

TESIS DOCTORAL

2016

**APROPIACIÓN DEL MODELO DIDÁCTICO DE ENSEÑANZA-
APRENDIZAJE POR INDAGACIÓN EN LOS PROFESORES DE
CIENCIA TECNOLOGÍA Y AMBIENTE QUE PARTICIPAN EN
LA ESPECIALIZACIÓN DEL PRONAFCAP**

MARÍA DEL CARMEN BARRETO PÉREZ

MAGÍSTER EN EDUCACIÓN MENCIÓN EN TEORÍA Y PRÁCTICA EDUCATIVA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN EDUCACIÓN

DIRECTORES:

Dr. TIBERIO FELIZ MURIAS

Dra. MELINA FURMAN

TESIS DOCTORAL

2016

**APROPIACIÓN DEL MODELO DIDÁCTICO DE ENSEÑANZA-
APRENDIZAJE POR INDAGACIÓN EN LOS PROFESORES DE
CIENCIA TECNOLOGÍA Y AMBIENTE QUE PARTICIPAN EN
LA ESPECIALIZACIÓN DEL PRONAFCAP**

MARÍA DEL CARMEN BARRETO PÉREZ

MAGÍSTER EN EDUCACIÓN MENCIÓN EN TEORÍA Y PRÁCTICA EDUCATIVA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN EDUCACIÓN

DIRECTORES:

Dr. TIBERIO FELIZ MURIAS

Dra. MELINA FURMAN

**A la memoria de mis padres Ramón y Carmen,
quienes me introdujeron en el mundo de la ciencia,
a mi esposo Dante
y a nuestros hijos Dante Ramón y María Eugenia.**

Agradecimientos

La presente tesis doctoral no hubiera sido posible sin el apoyo de muchas personas e instituciones, a las que quisiera agradecer de manera especial. No es fácil plasmar en pocas líneas los agradecimientos a quienes me han brindado su apoyo a lo largo de todos estos años. Intentaré hacerlo pidiendo de antemano disculpas por si alguien se me queda en el tintero.

En primer lugar, a Dios, por permitirme encontrar en mi camino a todas las personas que me acompañaron en todo este tiempo de dedicación laboriosa al trabajo intelectual. A mi familia, por estar siempre a mi lado, desde que descubrí la ciencia a través de los “experimentos” que mi madre me hacía para comprender la germinación, y por la posibilidad que tuve de desarmar cosas, motivada por mi padre, quien me suministraba linternas para desarmarlas y descubrir cómo funcionaban. A mi hermana, por su comprensión, apoyo y cariño en medio de todas mis inquietudes.

De igual forma, es importante para mí dar un agradecimiento muy especial al Dr. Tiberio Feliz Murias en primer lugar por aceptar ser el director de la tesis, por sus enseñanzas acerca del AQUAD-7 en el análisis de textos, la búsqueda de implicantes y el análisis de patrones, su paciencia y buen humor en los momentos difíciles y, especialmente, por su trato profesional y muy humano a lo largo de estos años que le lleva acoger a los tesisistas que llegamos de otros países y a hacerles más grata su estancia en la UNED y en Madrid. Su frase “Podemos, ¡Debemos!” que sirve de inspiración no sólo para continuar con la tarea de investigación, sino en otras circunstancias. A la Dra. Melina Furman, codirectora de la tesis, y a quien conocí cuando empezábamos a planificar el curso de Especialización con los profesores de ciencias; gracias a ella, por no haber dudado en ningún momento de venir a Piura y compartir lo que sabía sobre la indagación, sus artículos, libros y su experiencia. Nunca quedarán atrás las oportunidades que tuvimos de conversar largas horas de los resultados de las sesiones de la Especialización y analizar los resultados obtenidos. Gracias por su paciencia, su empuje, por compartir su pasión por enseñar ciencias, por su dedicación a lo largo de la tesis y por estar siempre pendiente de mis avances, por mostrarme que hay un mundo por descubrir en el campo de la enseñanza de las ciencias.

Al Dr. Miguel Samper sin cuyo consejo e impulso no hubiera iniciado los estudios de doctorado en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED-España). A la UNED, por admitirme en los estudios de doctorado y por la formación recibida, a todos los profesores que impartieron los cursos: Dr. Domingo Gallego, Dr. Santiago Castillo Arredondo, Dra. María González, Dr. Luis Tejero, Dr. Antonio Medina Rivilla.

Asimismo, en el desarrollo de la investigación he podido contar con el apoyo de muchos investigadores, quienes compartían la misma ilusión por la enseñanza de las ciencias. Vale decir que lo que más me ha asombrado de ellos es su profesionalismo al compartir lo que sabían, por no dudar de enviarme sus artículos y por brindarme su tiempo:

A la Dra. Neus SanMartí, quien tuvo el detalle de responder a mi correo sin conocerme y luego recibirme en Barcelona, por acompañarme a lo largo de estos años, por las largas horas de Skype en que discutíamos mis sesiones de clase en la Especialización, por compartir sus artículos, por leer y corregir lo que escribía brindándome una serie de consejos y haciéndome reflexionar acerca de lo que significaba en el campo de la enseñanza.

Al Dr. Aureli Caamaño, por brindarme su tiempo y, especialmente, por aquellas conversaciones en las cuales me escuchaba y a su vez me explicaba sus artículos.

Al Dr. Carl Wenning, con quien discutimos en muchos correos sobre los niveles de indagación y cómo llevarlos al aula de clase.

Al Dr. Krajick, quien se interesó en mis inquietudes por las preguntas investigables.

A la Mgtr. Concepción Ferrés Gurt, por compartir sus investigaciones.

A la Dra. Marta López-Jurado, por sus orientaciones.

A mis compañeros de trabajo de la Universidad de Piura, por su apoyo a lo largo de todos estos años, por sus ánimos y su comprensión. A mis compañeros de la sección académica de Matemáticas y Física: Flor Hau Yon, Emma Carreño, Norbil Bustamante y Marcos Zapata, por compartir el camino y hacer la carga menos pesada.

A la Universidad de Piura, por confiar en los frutos de mi formación profesional. A las autoridades de la Universidad de Piura y al Decano de la Facultad de Ciencias de la Educación, Mgtr. Camilo García, por brindarme las facilidades para concluir la investigación y al Dr. Antonio Mabres, por su preocupación e interés y especialmente por sus palabras de aliento en todos los pasos de este trayecto.

Al equipo de trabajo del PRONAFCAP, especialmente a la Lcda. Luzmila Flores con quien compartí muchas horas ajustando las sesiones de clase al diseño del Ministerio de Educación, a los Dres. José Luis Barranzuela y Fabiola Ubillús y al Mgtr. José Luis Chero, por haber sido parte del equipo que trabajó los dos semestres académicos en los cuales se aplicó la investigación.

