideas las ideas deben ser registradas pero no juzgadas</li> <li>- En la discusión grupal se debe respetar las posibles ideas divergentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿la situación planteada es una situación auténtica?</li> <li>- ¿Permite esta situación y las actividades posteriores lograr los objetivos de aprendizaje establecidos?</li> <li>- Las intervenciones del docente ¿coartan, censuran o respetan las ideas previas de los alumnos?</li> </ul>
Exploración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigar respecto de algunas preguntas planteadas o inquietudes establecidas en la etapa de focalización.</li> <li>- Poner a prueba las ideas previas de los alumnos de manera de utilizar el desajuste cognitivo para generar el conocimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Experimentos grupales</li> <li>- Experiencias demostrativas.</li> <li>- Construcción de modelos</li> <li>- Análisis de videos</li> <li>- Análisis de narraciones de experiencias previamente realizadas.</li> <li>- Otros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las actividades diseñadas deben ser coherentes y concordantes con los objetivos de aprendizaje</li> <li>- El diseño de la actividad debe considerar la puesta a prueba de las ideas previas de los alumnos, de manera que pueda generar un desequilibrio en su estructura de pensamiento que permita la reestructuración de su conocimiento y la introducción del nuevo conocimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Considera la actividad el contexto sociocultural de los alumnos?</li> <li>- ¿Considera la actividad la disponibilidad de materiales para su ejecución?</li> <li>- ¿Se ponen en juego las ideas previas de los alumnos a través de la actividad?</li> </ul>
Reflexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar la actividad y las conclusiones obtenidas en base a los datos recogidos.</li> <li>- Reelaborar, ajustar, corregir, ampliar las conclusiones</li> <li>- Introducir definiciones por parte del docente, asociadas al trabajo realizado y la temática investigada.</li> <li>- Introducir nuevos conocimientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis grupal de los resultados obtenidos.</li> <li>- Puesta en común de resultados y análisis a nivel de curso.</li> <li>- Análisis guiado por parte del docente para la elaboración de conclusiones de curso.</li> <li>- Introducción de definiciones y/o nuevo conocimiento por parte del docente.</li> <li>- Registro de las definiciones en el cuaderno por parte del alumno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El docente debe guiar con el cuidado de no imponer, el análisis de la actividad realizada y la elaboración de conclusiones generales por parte de todo el curso.</li> <li>- Las definiciones y nuevo conocimiento deben introducirse vinculando dichos conocimientos con la experiencia realizada.</li> <li>- Los alumnos deben registrar los aprendizajes esenciales, así como una reinterpretación en base a la lectura, tanto del nuevo conocimiento como las definiciones introducidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las conclusiones elaboradas ¿son un producto del análisis realizado por los alumnos?</li> <li>- Las definiciones y nuevo conocimiento introducido ¿se vinculan con la experiencia realizada? ¿Son coherentes?</li> <li>    ¿Se registra las definiciones y el nuevo conocimiento introducido?</li> <li>- Los alumnos ¿reelaboran el conocimiento que se les presenta o solo lo transcriben en sus cuadernos?</li> </ul>
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar el nivel de logro de los aprendizajes esperados para la unidad.</li> <li>- Transferir el conocimiento adquirido, aplicándolo en la resolución de situaciones problemas cercanos pero diferentes a los investigados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro autónomo de los aprendizajes por parte de los alumnos</li> <li>- Análisis y resolución de problemas vinculados con la temática.</li> <li>- Análisis de la investigación, proponiendo variaciones o nuevas experiencias para estudiar temáticas vinculadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las conclusiones y aprendizajes centrales que cada alumno ha internalizado no son necesariamente los mismos conceptos registrados en la etapa anterior, y por ello es importante el registro autónomo de cada alumno de sus aprendizajes.</li> <li>- En la aplicación y/o transferencia del conocimiento adquirido debe haber un acento en el análisis de fenómenos, y subordinar el cálculo sólo como una herramienta de análisis.</li> <li>- Se deben plantear situaciones que estén vinculadas con lo estudiado de manera de ampliar de manera natural la zona de desarrollo temprano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Existen instancias explícitas de aplicación del conocimiento adquirido?</li> <li>- ¿Se analiza el grado de adquisición de conocimiento de los alumnos? ¿Se le da un uso a esta información?</li> <li>- Las actividades de aplicación ¿privilegian el análisis y resolución de problemas concretos?</li> </ul>

### **3.3. Historia de la Ciencia en la Enseñanza y Aprendizaje de la Física**

La integración de la historia de la ciencia facilitara al alumno por una parte ubicarse en el contexto histórico desde cuando, el porque y la evolución del contenido en el tiempo comprendiendo que el concepto en sí no es estático, por tanto, no es determinista y que no es, en algunos casos, el descubrimiento de un ser superior, sino más bien un trabajo de investigación de uno o varios científicos en el transcurso del tiempo de la historia de la humanidad. Por otra parte desarrollara más su autoestima, cuando a través del conocimiento de la historia de las ciencias, asimile que aquellas personas de renombre mundial en el tiempo, al igual que muchos de ellos también tenían dificultades durante su vida tanto de índole personal como social. Luego ellos también pueden hacer aportes importantes en su entorno social.