A la Dra. Claudia Mezones y a la Ing. Catherin Girón, por su profesionalismo y por su apoyo a lo largo de la escritura de la tesis.

El reconocimiento quedaría inconcluso si no dedicara unas líneas a los profesores de PRONAFCAP, con quienes compartí momentos muy gratos, aprendiendo que es importante enseñar la ciencia desde dos aspectos: producto y proceso, planteando preguntas investigables, diseños experimentales, pensando en los alumnos y especialmente tratando de enseñar ciencias cada vez mejor. Mi reconocimiento y gratitud por la confianza depositada, por permitirme realizar la investigación, por su amistad que se conserva hasta estos días y, especialmente, por haberme permitido aprender de ellos.

A mi esposo Dante, quien ha estado todo este tiempo a mi lado animándome a continuar, sin su apoyo no hubiera podido terminar. A mis hijos, con quienes he compartido esta aventura y se volvieron parte de ella, desde que fueron víctimas de mis experimentos sobre ciencia en la casa hasta años más tarde que formaron parte de mi tesis. Cada uno a su estilo: María Eugenia, que me acompañó conversando de estadística, y Dante Ramón, que se adentró junto conmigo a descubrir la historia de la indagación y con quien dialogué largas horas discutiendo desde perspectivas diferentes.

A todos los que de una u otra manera me alentaron y me brindaron su compañía, mi profundo agradecimiento.

Introducción

En los últimos años el Estado peruano ha procurado mejorar la calidad de la enseñanza de los docentes de ciencias de secundaria, mediante la ejecución de programas de formación profesional.

En el año 2011, la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Piura es designada por concurso público (Ministerio de Educación, Perú) como ente ejecutor del programa de formación de los profesores de ciencias de la ciudad de Piura. De acuerdo a los lineamientos del Ministerio de Educación para la enseñanza de las ciencias en el Perú, el modelo didáctico en el cual se debían formar los profesores era el de enseñanza de las ciencias basada en la indagación. Tomando en cuenta los lineamientos impartidos en el año 2000 a nivel internacional para la enseñanza de las ciencias con el modelo, por ejemplo, en los documentos de la National Research Council, NRC, en las sesiones de clase del programa de formación se dio especial importancia a la elaboración de preguntas investigables, al diseño experimental y a la elaboración de actividades experimentales con distintos niveles de indagación.

En este contexto, en el presente estudio se analizó el impacto de dos cursos que formaron parte del programa de formación mencionado anteriormente, focalizando la atención en las capacidades docentes para la planificación y realización de actividades experimentales en el aula, dentro del marco de la enseñanza por indagación. La planificación y realización de actividades experimentales se considera uno de los métodos más importantes para que los alumnos se adentren en los procesos de indagación y construcción de conocimiento científico (Rocard, Csermely, Walberg-Henriksson, & Hemmo, 2007), y uno de los objetivos importantes en la enseñanza de las ciencias es el desarrollo de habilidades de proceso científico en los estudiantes (Tan & Temİz, 2003). En esta línea, contar con la información para evaluar el impacto de un período de formación de docentes en ciencias permitirá evaluar si: contar con información que les permita implementar la indagación en el aula de clase (Koballa, Dias, & Atkinson, 2009), conocer los métodos que deben emplear (Westerlund, García, Koke, Taylor, & Mason, 2002) y formarse en habilidades de proceso científico (Aka, Güven, & Aydogdu, 2010), genera un cambio en la manera en la cual se llevan las actividades experimentales al aula de clase.

En particular, se caracterizó el tipo de actividades experimentales propuestas por los 35 profesores participantes durante el desarrollo de los cursos, considerando las preguntas investigables formuladas, el nivel de apertura propuesto y las habilidades de proceso científico que los profesores ponen en juego cuando resuelven las mismas. También se tuvo

en cuenta el análisis de las sesiones de clase y aquellos aspectos que influyeron en la apropiación del modelo didáctico de parte de los profesores, especialmente por el hecho de que la investigación educativa da cuenta de la dificultad de incorporar este tipo de prácticas al aula real (Cañal, 2007; Luera & Otto, 2005; Zion, Cohen, & Amir, 2007). Por ello, se consideró importante contar con información a partir de los resultados obtenidos que pudiera aportar en el diseño de posteriores cursos de formación de profesores de ciencias.

El contenido de la tesis se ordena en siete capítulos, cuyo contenido de detalla a continuación:

En el primer capítulo, se hace una revisión de los principales conceptos teóricos relacionados con la presente investigación. Se parte de los lineamientos para la enseñanza de las ciencias en el Perú, contexto del presente estudio, para luego hacer una revisión del concepto de trabajo práctico y sus tipos. Posteriormente, se hace un recorrido en la historia de la indagación, a continuación se analizan las habilidades necesarias para hacer indagación científica, las preguntas investigables y sus tipos, las habilidades de proceso científico y los niveles de indagación.

En el segundo capítulo, se aborda una revisión de los antecedentes en investigación sobre el tema trabajado en la presente tesis. Los datos presentados se han conseguido analizando los programas de formación de profesores de ciencias en el modelo didáctico por indagación, la formación en habilidades de proceso científico, los niveles de indagación planteados en los libros de texto y las habilidades de proceso científico que se promueven en secundaria.

En el tercer capítulo, se describe la metodología de la investigación. Así, se detalla el método de investigación y se describen las categorías con las cuales se realizará el análisis en los posteriores capítulos.

En el cuarto capítulo, se detallan los resultados obtenidos en la fase diagnóstica, se describen e ilustran las actividades experimentales que los profesores llevaban al aula de clase antes de participar en la Especialización, así como los tipos y los niveles de indagación propuestos. Asimismo se hace un análisis de las habilidades de proceso científico que los profesores promueven en sus alumnos en las actividades experimentales propuestas.

En el quinto capítulo, se analizan las actividades experimentales propuestas por los profesores a lo largo de los dos semestres académicos que duró la intervención docente de la investigadora. Las actividades se categorizan en los siguientes aspectos: las preguntas investigables formuladas, los tipos de preguntas investigables, el nivel de indagación

propuesto y las habilidades de proceso científico que los profesores ponen en juego cuando resuelven las actividades que proponen. Se comparan los resultados obtenidos en el primer y segundo semestre, para evaluar el progreso en la apropiación del modelo didáctico.

En el sexto capítulo, se analizan y categorizan las actividades experimentales propuestas y desarrolladas por los profesores de manera autónoma, al final de cada semestre académico. También se comparan los resultados obtenidos en los semestres académicos y los respectivos trabajos autónomos. El análisis se realiza en los siguientes aspectos: las preguntas investigables formuladas, los tipos de preguntas investigables, el nivel de indagación propuesto y las habilidades de proceso científico que los profesores ponen en juego cuando resuelven las actividades que proponen.