Cuando se plantea la integración de la historia de las ciencias como una ciencia que aporta al aprendizaje de la ciencia, dista mucho de pensar que es entregar datos biográficos del científico cuyo contenido se esta tratando, ya que esto no influye en que el alumno se apodere y haga suyo el contenido tratado, para él no será significativo. La integración de la historia de la ciencia, que se plantea en forma implícita dentro de los cambios en el nuevo ajuste curricular, *“Por medio de las habilidades del pensamiento científico [...] implica el desarrollo experimental como también con el trabajo analítico no experimental y la reconstrucción histórica de conceptos”*, que tiene como finalidad orientar al alumno para que se ubique en el contexto cultural, social y tecnológico cuando fue desarrollada la ley, principio, etc. y su evolución en el tiempo.

El uso de la historia de la ciencia puede ser un instrumento importante para mejorar la enseñanza de la ciencia, aunque existen distintas opiniones

no sólo acerca de cómo se debe utilizar, sino aun si es que debe hacerse (Matthews, 1994; Solbes y Traver, 1996 y 2001). A pesar de las posibles controversias, es claro que en tanto se considere positivo plantear cierto grado de problematización de los temas para su enseñanza, la historia de la ciencia constituye una especie de sitio ideal en el que es posible encontrar directamente los conceptos surgiendo de los problemas que les dieron origen. Es interesante destacar que, por ejemplo, Matthews (1994.) cita que Mach (Ernest Mach, físico y filósofo, 1838-1916) sostenía que para comprender un concepto teórico es necesario comprender su desarrollo histórico (Iparraguirre, 2007).

La relación entre la Historia de la Ciencia y Educación Científica, se sustenta en una enseñanza de las ciencias que permita saber ciencia y sobre la ciencia (Matthews, 1994), reconociendo la importancia de lo seres humanos como sujetos históricos pertenecientes a determinados contextos sociales, políticos y culturales; la dinámica evolutiva y transformadora de la actividad científica *“el progreso científico no como un progreso acumulativo sino como un proceso cultural donde los nuevos conocimientos implican reelaboraciones de los saberes previos”* (Camacho, 2010).

Según señala Camacho (2010), la integración de la Historia de la Ciencia en el proceso educativo tiene tanto detractores como adeptos, existen los argumentos necesarios que sustentan la importancia de su incorporación: la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (Erduran, Adúriz-Bravo & Naaman, 2007; Álvarez, 2006; Solsona, 2007; Fernández, 2000; Izquierdo, 2000; Matthews, 1994; Quintanilla, Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005; Solbes y Traver, 2001). Los cuales presentan un enfoque más humanizadora de las ciencias, no tan abstractas y más cercana al estudiantado.

Sin embargo, según propone Camacho (2010) la integración de la historia de las ciencias, por sí sólo, no garantiza el logro de los objetivos



planteados para el alumno. El profesorado de ciencias no tiene un gran conocimiento de la Historia de la ciencia, más bien cuando se refiere a la historia se avoca a datos biográficos del científico que a la evolución en la construcción del conocimiento a través del tiempo tal como exponen: Izquierdo, Quintanilla, Vallverdú y Merino (2006) *“ la visión anacrónica de la historia, que no sólo es falsa, sino que podría utilizarse para sustentar toda clase de retóricas en lugar de favorecer una reconstrucción serena y documentada, y un reconocimiento de la falta de ellos, cuando sea así”*. (p.82). Además, de algunas dificultades en relación con la *“poca o nula formación del profesorado en Historia de la Ciencia y la falta casi absoluta de materiales didácticos apropiados, en todos los niveles educativos”* (Álvarez, 2006; Chamizo, 2005).

De lo anteriormente expuesto se hace imprescindible que el profesorado de ciencias se involucre y adquiera los dominios pertinentes de la Historia de la Ciencia, si bien es cierto que la inclusión de ésta en el proceso educativo no asegura una solución en todos los aspectos críticos de la educación en ciencias, si aporta elementos importantes en el desarrollo de las competencias del pensamiento científico. Como dice (Matthews, 1994, p. 7). *“Puede hacer las clases más estimulantes y reflexivas, incrementando las capacidades de pensamiento crítico; puede contribuir a una expresión mayor de los contenidos científicos [...] pueden mejorar la formación del profesorado contribuyendo a una epistemología de la ciencia más rica y más auténtica, esto es un mejor conocimiento de la estructura de la ciencia y su lugar en el marco intelectual de las ciencias [...] puede ayudar a los profesores a apreciar las dificultades de aprendizaje de los estudiantes porque les advierte de las dificultades históricas del desarrollo científico y el cambio conceptual”*.

### **3.4 Breve reconstrucción histórica de la óptica**

El estudio de las distintas teorías que a lo largo de la Historia han surgido para interpretar los fenómenos luminosos es un buen ejemplo que ilustra la evolución del método seguido por los científicos: siempre abierto a cambios y sometido a la prueba definitiva de la verificación experimental.

#### **3.4.1.-Modelo organicista**

Los primeros modelos físicos se basaban fundamentalmente en analogías sacadas del comportamiento de los seres vivos de aquí que algunos autores califiquen a esta etapa de la Ciencia con el término de organicista. La óptica era una rama de las Ciencias Naturales.

Lo mismo que todas las demás ciencias, la óptica evolucionó lenta y progresivamente hasta llegar a ser lo que es hoy en día. Los autores de la antigüedad clásica no resolvieron el dilema emisor-receptor al referirse a la naturaleza de la luz. No estaban de acuerdo sobre si los rayos pasan del objeto al ojo o del ojo al objeto. Demócrito, Aristóteles, Epicúreo y Lucrecio eran partidarios de la primera teoría, mientras que Euclides, Empédocles y Ptolomeo lo eran de la segunda. La idea de la emisión de rayos visuales fue indudablemente útil y avanzada para su tiempo, ya que permitió elaborar una teoría acertada de la formación de las imágenes en los espejos

#### **3.4.2.- Modelo mecanicista**

Sin embargo, a partir de Newton, la Física se hizo mecanicista en el sentido de que eran modelos mecánicos, basados en materia y movimiento, los que surgían para interpretar los hechos observados. Referente a esta tendencia es famosa la frase de Lord Kelvin: *"Nunca estoy satisfecho hasta que consigo el modelo mecánico de una cosa. Si puedo construir un modelo mecánico, entiendo el fenómeno"*.

La cuestión de si la luz está formada por partículas o es un cierto tipo de movimiento ondulatorio fue una de las más interesantes de la historia de la ciencia. Entre los defensores de la teoría corpuscular se encuentra Newton. Con ella pudo explicar las leyes de la reflexión y de la refracción. Defensores destacados de la teoría ondulatoria fueron Christian Huygens, Robert Hooke y Thomas Young.

La concepción mecanicista del mundo, aunque en muchos casos puede ser una poderosa ayuda para la imaginación, no es siempre válida y la historia de la Física ha demostrado como a veces una fe demasiado grande en un modelo mecánico puede dar lugar a un estancamiento en el progreso científico.

### **3.4.3.- Modelo conceptual**

La tendencia de la Física actual es cada vez mayor hacia esquemas conceptuales que parten de imágenes mentales expresadas a veces en términos matemáticos. Esto, en cierta medida, es una vuelta a la elaboración científica de los filósofos de la época del esplendor griego (Platón y Aristóteles), aunque con una considerable diferencia que radica en la ausencia de implicaciones metafísicas de la Física moderna, presentes, por otra parte, en todos los razonamientos de los filósofos a que nos hemos referido.

Estas tres etapas que pueden señalarse en la evolución de la Ciencia Física aparecen bastante claras en el estudio de los distintos procesos que han llevado a la idea que actualmente se tiene sobre la naturaleza de la luz. En esencia sólo son dos los modelos que se han dado para interpretar los fenómenos luminosos:

- el que considera a la luz como una partícula material (modelo corpuscular).

- el que considera a la luz como una onda de propagación (modelo ondulatorio).

Estos modelos se han considerado antagónicos pero, sin embargo, en la actualidad se ha llegado a una situación que en ciertos aspectos engloba ambas concepciones y las ideas que han surgido en este campo, además de interpretar todos los fenómenos luminosos, han abierto un nuevo panorama en la interpretación del mundo físico.

La historia de la Óptica geométrica e instrumental está relacionada con la historia de las lentes, el descubrimiento de las leyes de la reflexión y de la refracción y de la formación de las imágenes. Resulta interesante conocer cómo se inventaron y desarrollaron los primeros instrumentos ópticos, como el telescopio, el microscopio y el espectroscopio ya que la mayoría de los instrumentos ópticos posteriores son modificaciones de éstos.

### **3.5 Unidad didáctica desde la historia de la ciencia para la enseñanza de la óptica**

#### **3.5.1 Objetivo de la Unidad Didáctica**

Se pretende que el estudiantado comprendan los fenómenos ópticos y sus aplicaciones cotidianas, biológicas y tecnológicas.

#### **3.5.2. Desarrollo de la Unidad Didáctica**

A continuación se presenta las actividades desarrolladas durante la Unidad Didáctica de óptica, las cuales se estructuran según la metodología ECBI, descrita anteriormente. También, es importante señalar que la recolección de datos se realizó durante la etapa de focalización y aplicación

de esta unidad y que los datos fueron obtenidos mediante las actividades propuestas.

#### 3.5.2.1 Etapas de Focalización

A.1.- Expongan a título de hipótesis sus ideas acerca de qué es la luz. Den sus argumentos en los que se basan sus ideas. (Lluvia de ideas)

Comentario 1. Se espera que surjan ideas parecidas a las de los Pitagóricos.

A.2. Sugieran que aspectos del comportamiento de la luz podemos analizar para decidir si se trata de onda o partícula.

C.2 Aquí podemos analizar el debate controversial entre Newton y Huygens.

A.3- Expresen sus ideas sobre como se propaga la luz.

C.3. Esto permite darnos cuenta de la necesidad de estudiar la dirección de propagación y a que velocidad lo hace.

A.4.- Propongan alguna manera de comprobar en que dirección se propaga la luz.