En el séptimo capítulo, se exponen las discusiones, conclusiones e implicancias, en relación con los resultados obtenidos en las tres fases en las cuales se ha dividido la presente investigación: diagnóstica, de proceso y autónoma. También se recoge en este apartado una reflexión sobre las futuras líneas de investigación que pueden plantearse en este tema.

Para cerrar el trabajo, se incluyen las referencias de las fuentes utilizadas en la investigación y los anexos que muestran los instrumentos utilizados en su desarrollo.

Índices

Índice General

1. Capítulo I Marco Teórico.....	1
1.1. Introducción.....	3
1.2. El Sistema Educativo Peruano en la Formación del Profesorado.....	3
1.3. La enseñanza de las ciencias en el Perú y la formación de profesores en el Perú	4
1.4. ¿Qué se entiende por trabajo práctico?.....	8
1.5. Enfoque de las actividades experimentales	10
1.6. Las clasificaciones de las actividades experimentales	12
1.6.1. Experiencias.....	15
1.6.1.1. Experiencias perceptivas.....	16
1.6.1.2. Experiencias ilustrativas.....	16
1.6.1.3. Experiencias interpretativas.....	17
1.6.2. Ejercicios.....	20
1.6.2.1. Ejercicios prácticos para ilustrar teoría.....	20
1.6.2.2. Ejercicios prácticos para promover destrezas y habilidades.....	20
1.6.3. Investigaciones.....	22
1.6.3.1. Investigaciones para resolver problemas teóricos.....	23
1.6.3.2. Para resolver problemas prácticos.....	23
1.7. La historia de la indagación	24
1.8. Habilidades para hacer indagación científica.....	35
1.9. Identificar preguntas que guíen las investigaciones	36
1.9.1. Las preguntas investigables: un tipo de pregunta utilizada para enseñar y aprender ciencias.....	36
1.9.2. ¿Qué se entiende por pregunta investigable?.....	37
1.9.3. Formular preguntas investigables: de una habilidad a una práctica científica.....	40
1.9.4. Características de una pregunta investigable.....	43
1.9.5. Tipos de preguntas investigables.....	43
1.9.5.1. Preguntas de comparación.....	44
1.9.5.2. Preguntas de causa-efecto.....	46
1.9.5.3. Preguntas exploratorias.....	47
1.9.5.4. Preguntas de predicción.....	48
1.9.5.5. Preguntas de diseño.....	50
1.9.5.6. Preguntas de descripción.....	51
1.9.5.7. Preguntas para buscar patrones.....	52
1.9.6. ¿Cualquier pregunta investigable se puede considerar científica?.....	52
1.9.7. Importancia de la formación de profesores en la formulación de las preguntas investigables.....	53

1.9.8. Rúbrica para evaluar la pregunta investigable.	57
1.10. Diseñar y conducir investigaciones sencillas	58
1.10.1. Definición de habilidades de proceso científico.	58
1.10.2. Diferentes denominaciones de las habilidades de proceso científico.	59
1.10.3. Clasificación de las habilidades de proceso científico.....	61
1.10.4. Habilidades básicas de proceso científico.	64
1.10.4.1. <i>Observar</i>	65
1.10.4.2. <i>Clasificar</i>	66
1.10.4.3. <i>Medir</i>	67
1.10.4.4. <i>Inferir</i>	67
1.10.4.5. <i>Hacer predicciones</i>	68
1.10.4.6. <i>Utilizar relaciones espacio-tiempo</i>	69
1.10.4.7. <i>Usar los números</i>	69
1.10.4.8. <i>Comunicar</i>	69
1.10.5. Habilidades de proceso científico integradas.....	70
1.10.5.1. <i>Identificar variables</i>	70
1.10.5.2. <i>Hacer hipótesis</i>	71
1.10.5.3. <i>Definir operacionalmente</i>	71
1.10.5.4. <i>Interpretar los datos</i>	71
1.11. Los niveles de indagación	71
1.11.1. Definición de niveles de indagación.....	71
1.11.2. Rúbricas propuestas por diversos autores para evaluar los niveles de indagación.	72
1.11.3. El continuo de indagación en los documentos de la NRC.	78
1.12. Resumen.....	79
2. Capítulo II Estado de la Cuestión	81
2.1. Introducción.....	83
2.2. Programas de formación de profesores en habilidades de proceso científico y elaboración de actividades experimentales con indagación.....	83
2.2.1. Programas que involucran la participación de los profesores en experiencias de investigación científica junto con científicos profesionales.	84
2.2.2. Programas de formación docente basados en la investigación con científicos en los que los profesores deben elaborar actividades para el aula.	87
2.2.3. Programas de formación basados en la realización de actividades experimentales en las que los profesores asumen un doble rol: como alumnos y como profesores.	90
2.3. Propuestas de actividades experimentales de diferentes niveles de indagación.....	92
2.4. Necesidad de la preparación del profesor para la implementación de actividades con indagación en el aula de clase	96
2.5. Los libros de texto para la enseñanza de las ciencias	97

2.5.1. Las actividades experimentales propuestas en los libros de texto.....	97
2.5.2. Evaluación de habilidades de proceso científico en libros de texto utilizados para la enseñanza de las ciencias.	100
2.6. Evaluación de habilidades de proceso científico en alumnos de secundaria.....	101
2.7. Resumen de la literatura revisada	103
3. Capítulo III Diseño de la Investigación.....	105
3.1. Introducción.....	107
3.2. Enfoque y fundamentación.....	107
3.3. Preguntas de la investigación	107
3.4. Contexto de la investigación y población.....	108
3.5. Objeto de la investigación.....	111
3.6. Organización de la investigación.....	111
3.7. Diseño de la investigación de la fase diagnóstica	112
3.7.1. Justificación del diseño propuesto.	112
3.7.2. Pregunta de investigación.	113
3.7.3. Instrumentos de recogida de datos a utilizar.	113
3.7.4. Análisis de datos.	114
3.8. Diseño de la investigación de la fase de proceso	119
3.8.1. Diseño de las sesiones de clase de la Especialización.	119
3.8.1.1. <i>Justificación del diseño.....</i>	<i>119</i>
3.8.1.2. <i>Descripción de los parámetros a considerar en el diseño de las sesiones de clase</i>	<i>125</i>
3.8.1.3. <i>Patrones de las sesiones de clase.</i>	<i>128</i>
3.8.2. Diseño para el análisis de las actividades experimentales propuestas por los profesores durante las sesiones de clase.	128
3.8.2.1. <i>Justificación del diseño propuesto.....</i>	<i>128</i>
3.8.2.2. <i>Pregunta de investigación.</i>	<i>129</i>
3.8.2.3. <i>Instrumentos de recogida de los datos utilizados.</i>	<i>130</i>
3.8.2.4. <i>Análisis de datos.....</i>	<i>131</i>
3.8.2.5. <i>Descripción de los parámetros a considerar en la evaluación de las actividades experimentales propuestas por los profesores.....</i>	<i>137</i>
3.8.3. Diseño para analizar la relación entre el modelo de la sesión de clase y las preguntas investigables propuestas.....	142
3.8.3.1. <i>Justificación del diseño.....</i>	<i>142</i>
3.8.3.2. <i>Pregunta de investigación.</i>	<i>142</i>
3.8.3.3. <i>Instrumentos de recogida de datos utilizados.....</i>	<i>142</i>
3.8.3.4. <i>Análisis de datos.....</i>	<i>142</i>
3.8.4. Diseño del análisis de impacto de la Especialización en el nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas.	144

3.9. Diseño del análisis de las actividades experimentales propuestas por los profesores como trabajos libres en la Especialización	145
3.9.1. Justificación del diseño.	145
3.9.2. Pregunta de investigación.....	145
3.9.3. Instrumentos de recogida de datos utilizados.....	145
3.9.4. Análisis de datos.	146
3.9.4.1. Cambios en el primer semestre académico y TL1.....	147
3.9.4.2. Cambios en el segundo semestre académico y TL2.....	147
3.9.4.3. Cambios en las propuestas entre TL1 y TL2.	148
4. Capítulo IV Resultados: Fase Diagnóstica	149
4.1. Introducción	151
4.2. ¿Qué tipo de actividades experimentales llevaban los profesores al aula de clase antes de la Especialización?	152
4.2.1. Actividades experimentales y actividades no experimentales.	152
4.2.2. Habilidades de proceso científico que pondrían en juego los alumnos al desarrollar las actividades experimentales propuestas por los profesores.	153
4.2.3. Nivel de indagación de las actividades propuestas	155
4.2.4. Tipos de actividades experimentales.....	156
4.2.5. Determinación de patrones que relacionen el tipo de actividad experimental propuesta con el nivel de indagación y las habilidades de proceso científico que se deben poner en juego los alumnos.....	157
4.2.6. Determinación de patrones de las habilidades puestas en juego por los alumnos en las actividades experimentales con nivel de indagación estructurado, propuestas por los profesores.	158
4.2.6.1. Actividades experimentales del tipo experiencias perceptivas.....	158
4.2.6.2. Actividades experimentales del tipo experiencias interpretativas.....	160
4.2.6.3. Actividades experimentales del tipo experiencias ilustrativas	161
4.2.6.4. Actividades experimentales del tipo: Ejercicios prácticos para aprender destrezas ...	163
4.2.6.5. Actividades experimentales del tipo: Ejercicios prácticos ilustrativos	165
4.2.7. Determinación de patrones en los que se ve favorecido el planteamiento de actividades de indagación de tipo confirmatorio.....	167
4.2.7.1. Actividades experimentales del tipo: Experimentos ilustrativos.	167
4.3. ¿Cómo aplicaban el modelo didáctico de enseñanza por indagación los profesores en los experimentos que llevaban a clase y en qué se basaban?	169
4.3.1. Análisis de los documentos en los que se basan los profesores para elaborar el diseño de sus actividades experimentales.....	169
4.3.1.1. Actividades experimentales.	169

4.3.1.2. <i>La Indagación como estrategia para la enseñanza de Ciencia Tecnología y Ambiente (CTA)</i>	172
4.3.2. Identificación de parte de los profesores del modelo didáctico en los experimentos que proponen.....	175
5. Capítulo V Resultados: Fase Proceso.....	181
5.1. Análisis del proceso: primer y segundo semestre académico	183
5.2. Preguntas investigables y no investigables	183
5.2.1. Resultados obtenidos en el planteamiento de preguntas investigables y no investigables.....	183
5.2.2. Limitaciones en el planteamiento de preguntas investigables.	184
5.2.2.1. <i>Disponibilidad de materiales en la escuela</i>	185
5.2.2.2. <i>Cambiar la forma de llevar las actividades experimentales al aula</i>	185
5.2.2.3. <i>Comprensión de lo que conlleva plantear una pregunta investigable en la experimentación</i>	186
5.2.3. Efecto en la comprensión de las características de una pregunta investigable al pasar del primer al segundo semestre académico.....	188
5.2.3.1. <i>Construcción de conocimiento</i>	188
5.2.3.2. <i>Diseño experimental</i>	188
5.2.3.3. <i>Habilidades de proceso científico</i>	189
5.3. Preguntas investigables.....	190
5.3.1. Redacción de la pregunta investigable.....	190
5.3.2. Tipos de preguntas investigables planteadas.....	196
5.3.2.1. <i>Relación entre los resultados obtenidos de los tipos de preguntas investigables y los documentos de trabajo de los profesores</i>	197
5.3.2.2. <i>Relación entre los resultados obtenidos de los tipos de preguntas investigables y la sesión de la clase de formación: Propuesta de la docente</i>	199
5.3.2.3. <i>Análisis de los resultados obtenidos por cada tipo de pregunta investigable en el primer y segundo semestre académico</i>	202
5.3.3. Relación entre el tipo de pregunta investigable y la carga conceptual involucrada en la sesión.....	206
5.3.4. Factores que inciden en el nivel de articulación entre la pregunta investigable planteada por los docentes y la construcción conceptual.....	209
5.3.4.1. <i>Contenido conceptual involucrado en la sesión de formación</i>	209
5.3.4.2. <i>Exploración de materiales y objetos en la sesión de formación</i>	212
5.3.4.3. <i>La interacción entre iguales y con los docentes</i>	214
5.4. Nivel de indagación	215
5.4.1. Primer semestre académico.....	216
5.4.2. Segundo semestre académico.....	220