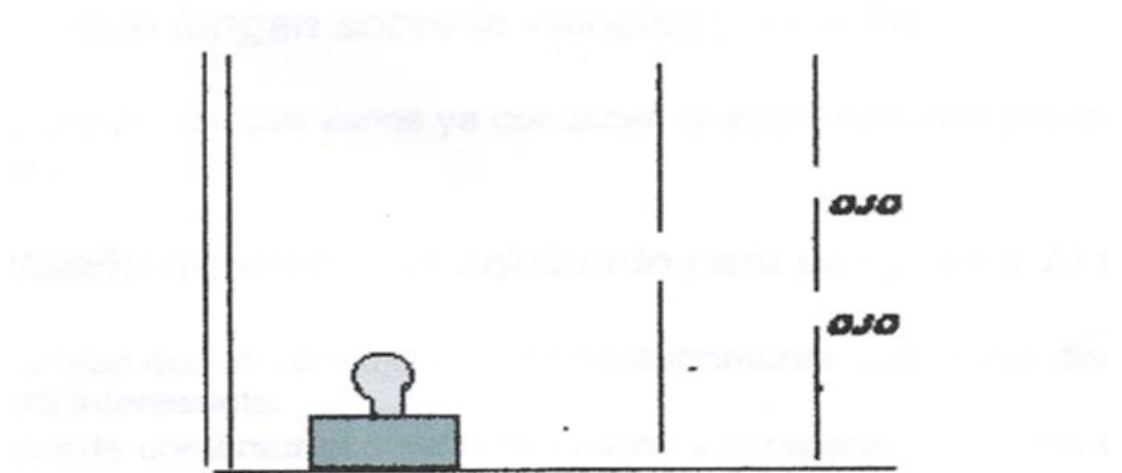
C.4.- Puede ser que surjan propuestas como la de Galileo, o que describan otras

#### 3.5.2.2 Etapas de Exploración

A.5.- Realicen alguna de las contrastaciones propuestas.

C.5.- Al realizarla se podrá explicar las dificultades que los primeros investigadores tuvieron, para llegar a la conclusión de que la luz viaja en línea recta, en todas las direcciones.

A.6.- Observar el siguiente esquema:



Si encendemos el foco ¿Qué se observará en cada una de las dos hendiduras?

### 3.5.2.3 Etapa de Reflexión

C.6.- Después de haber discutido sus respuestas, se realizará la experiencia práctica y de nuevo se discutirán las contrastaciones.

### 3.5.2.4 Etapa de Aplicación

A.7.- La propagación de la luz en línea recta permite explicar la formación de sombras y de eclipses.

Dibujar un esquema con las posiciones del sol, tierra y luna que permita explicar el eclipse de la luna.

C.7.- Al mostrar el esquema los alumnos podrán visualizar cómo se forma un eclipse debido a la interferencia de la luz.

### **3.6. Síntesis del Marco Teórico**

Considerando las conclusiones a las cuales llegaron en la red de maestros, las exigencias que implica la globalización, los resultados en la prueba PISA 2006 es que Chile, genera una readecuación en el sistema educacional chileno. Este nuevo cambio pretende desarrollar competencias científicas para la apropiación del pensamiento científico por parte del estudiantado. Por otra parte la competencia que menos dominio presentan los alumnos en la explicación científica son las del tipo: intencional, interpretativa, o predictiva. Contrario a lo que sucede con las de tipo descriptiva o causal que son las más recurrentes por parte del docente y las que con mayor facilidad responden los alumnos. Otro punto a considerar es lo que entiende el docente cuando integra la historia de la ciencia. En este tema, generalmente se avoca a entregar datos biográficos del científico en cuestión, que no promueve en todo caso, un aprendizaje significativo por parte del estudiantado. Esto conlleva a que la enseñanza de la Física no sea atractiva para el estudiante.

En consideración a lo expuesto, se hace necesario no sólo reordenar los contenidos sino que además los agentes encargados de lograr esta apropiación deben cambiar tanto la actitud como la forma de enseñar. De aquí nace la necesidad de buscar nuevas estrategias para el quehacer educativo.

Dentro de éste contexto es interesante incorporar en las unidades didácticas la Historia de las Ciencias en la cual se presente, al alumno, el desarrollo del conocimiento desde su inicio, con la problemática que pretendía dar solución, y la evolución que éste ha tenido en el tiempo. Así, el estudiantado comprenderá, entre otras cosa que, por ejemplo, el conocimiento es dinámico, es el resultado de un trabajo sistemático y a veces controversial, etc.. Esta integración acerca más al estudiantado a las

ciencias, ya que la historia de las ciencias presenta a la ciencia más humana.

## **4.- MARCO METODOLOGICO**

### **4.1. Metodología de Investigación Cuantitativa.**

El objetivo de cualquier ciencia es adquirir conocimientos y es por tanto fundamental la elección del método adecuado que nos permita conocer la realidad. Dado a la naturaleza del problema de investigación propuesto en el capítulo 1, se decidió optar por un método deductivo el cual es asociado frecuentemente con la investigación con el estudio de la asociación o relación entre variables cuantificadas, por tanto, es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables.