5.4.3. Factores que incidieron en los cambios observados.....	224
5.4.3.1. Cambio en la mirada sobre el material necesario para realizar experimentos.	224
5.4.3.2. Participación en sesiones modelo de actividades de indagación guiadas y abiertas. .	225
5.4.3.3. Incorporar la dimensión de proceso en su mirada sobre las ciencias.	228
5.4.3.4. Implementación de las actividades guiadas en sus propias aulas de clase.....	229
5.5. Habilidades de proceso científico de los profesores.....	230
5.5.1. Procedimiento a seguir.	230
5.5.2. Formulación de hipótesis.	237
5.5.3. Variables.	238
5.5.4. Diseño experimental.....	243
5.6. Actividades experimentales en las cuales los profesores muestran un dominio en la redacción de la pregunta investigable y en la elaboración del diseño experimental. 246	
6. Capítulo VI Resultados: Fase Autónoma – Los trabajos Libres.....	249
6.1. Introducción.....	251
6.2. Análisis de las actividades experimentales propuestas en el primer semestre académico y en TL1.....	251
6.2.1. Análisis de las preguntas investigables planteadas en el primer semestre académico y en TL1.	252
6.2.2. Análisis de los tipos de preguntas investigables planteadas en el primer semestre académico y en TL1.	253
6.2.3. Análisis de los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales planteadas por los profesores en el primer semestre académico y en TL1.....	254
6.2.4. Análisis de la redacción preguntas investigables planteadas en el primer semestre académico y en TL1.	255
6.2.5. Análisis del diseño experimental propuesto por los profesores en el primer semestre académico y en TL1.	255
6.2.5.1. Análisis de la formulación de hipótesis en el primer semestre académico y en TLI. ..	256
6.2.5.2. Análisis del procedimiento a seguir planteados en el primer semestre académico y en TLI.	256
6.2.5.3. Análisis del control de variables planteadas en el primer semestre académico y en TL1	257
6.2.5.4. Análisis global del diseño experimental planteado en el primer semestre académico y en TLI.	257
6.2.6. Análisis de la mejor actividad experimental planteada en el primer semestre académico y en TL1.	258
6.3. Análisis de las actividades experimentales propuestas en el segundo semestre académico y en TL2.....	261

6.3.1. Análisis de las preguntas investigables planteadas en el segundo semestre académico y TL2.....	262
6.3.2. Análisis de los tipos de preguntas investigables planteadas en el segundo semestre académico y en TL2.....	263
6.3.3. Análisis de los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales planteadas por los profesores en el segundo semestre académico y en TL2.....	264
6.3.4. Análisis de la redacción preguntas investigables planteadas en el segundo semestre académico y en TL2.....	267
6.3.5. Análisis del diseño experimental propuesto por los profesores.....	267
6.3.5.1. Análisis de la formulación de hipótesis en el segundo semestre académico y en TL2	267
6.3.5.2. Análisis del procedimiento a seguir planteados en el segundo semestre académico y en TL2.....	268
6.3.5.3. Análisis del control de variables planteadas en el segundo semestre académico y en TL2.....	268
6.3.5.4. Análisis global del diseño experimental planteado en el segundo semestre académico y en TL2.....	269
6.3.6. Análisis de la mejor actividad experimental planteada en el segundo semestre académico y en TL2.....	269
6.4. Análisis de las actividades experimentales propuestas en TL1 y TL2.....	270
6.4.1. Análisis de las preguntas investigables planteadas en TL1 y TL2.....	270
6.4.2. Análisis de los tipos de preguntas investigables planteadas en TL1 y TL2.....	271
6.4.3. Análisis de la redacción preguntas investigables planteadas en TL1 y TL2.....	273
6.4.4. Análisis de los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales planteadas por los profesores en TL1 y TL2.....	274
6.4.5. Análisis del diseño experimental propuesto por los profesores en TL1 y TL2.....	277
6.4.5.1. Análisis de la formulación de hipótesis en TL1 y TL2.....	277
6.4.5.2. Análisis del procedimiento a seguir planteados en TL1 y TL2.....	278
6.4.5.3. Análisis del control de variables planteadas en TL1 y TL2.....	279
6.4.5.4. Análisis global del diseño experimental propuesto en TL1 y TL2.....	281
6.4.6. Análisis de los patrones que se generan en las actividades experimentales de acuerdo al criterio de mejor actividad experimental desarrollada en TL1 y TL2.....	281
6.4.6.1. Búsqueda y análisis de patrones.....	282
6.4.6.2. Análisis comparativo de los casos que presentan un patrón CD en TL1 y en TL2.....	283
7. Capítulo VII Discusión de resultados- Conclusiones- Implicaciones.....	287
7.1. Introducción.....	289
7.2. Fase diagnóstica.....	289
7.2.1. Discusión de resultados.....	289
7.2.2. Conclusiones e implicaciones.....	291

7.3. Fase Proceso	292
7.3.1. Discusión de resultados.....	292
7.3.1.1. <i>La formulación de las preguntas investigables.</i>	292
7.3.1.2. <i>El nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas por los profesores.</i> 296	
7.3.1.3. <i>Habilidades de proceso científico.</i>	299
7.3.2. Conclusiones e implicaciones.	300
7.4. Fase autónoma: Los Trabajos Libres	303
7.4.1. Discusión de resultados.....	303
7.4.1.1. <i>Primer semestre académico y TL1.</i>	304
7.4.1.2. <i>Segundo semestre académico y TL2.</i>	304
7.4.1.3. <i>TL1 y TL2.</i>	306
7.4.2. Conclusiones e implicaciones.	307
7.5. Prospectiva	308
8. Bibliografía.....	311
8.1. Referencias	313
Anexos	335
Anexo A	337
Anexo B	338
Anexo C	339
Anexo D	340
Anexo E.....	341
Anexo F.....	342
Anexo G	343
Anexo H	344
Anexo I.....	345
Anexo J.....	346

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Características de las distintas maneras de realizar una actividad de laboratorio.....	11
Tabla 1.2 Ejemplificación de los distintos tipos de actividades experimentales	23
Tabla 1.3 Comparación de las habilidades necesarias para hacer indagación de acuerdo a las categorías del LAI	35
Tabla 1.4 Ejemplos de preguntas investigables del tipo selección	45
Tabla 1.5 Ejemplos de preguntas investigables del tipo clasificación	45
Tabla 1.6 Ejemplos de preguntas investigables del tipo causa- efecto	47
Tabla 1.7 Ejemplos de preguntas investigables del tipo exploratoria.....	48
Tabla 1.8 Ejemplos de preguntas investigables del tipo predicción	49
Tabla 1.9 Clasificación de preguntas investigables y no investigables para su reformulación	55
Tabla 1.10 Factores que pueden afectar el desplazamiento de un carro en una rampa.....	55
Tabla 1.11 Factores que pueden afectar la disolución de una pastilla efervescente	56
Tabla 1.12 Resumen de algunas investigaciones realizadas en el proceso enseñanza a los alumnos para la elaboración de preguntas investigables	56
Tabla 1.13 Rúbrica para evaluar una pregunta investigable del tipo causa- efecto de acuerdo a las variables involucradas.....	58
Tabla 1.14 Rúbrica para evaluar la redacción de una pregunta investigable	58
Tabla 1.15 Comparación de las clasificaciones de las habilidades consideradas como básicas e integradas por diversos autores	62
Tabla 1.16 Grados de complejidad de los procesos intelectuales utilizados en los distintos tipos de actividades experimentales.....	63
Tabla 1.17 Niveles de abertura propuestos por Schawb	73
Tabla 1.18 Características esenciales de una clase con indagación y sus correspondientes variaciones	78
Tabla 3.1 Unidades didácticas del curso Didáctica de las Ciencias I	109
Tabla 3.2 Unidades didácticas del curso Didáctica de la Química	109
Tabla 3.3 Codificación de criterios para patrones	116
Tabla 3.4 Ejemplo hipotético del análisis de patrones.....	117
Tabla 3.5 Relación entre los temas de las sesiones de clase y el Diseño Curricular Nacional peruano	120
Tabla 3.6 Relación entre las sesiones de clase y la carga conceptual involucrada en las mismas	121
Tabla 3.7 Determinación del criterio diseño experimental	133
Tabla 3.8 Resumen del tipo de pregunta	138
Tabla 3.9 Rúbrica utilizada para evaluar la redacción de una pregunta investigable	139
Tabla 3.10 Niveles de indagación de las actividades experimentales.....	140
Tabla 3.11 Ejemplo de redacción de pregunta investigable	141
Tabla 4.1 Codificación de criterios para patrones	157
Tabla 5.1 Test de medias de las preguntas investigables propuestas en el primer y segundo semestre académico	184
Tabla 5.2 Test de medias de la proporción de las preguntas investigables correctamente redactadas propuestas en el primer y segundo semestre académico.....	192

Tabla 5.3 Test de medias de la proporción de las preguntas investigables de tipo comparación propuestas en el primer y segundo semestre académico	202
Tabla 5.4 Preguntas de tipo comparación planteadas por los profesores en sus actividades experimentales.	202
Tabla 5.5 Test de medias de la proporción de las preguntas investigables de tipo causa-efecto propuestas en el primer y segundo semestre académico	203
Tabla 5.6 Preguntas de tipo causa- efecto planteadas por los profesores en sus actividades experimentales	204
Tabla 5.7 Test de medias de la proporción de las preguntas investigables de tipo exploratorio propuestas en el primer y segundo semestre académico	205
Tabla 5.8 Preguntas de tipo exploratorio planteadas por los profesores en sus actividades experimentales..	205
Tabla 5.9 Categorización de las sesiones de clase de acuerdo a la carga conceptual involucrada	207
Tabla 5.10 Test de medias de la proporción de los tipos de preguntas investigables propuestas de acuerdo a la carga conceptual involucrada en la sesión	209
Tabla 5.11 Test de medias de la proporción de las preguntas investigables de acuerdo al nivel de indagación propuesto en el primer y segundo semestre académico.....	220
Tabla 5.12 Test de medias de la proporción de los procedimientos correctamente propuestos en el primer y segundo semestre académico	230
Tabla 5.13 Ejemplos de categorizaciones de las hipótesis planteadas	237
Tabla 5.14 Test de medias de la proporción de las hipótesis correctamente planteadas propuestas en el primer y segundo semestre académico	238
Tabla 5.15 Test de medias de la proporción de las variables correctamente planteadas propuestas en el primer y segundo semestre académico	239
Tabla 5.16 Respuestas encontradas en el desarrollo de la actividad propuesta por el profesor (P21).....	240
Tabla 5.17 Test de medias de la proporción de los diseños experimentales correctamente planteados propuestos en el primer y segundo semestre académico	244
Tabla 5.18 Test de medias de la proporción de los diseños experimentales y preguntas investigables correctamente planteados propuestos en el primer y segundo semestre académico.....	246
Tabla 5.19 Porcentaje de patrones encontrados en las actividades propuestas en el nivel de indagación guiado	247
Tabla 6.1 Test de medias de los tipos de pregunta investigable en el primer semestre académico y en TL1	252
Tabla 6.2 Test de medias de los tipos de pregunta investigable en el primer semestre académico y en TL1	254
Tabla 6.3 Test de medias de niveles de indagación en el primer semestre y TL1	255
Tabla 6.4 Test de medias de la redacción entre el primer semestre y en TL1	255
Tabla 6.5 Test de medias de la hipótesis del primer semestre y en TL1	256
Tabla 6.6 Test de medias del procedimiento entre el primer semestre y en TL1	257
Tabla 6.7 Test de medias del criterio variables entre el primer semestre y en TL1	257
Tabla 6.8 Test de medias del diseño experimental entre el primer semestre y en TL1	258
Tabla 6.9 Test de medias de la mejor actividad entre el primer semestre y en TL1	258
Tabla 6.10 Ejemplo de identificación de variables en el diseño experimental propuesto por el profesor (P13)	260
Tabla 6.11 Ejemplo de matriz para recoger datos	261

Tabla 6.12 Test de medias de las preguntas investigables entre el segundo semestre y TL2	263
Tabla 6.13 Test de medias de las preguntas investigables entre el segundo semestre y TL2	264
Tabla 6.14 Test de medias de los niveles de indagación de las actividades propuestas por los profesores en el segundo semestre académico y en TL2	266
Tabla 6.15 Test de medias en el criterio redacción para el segundo semestre y TL2	267
Tabla 6.16 Test de medias del criterio hipótesis entre el segundo semestre y TL2	268
Tabla 6.17 Test de medias del criterio procedimiento entre el segundo semestre y TL2	268
Tabla 6.18 Test de medias del criterio variables entre el segundo semestre y TL2	269
Tabla 6.19 Test de medias del diseño experimental entre en segundo semestre y TL2	269
Tabla 6.20 Test de medias entre el segundo semestre y TL2 sobre la mejor actividad experimental planteada	270
Tabla 6.21 Test de medias de las preguntas investigables entre TL1 y TL2	271
Tabla 6.22 Test de medias entre los tipos de preguntas investigables formuladas en TL1 y TL2	272
Tabla 6.23 Tipos de preguntas investigables planteadas en TL1 y en TL2	272
Tabla 6.24 Test de medias correcta redacción de la pregunta investigable	274
Tabla 6.25 Test de medias de los niveles de indagación propuestos en TL1 y TL2	276
Tabla 6.26 Test de medias del criterio formulación de hipótesis propuesto en TL1 y TL2	278
Tabla 6.27 Test de medias del criterio procedimiento propuesto en TL1 y TL2	279
Tabla 6.28 Test de medias del criterio variables propuesto en TL1 y TL2	281
Tabla 6.29 Test de medias del diseño experimental en TL1 y TL2	281
Tabla 6.30 Formato de la tabla de datos utilizada para la detección de los patrones	282
Tabla 6.31 Descripción de los patrones encontrados	283
Tabla 6.32 Número de casos en TL1 y TL2 de acuerdo a los patrones	283
Tabla 6.33 Número de profesores distribuidos de acuerdo al patrón CD de las habilidades encontradas en TL1 y TL2	284
Tabla 6.34 Distribución del número de casos con un patrón CD en TL1 y en TL2	284
Tabla 6.35 Test de medias entre las proporciones de profesores en TL1 y TL2 que presentan el patrón CD de acuerdo a los niveles de indagación	286