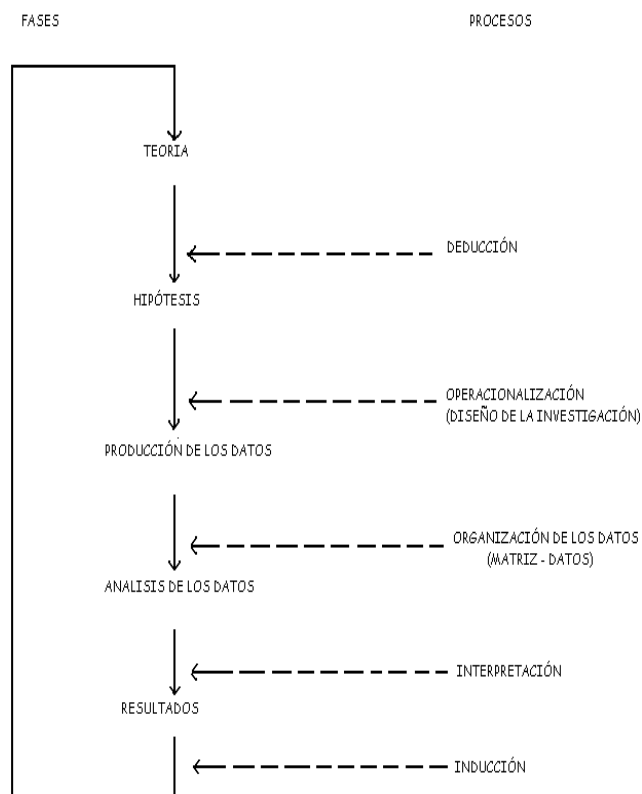
A través de los métodos estadísticos utilizados fue posible contrastar las hipótesis y poder aceptarlas o rechazarlas con una seguridad determinada. Por tanto el método científico, tras una observación, genera una hipótesis que contrasta y emite posteriormente unas conclusiones derivadas de dicho contraste de hipótesis.

### **4.2.- Fases del proceso de investigación.**

Las fases en las que se desarrollo esta investigación, tuvieron que ver con un recorrido cíclico, como se observa en la Figura 4.



Figura 4. Fases del proceso de investigación



Fuente: Adaptación de Bryman (1988,20)

#### 4.2.1-Teoría

En esta fase de la investigación se realizó una revisión bibliográfica para la sustentación de la investigación y se levantaron los capítulos 1 y 2. Además, se consultaron textos relacionados con la evaluación de las competencias a nivel nacional e internacional de la educación en Chile, como por ejemplo, informe de la prueba PISA 2006 – 2008 del MINEDUC. Readequaciones Curriculares entre otros. Con respecto a la Historia de las ciencias se consultaron entre otros: Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma (Aduriz-Bravo, Izquierdo (2002), Concepciones

del Profesorado y Promoción de la explicación científica en la actividad química escolar (Camacho, 2010), Enseñar ciencias, una nueva ciencia (Izquierdo, 2007), entre otros. Para complementar la metodología indagatoria se revisaron los siguientes textos entre otros: Enseñanza de las ciencias basadas en la Indagación (Verdugo, 2010), Metodología Indagatoria. Educación y ciencias (Arenas, 2005), etc.

#### 4.2.2- Hipótesis

En la segunda fase, de hipótesis se formulo la siguiente hipótesis de trabajo y está, se operacionalizo de acuerdo con las hipótesis estadísticas que se describen a continuación.

##### 4.2.2.1- Hipótesis de trabajo

La explicación científica por parte de los educandos tiene diferencias significativas después de aplicar una unidad didáctica que incorpora la historia de la ciencia y se desarrolla a través de la metodología de indagación científica E.C.B.I.

##### 4.2.2.2- Hipótesis estadística

$$H_0: Me_{final} \leq Me_{inicial}$$

$$H_a: \sim (Me_{final} > Me_{inicial})$$

$Me_{inicial}$  = Mediana del puntaje de la explicación científica antes de la aplicación de la unidad didáctica

$Me_{final}$  = Mediana del puntaje de la explicación científica después de la aplicación de la unidad didáctica

#### 4.2.3- Recolección de los datos

En la tercera fase que es la recopilación de datos a cual se llega a través del proceso de operacionalización, es decir, de transformación de la hipótesis en afirmaciones empíricamente observables, se procedió a realizar dos instancias de recolección de datos, la primera fue antes de aplicar la unidad didáctica para determinar el dominio, por parte del estudiantado, de la explicación científica. La segunda recolección de datos se realizó una vez aplicada la unidad didáctica para ver en que medida se promovió la explicación científica.

#### 4.2.4- Análisis de los datos

Terminada la recolección del material empírico, se pasó a la cuarta fase, análisis de datos, que fue precedida por la organización y sistematización de los datos obtenidos. Recolectados los datos, se tabularon en una tabla (Tabla 5) de doble entrada siguiendo la tipificación según Gilbert(2001), de la siguiente forma, de tal manera de identificar cuál era el tipo de explicación científica en el estudiantado:

Tabla 5. Matriz de los tipos de explicación

Caso	Explicación				
	Intencional	Descriptiva	Interpretativa	Causal	predictiva
1					
2					

Se asigno el:

Nº 1 Cuando se manifiesta el tipo de explicación científica.

Nº 0 Cuando no se manifiesta la explicación científica

#### 4.2.5- Presentación de los datos

Durante esta fase se realizó la interpretación de los análisis estadísticos realizados en la fase anterior. Finalmente, se retomó el problema de investigación propuesto y el marco teórico descrito, mediante un proceso de inducción, a fin de contrastar la hipótesis teórica y en forma más general con la teoría de origen para llegar a la confirmación o reformulación, de tal manera de formular las conclusiones del estudio.

### **4.3 Diseño Muestral**

#### **4.3.1 Población**

La población considerada en este estudio son los y las estudiantes de primero medio de los colegios particulares subvencionados de la comuna de Maipú.