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Relación entre la competencia de Indaga y sus capacidades.	7
Figura 1.2. Tipología de los trabajos prácticos.	15
Figura 1.3. Esquema de la balanza usada en la actividad tipo POE.	18
Figura 1.4. Guía para el seguimiento de una actividad experimental tipo POE.	19
Figura 1.5. Ejemplo de un experimento interpretativo.	19
Figura 1.6. Habilidades de investigación.	21
Figura 1.7. Rol del laboratorio entre 1918-1960.	26
Figura 1.8. Fases de una actividad de aprendizaje por descubrimiento según Joyce y Weil (1978).	27
Figura 1.9. El rol del laboratorio en el período 1960-1980.	29
Figura 1.10. Evolución histórica de la indagación en la enseñanza de las ciencias.	33
Figura 1.11. Caracterización de los trabajos prácticos, de acuerdo al modelo didáctico predominante en la época.	34
Figura 1.12. Línea de tiempo de las propuestas sobre preguntas investigables de diversos autores.	39
Figura 1.13. La pregunta investigable en los estándares internacionales y en la prueba PISA.	42
Figura 1.14. Los tipos de preguntas investigables según diversos autores.	43
Figura 1.15. Etapas en el proceso a seguir en la actividad experimental cuando se plantea una pregunta de clasificación.	46
Figura 1.16. Etapas en el proceso a seguir en la actividad experimental cuando se plantea una pregunta de causa- efecto.	46
Figura 1.17. Esquema de una actividad experimental para hacer una predicción.	49
Figura 1.18. Etapas en el proceso a seguir en la actividad experimental cuando se plantea una pregunta de diseño.	50
Figura 1.19. Etapas en el proceso a seguir en la actividad experimental cuando se plantea una pregunta de descripción.	51
Figura 1.20. Etapas en el proceso a seguir en la actividad experimental cuando se plantea una pregunta para buscar patrones.	52
Figura 1.21. Esquema de un plano inclinado para propiciar la formulación de preguntas investigables.	54
Figura 1.22. Diferentes denominaciones de las habilidades de proceso científico.	60
Figura 1.23. Clasificación de las habilidades de proceso científico en básicas e integradas.	62
Figura 1.24. Las habilidades de proceso científico agrupadas en categorías.	65
Figura 1.25. La relación entre la habilidad de realizar inferencias o deducciones y la información.	68
Figura 1.26. Diferencia entre una observación, una inferencia y una predicción.	69
Figura 1.27. Niveles de abertura según Herron.	73
Figura 1.28. Esquema de los niveles consecutivos de indagación de acuerdo a Tafoya et al.	74
Figura 1.29. Niveles de apertura según Hegarty-Hazel.	74
Figura 1.30. Esquema de los niveles de indagación introduciendo el nivel propuesto por Martin- Hansen	75
Figura 1.31. Niveles de indagación de las actividades propuestas en los libros de texto propuestas por Buck et al.	75
Figura 1.32. Niveles de indagación según Gooding y Metz.	76

Figura 1.33. Criterios utilizados por los diversos autores para elaborar las rúbricas de los niveles de indagación.	77
Figura 3.1. Ubicación geográfica de los colegios donde laboran los profesores.	110
Figura 3.2. Relación entre el número de profesores y los años dictando cursos de ciencias en secundaria. .	111
Figura 3.3. Fases en las cuáles se planificó la investigación.	112
Figura 3.4. Esquema del proceso a seguir para la clasificación de las actividades experimentales propuestas por los profesores.	118
Figura 3.5. Nivel de indagación de las sesiones de clase.	123
Figura 3.6. Identificación de las sesiones de clase en las cuales la docente impartirá contenido (coloreadas de anaranjado) sobre las habilidades de proceso científico.	124
Figura 3.7. Esquema de los parámetros que se usarían en el diseño de las sesiones de clase.	125
Figura 3.8. Ejemplo de un patrón de clase de una sesión hipotética.	128
Figura 3.9. Esquema del diseño propuesto para obtener la información de las actividades experimentales.	134
Figura 3.10. Rejilla para colocar los datos del análisis de las actividades experimentales.	135
Figura 3.11. Tabla de datos a partir de la información recogida de la rejilla de la Figura 3.9.	136
Figura 3.12. Esquema del procedimiento que se seguiría para el análisis de los datos.	137
Figura 3.13. Relación entre los elementos que caracterizan a una sesión de clase y los parámetros a considerar en las actividades experimentales propuestas por los profesores.	143
Figura 3.14. Ubicación de los trabajos libres uno y dos en el contexto de las sesiones de clase.	147
Figura 4.1. Distribución de las actividades experimentales y no experimentales propuestas por los profesores al inicio de la Especialización.	152
Figura 4.2. Porcentaje de las actividades experimentales de acuerdo a las habilidades de proceso científico que pondrían en juego los alumnos al desarrollarlas.	154
Figura 4.3. Distribución de los niveles de indagación de las actividades experimentales propuestas por los profesores al inicio de la Especialización.	155
Figura 4.4. Distribución de los tipos de actividades experimentales de acuerdo con Caamaño (2011) propuestas por los profesores al inicio de la Especialización.	156
Figura 4.5. Representación gráfica del patrón FghJkL.	159
Figura 4.6. Representación gráfica del patrón FgiJkL.	161
Figura 4.7. Representación gráfica del patrón FghJkL.	163
Figura 4.8. Descripción gráfica del patrón FgIjKl.	165
Figura 4.9. Descripción gráfica del patrón FghJkL.	167
Figura 4.10. Descripción gráfica del patrón FghJkl.	168
Figura 4.11. Actividad experimental: Factores que afectan la velocidad de las reacciones químicas.	170
Figura 4.12. Actividad experimental: El efecto de la temperatura en la velocidad de reacción.	170
Figura 4.13. Actividad experimental: Movimiento rectilíneo uniforme (MRU).	171
Figura 4.14. Actividad experimental: Electricidad Estática	172
Figura 4.15. Situaciones de indagación.	173
Figura 4.16. Actividades de aprendizaje a realizar en el estudio del fenómeno de fototropismo	174
Figura 4.17. Presentación del fenómeno de fototropismo.	174