#### **4.3.2. Muestra**

La muestra se seleccionó a partir de un muestreo aleatorio no probabilístico que consiste en un procedimiento por medio del cual se estudia una parte de la población llamada muestra, con el objetivo de inferir con respecto a toda la población. Esta muestra fue constituida por un curso de primero medio que tiene una matrícula de 21 alumnos (11 hombres y 10 mujeres) cuyas edades fluctúan entre 14 y 15 años. De esta muestra 7 alumnos son provenientes de otras escuelas y 14 alumnos antiguos.

#### 4.4.- Plan de análisis de Datos

Los datos recolectados fueron analizados a través de la prueba estadística t student para muestras dependientes, la cual es considerada como una extensión de la utilizada para muestras independientes. De esta manera, los requisitos que deben satisfacerse son los mismos, excepto la independencia de las muestras, es decir, en esta prueba estadística se exige dependencia entre ambas en las que dos momentos uno antes y otro después. Con ello se a entender que en el primer periodo, las observaciones servirán de control o de testigo, para conocer los cambios que se susciten después de aplicar una variable experimental.

Con la prueba t se compararon las medias y las desviaciones estándar de grupo de datos y se determina si entre esos parámetros las diferencias son estadísticamente significativas o sólo son diferencias aleatorias. En cuanto a la homogeneidad de varianzas, es un requisito que también debe satisfacerse y una manera práctica es demostrarlo mediante la aplicación de la prueba ji cuadrada de Bartlett. Este procedimiento se define por medio de la siguiente fórmula:

$$T_{\text{obt.}} = [D - \mu_D] / [S_{D_d} / N(N-1)]^{1/2}$$

Donde:

D: Media de las diferencias

$\mu_D$ : Media de la población de las diferencias

$S_D$ : Desviación estándar de la diferencia de las muestras

N: Número de diferencias

Nivel de significación.

Para todo valor de probabilidad igual o menor que 0,05, se acepta la  $H_a$  y se rechaza la  $H_0$ .

El método anteriormente expuesto que corresponde a la prueba t student no fue aplicable a los datos obtenidos dado a que no cumplió con que la variable de estudio tenía su distribución es normal. Por esta razón, se utilizó una prueba no paramétrica, la Prueba de Wilcoxon.

Esta prueba no paramétrica permitió comparar la mediana de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas. En la prueba de Wilcoxon, la hipótesis nula del contraste postula que las muestras proceden de poblaciones con la misma distribución de probabilidad; la hipótesis alternativa establece que hay diferencias respecto a la tendencia central de las poblaciones y puede ser direccional o no. El contraste se basa en el comportamiento de las diferencias entre las puntuaciones de los elementos de cada par asociado, teniendo en cuenta no sólo el signo, sino también la magnitud de la diferencia.

## 5. Análisis de los Resultados

### 5.1. Explicación Científica durante la etapa de focalización

En la Tabla 6, se describen los resultados obtenidos durante la etapa de focalización, de la explicación en el estudiantado según la clasificación propuesta por Gilbert (2001).

Tabla 6. Clasificación de la explicación científica. Actividad inicial. Según Gilbert (2001)

N	Explicación				
	Intencional	Descriptiva	Interpretativa	Causal	Predictiva
1	0	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0
6	0	1	0	0	0
7	0	1	0	0	0
8	1	1	0	0	0
9	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	1	1	0	1	0
13	1	1	0	1	0
14	0	1	0	0	0
15	1	1	0	1	0
16	0	1	0	1	0
17	1	1	0	1	0
18	0	1	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	1	0	0	0
21	0	1	0	0	0
Suma	5	16	0	5	0

1: Se presenta el tipo de explicación  
 0: No se presenta el tipo de explicación

Los resultados anteriores (Tabla 6) muestran que:

- 5 de 21 alumnos dieron una explicación de tipo intencional
- 16 de 21 alumnos dieron una explicación de tipo descriptiva
- Ningún alumno dio una explicación de tipo interpretativa
- 5 de 21 alumnos dieron una explicación de tipo causal
- Ningún alumno dio una explicación de tipo predictiva

## 5.2. Explicación Científica durante la etapa de aplicación

Los resultados durante la etapa de aplicación (Tabla 7) muestran que:

- 11 de 21 alumnos dieron una explicación de tipo intencional
- El total de los alumnos dieron una explicación de tipo descriptiva
- Ningún alumno dio una explicación de tipo interpretativa
- 19 de 21 alumnos dieron una explicación de tipo causal
- Ningún alumno dio una explicación de tipo interpretativa



Tabla 7. Clasificación de la explicación científica. Actividad final.  
Gilbert (2001)

N	Explicación				
	Intencional	Descriptiva	Interpretativa	Causal	Predictiva
1	0	1	0	1	0
2	0	1	0	0	0
3	0	1	0	1	0
4	1	1	0	1	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	0	1	0
7	0	1	0	1	0
8	1	1	0	1	0
9	0	1	0	1	0
10	0	1	0	1	0
11	1	1	0	1	0
12	1	1	0	1	0
13	1	1	0	1	0
14	1	1	0	1	0
15	1	1	0	1	0
16	0	1	0	1	0
17	1	1	0	1	0
18	1	1	0	1	0
19	0	1	0	0	0
20	1	1	0	1	0
21	1	1	0	1	0
Suma	11	21	0	19	0

1: Se presenta el tipo de explicación  
0: No se presenta el tipo de explicación

### 5.3. Explicación Científica en general

Al comparar la explicación científica antes y después de aplicada la unidad didáctica se puede observar que en el estudiantado, por una parte la calidad de la explicación científica y por otra el aumento en el tipo de explicación científica hubo un aumento considerable en la apropiación de estas.

- En la explicación intencional de 5 alumnos al inicio, aumento a 11.
- En la explicación descriptiva de 16 alumnos al inicio, aumento 21.
- En la explicación interpretativa no hubo variación.
- En la explicación causal de 5 alumnos al inicio, aumento 19.
- En la explicación predictiva no hubo variación.

En la búsqueda de nuevas metodologías y prácticas pedagógicas que permitan al docente el logro del desarrollo del pensamiento científico y la apropiación por parte del estudiantado, una de estas alternativas es la incorporación de la historia de la ciencia, por parte del profesorado, en el desarrollo de las unidades didácticas en el subsector de Ciencias Naturales. Esto permitirá al estudiantado comprender el conocimiento desde sus orígenes, es decir, el problema que dio su origen por un lado y por otro comprender que el conocimiento es dinámico así como también presentar una ciencia más humana, mejorar la autoestima del alumno.

## 5.4 Análisis inferencial de los resultados

Cuando se analizaron los datos de la muestra se pudo observar que los datos de la actividad de finalización es mayor que los datos de la actividad inicial y también de acuerdo al análisis de la prueba de K-S la diferencia entre los datos no presentan una distribución normal, por tanto, no se puede analizar mediante la prueba de t student y se opto por la prueba no paramétrica de Wilcoxon para el análisis de datos.

Aplicada la prueba de Wilcoxon al conjunto de datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 8. Resumen del procesamiento de los casos**

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Promedio de la nota de la actividad inicial	21	100,0%	0	,0%	21	100,0%

**Tabla 9. Descriptivos**

			Estadístico	Error típ.
Promedio de la nota de la actividad inicial	Media		3,33	,162
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	3,00	
		Límite superior	3,67	
	Media recortada al 5%		3,34	
	Mediana		3,20	
	Varianza		,551	
	Desv. típ.		,743	
	Mínimo		2	
	Máximo		5	
	Rango		3	
	Amplitud intercuartil		1	
	Asimetría		,272	,501
	Curtosis		-,697	,972

**Tabla 10. Resumen del procesamiento de los casos**

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Promedio de la nota de la actividad final	21	100,0%	0	,0%	21	100,0%

**Tabla 11. Descriptivos**

			Estadístico	Error típ.
Promedio de la nota de la actividad final	Media		5,63	,166
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	5,29	
		Límite superior	5,98	
	Media recortada al 5%		5,66	
	Mediana		5,90	
	Varianza		,577	
	Desv. típ.		,760	
	Mínimo		4	
	Máximo		7	
	Rango		3	
	Amplitud intercuartil		1	
	Asimetría		-,487	,501
	Curtosis		-,495	,972

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

**Tabla 12. Rangos**

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Promedio de la nota de la actividad de Aplicación - Promedio de la nota de la actividad de Focalización	Rangos negativos	0(a)	,00	,00
	Rangos positivos	21(b)	11,00	231,00
	Empates	0(c)		
	Total	21		

a Promedio de la nota de la actividad de Aplicación < Promedio de la nota de la actividad de Focalización

b Promedio de la nota de la actividad de Aplicación > Promedio de la nota de la actividad de Focalización

c Promedio de la nota de la actividad de Aplicación = Promedio de la nota de la actividad de Focalización

**Tabla 13. Estadísticos de contraste (b)**

	Promedio de la nota de la actividad de Aplicación - Promedio de la nota de la actividad de Focalización
Z	-4,016(a)
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a Basado en los rangos negativos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

**Tabla 14. Frecuencias**

		N
Promedio de la nota de la actividad de Aplicación - Promedio de la nota de la actividad de Focalización	Diferencias negativas(a)	0
	Diferencias positivas(b)	21
	Empates(c)	0
	Total	21

a Promedio de la nota de la actividad de Aplicación < Promedio de la nota de la actividad de Focalización

b Promedio de la nota de la actividad de Aplicación > Promedio de la nota de la actividad de Focalización

c Promedio de la nota de la actividad de Aplicación = Promedio de la nota de la actividad de Focalización

**Tabla 15. Estadísticos de contraste (b)**

	Promedio de la nota de la actividad de Aplicación - Promedio de la nota de la actividad de Focalización
Sig. exacta (bilateral)	,000(a)

a Se ha usado la distribución binomial.

b Prueba de los signos

Analizado los datos con el programa estadístico S.P.S.S, para una prueba no paramétrica se obtuvo:

a) Promedio de la nota de la actividad de Aplicación < Promedio de la nota de la actividad de Focalización, y

c Promedio de la nota de la actividad de Aplicación = Promedio de la nota de la actividad de Focalización.

Que corresponde a la hipótesis nula que dice:

$$H_0: Me_{\text{final}} \leq Me_{\text{inicial}}$$

Además la significancia asistólica tiene un valor de .000 por lo que:

$$\text{Sig. Asist.} < .05$$

Se procede a rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que plantea:

$$H_a: \sim (Me_{\text{final}} > Me_{\text{inicial}})$$

$$5,63 > 3,33$$

que corresponde a la hipótesis de trabajo, que dice:

La explicación científica tiene diferencias significativas después de aplicar una unidad didáctica que incorpora la historia de la ciencia y se desarrolla a través de la metodología de indagación científica E.C.B.I

## 5. Conclusiones

En relación al problema desarrollado y los objetivos, tanto generales como específicos propuestos en esta tesis de título se concluye lo siguiente:

El marco teórico es un aporte para la promoción del pensamiento científico y la comprensión relacionada con las competencias, especialmente las competencias científicas y dentro de ella, la explicación científica, y logra entregar el conocimiento para incentivar a los docentes en la profundización de estas.

También, al presentar la historia de la ciencia como una ciencia que aporta al estudio de la ciencia, en la integración de las unidades didácticas, y los resultados obtenidos en su aplicación en un curso de 1ro medio en el estudio de la óptica, se puede visualizar que es una buena propuesta para ser aplicada por los docentes en la enseñanza y aprendizaje de los contenidos de la Física.

Se presentaron evidencias que demuestran que la inclusión de la historia de la ciencia como una estrategia metodológica, logra mejores resultados en el proceso de enseñanza aprendizaje en comparación con los métodos tradicionales. Tal como se plantea en el desarrollo del marco teórico, se logra en el estudiantado una mayor cercanía y, por ende, una visión más humanizadora de La ciencia, además permite desarraigar el estigma de que las ciencias son complicadas y es un campo exclusivo de ciertas personas (referido a la imagen actual de la ciencia). Además cuando el alumno conoce los orígenes y la evolución del conocimiento a través del tiempo, le permite comprender que el conocimiento es dinámico y nada es irrefutable, por otro lado comprende qué, producto del avance tecnológico, cada vez este conocimiento se va perfeccionando.

Al proponer una didáctica que incorpora la historia de la ciencia como un facilitador del proceso enseñanza aprendizaje, se pretende que sea un aporte orientador para que los docentes sean capaces de crear sus propias actividades en el futuro bajo esta nueva perspectiva.

En este trabajo de titulación se desea posicionar al docente en un contexto en el cual tenga una base para implementar en su trabajo cotidiano, la historia de la ciencia para la enseñanza de la ciencia en la enseñanza media.

El docente al capacitarse en lo relacionado a la historia de la ciencia, logrará mejorar sus practicas pedagógicas, ampliara la gama de estrategias de enseñanza logrando con ello el desarrollo de competencias científicas y en especial la explicación científica que está en desmedro de las otras competencias tal como se planteo anteriormente en este documento.

Finalmente, sí el docente que imparte ciencias esta dispuesto a innovar en su practicas pedagógicas, entonces es recomendable la integración de la historia de la ciencia como una herramienta para enseñar ciencias ya que proporciona en el estudiantado un acercamiento a está, logrando así que se pierda el miedo y el rechazo a la ciencia y en especial a la Física.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, Agustín. Merce Izquierdo, A.(2002) Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma.
- Arenas, (2005). Metodología indagatoria. Educación y ciencias.
- Camacho (2009). Ley periódica. Una unidad didáctica desde la Historia de la Ciencia para la enseñanza de de la Química.
- Camacho, (2010) Concepciones Del Profesorado Y Promoción de la explicación científica en la actividad química escolar.
- Camacho y Quintanilla, (2008). Resolución de problemas científicos desde la Historia de la Ciencia: retos y desafíos para promover competencias cognitivas lingüísticas en la Química Escolar.
- Camacho, Quintanilla, (2009). Curso taller Historia de la Ciencia y formación docente. Proyecto FONDECYT N° 1095149
- Campanario, 2002. La Enseñanza de las Ciencias en Preguntas y Respuestas
- Chamizo,J e Izquierdo, M. (2007) Evaluación de las competencias del pensamiento científico.
- Corbetta, (2003). ). Metodología y técnicas de investigación social. España, Madrid: Mc Graw-Hill
- Christos Dedes-Konstantinos Ravanis, (2007) Teaching Image Formation by Extended Light Sources: The Use of a Model Derived from the History of Science.
- García-Carmona (2009) Investigación en didáctica de la Física: tendencias actuales e incidencia en la formación del profesorado.
- Hernández, 2005¿Qué Son Las “Competencias Científicas”?
- Iparraguirre, 2007Una Propuesta De Utilización De La Historia. De La Ciencia En La Enseñanza De Un Tema De Física
- Izquierdo, (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia.
- Meciba. Ciclo de Aprendizaje. Consultado junio 2010.
- MINEDUC. (2009) Informe PISA 2006

- Mirasierra. ¿Qué son las competencias básicas en educación?
- Ospina Competencias en Ciencias
- Pagano,(1999). Estadística para las Ciencias del Comportamiento 5ª Ed. México, International Thomson Editores. Cap. 14 pp. 317-349.
- Quintanilla, (2008). Identificación, caracterización y evaluación de competencias científicas en el aula desde una imagen naturalizada de la ciencia.
- Quintanilla, (2006) Historia de la ciencia, ciudadanía y valores: claves de una orientación realista pragmática de la enseñanza de la ciencia.
- Rivero - Mesa - Torres, Propuesta para romper tradiciones en la enseñanza de la Física.
- Sanmartí, 2005 La Unidad Didáctica En El Paradigma Constructivista
- Solbes, y Traver, (2001). Historia y epistemología de las ciencias.
- Unidad de Currículum y Evaluación Ministerio de Educación 2009.Libro PISA 2006
- Verdugo, (2010) Enseñanza de las ciencias basadas en la Indagación E.C.B.I