Figura 4.18. Diseño experimental en la actividad fototropismo.....	175
Figura 4.19. Procedimiento a seguir otorgado por el Profesor (P5).	177
Figura 4.20. Actividad experimental: Mitosis.	178
Figura 5.1. Distribución de las sesiones de clase en los semestres académicos.	184
Figura 5.2. Se muestra a un profesor anotando en la pizarra la pregunta que su grupo había seleccionado. .	194
Figura 5.3. Integrantes de un grupo colocando varias parejas de electrodos en una naranja y registrando las medidas de voltaje.....	194
Figura 5.4. Se muestra a los integrantes de un grupo haciendo medidas de pH de las frutas.....	195
Figura 5.5. Proporción de los tipos de preguntas investigables formuladas en las actividades experimentales propuestas por los profesores.	197
Figura 5.6. Indicaciones proporcionadas para el desarrollo de la actividad: La influencia de la amilasa en el proceso de digestión de los carbohidratos.	198
Figura 5.7. Tabla sugerida para anotar los resultados obtenidos en la actividad: La influencia de la amilasa en el proceso de digestión de los carbohidratos.	198
Figura 5.8. Distribución de la proporción de los tipos de preguntas investigables formuladas de acuerdo a la carga conceptual involucrada en la sesión.	208
Figura 5.9. Grupo de profesores revisando la composición del pañal.....	212
Figura 5.10. Grupo de profesores extrayendo el polímero de los pañales.....	212
Figura 5.11. Grupo de profesores conectando las pilas en serie.....	213
Figura 5.12. Porcentaje de los niveles de indagación de las actividades experimentales planteadas por los profesores a lo largo del curso.....	216
Figura 5.13. Guía para realizar el experimento planteada por el profesor (P25).....	218
Figura 5.14. Esquema del procedimiento a seguir presentado por el profesor (P18).	219
Figura 5.15. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 7 (S7), por el profesor (P27).	231
Figura 5.16. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 7 (S7), por el profesor (P24).	231
Figura 5.17. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 7 (S7), por el profesor (P26).	232
Figura 5.18. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 7 (S7), por el profesor (P14).	232
Figura 5.19. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 6 (S6), por el profesor (P35).	233
Figura 5.20. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 6 (S6), por el profesor (P24).	233
Figura 5.21. Tabla para registrar los resultados propuesta por el profesor (P24).....	234
Figura 5.22. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 5 (S5), por el profesor (P35).	234
Figura 5.23. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 1 (S1), por el profesor (P29).	235
Figura 5.24. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 4 (S4), por el profesor (P27).	235
Figura 5.25. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 4 (S4), por el profesor (P24).	236
Figura 5.26. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 4 (S4), por el profesor (P27).	236
Figura 5.27. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 4 (S4), por el profesor (P12).	237
Figura 5.28. Esquema del procedimiento a seguir en la actividad experimental propuesta por el profesor (P21).	240
Figura 5.29. Captura de pantalla de la proyección del video donde se aprecia el planteamiento de los factores que desean estudiar.	241

Figura 5.30. Captura de pantalla de la proyección del video donde se aprecia la ejecución del diseño experimental.	241
Figura 5.31. Captura de pantalla de la proyección del video relativa a la recolección y análisis de datos. ...	242
Figura 5.32. Esquema de los distintos factores que pueden dar origen a la formulación de preguntas investigables.	242
Figura 5.33. Esquema de los factores: medio y solvente que pueden dar origen a la formulación de preguntas investigables.	243
Figura 5.34. Esquema de la variación de la concentración de la sal en formulación de preguntas investigables.	243
Figura 5.35. Grupo de profesores analizando la cantidad de muestra que debe colocarse.	244
Figura 5.36. Profesores discutiendo si el agua se derramará o no el diseño propuesto.	245
Figura 5.37. Grupo de profesores revisando el diseño experimental propuesto.	245
Figura 6.1. Proporción de preguntas investigables y no investigables planteadas en el primer semestre académico y en TL1.	252
Figura 6.2. Tipos de preguntas investigables en el primer semestre y en TL1.	253
Figura 6.3. Niveles de indagación en el primer semestre y en TL1.	254
Figura 6.4. Esquema del procedimiento a seguir en la actividad experimental propuesta en la sesión 2 (S2), por el profesor (P13).	259
Figura 6.5. Fotografías del material empleado en la realización del experimento en el aula de clase del profesor (P33).	260
Figura 6.6. Esquema experimental propuesto por un grupo de alumnas del profesor (P33).	261
Figura 6.7. Porcentaje de preguntas investigables y no investigables planteadas en el segundo semestre académico y en TL2.	262
Figura 6.8. Tipos de pregunta investigable planteadas en el segundo semestre y TL2.	263
Figura 6.9. Proporción de las actividades experimentales planteadas en el segundo semestre académico de acuerdo a los niveles de indagación.	265
Figura 6.10. Porcentajes de preguntas investigables y no investigables formuladas en TL1 y en TL2.	270
Figura 6.11. Porcentajes de los tipos de preguntas investigables planteadas en TL1 y en TL2.	271
Figura 6.12. Niveles de indagación de las actividades experimentales propuestas por los profesores en TL1 y en TL2.	275
Figura 6.13. Comparación entre los casos con patrón CD en TL1 y en TL2.	283

Capítulo I

Marco Teórico

1.1. Introducción

En este capítulo se presenta el marco teórico que sustenta la investigación realizada. Se empezará describiendo cómo se realiza la enseñanza de las ciencias en el nivel secundario en el Perú, contexto de este estudio, para luego adentrar en el modelo didáctico de enseñanza de las ciencias por indagación. Para esto último se hará un recorrido histórico de cómo se han ido aplicando los distintos modelos de enseñanza–aprendizaje de las ciencias, las concepciones de los trabajos de laboratorio que se llevan al aula de clase, las habilidades del proceso científico, hasta llegar al modelo de enseñanza aprendizaje por indagación.

1.2. El Sistema Educativo Peruano en la Formación del Profesorado

La formación inicial del profesorado en el Sistema Educativo Peruano en el nivel secundario se encuentra organizada de acuerdo a las siguientes especialidades: matemática, comunicación, ciencias naturales, ciencias sociales, educación artística, educación física, educación especial, inglés u otro idioma y, educación tecnológica con menciones en agropecuaria, fuerza motriz, tecnología textil, mecánica automotriz. Entre dichas especialidades se encuentra la de ciencias naturales que constituye el objeto de esta investigación.

Los futuros profesores pueden ser formados de acuerdo a la Ley del profesorado de dos maneras según el Artículo 4: “La formación profesional del profesorado se realiza en las Universidades y en los Institutos Superiores Pedagógicos” (Ley N° 24029, 1984). Lo cual quiere decir que los profesores pueden formarse tanto a través de las Universidades mediante las Facultades de Educación y, a través de los Institutos Superiores Pedagógicos.

En cuanto a la duración de los estudios la ley del profesorado estipula que la duración de los mismos en ambas modalidades es de cinco años “La formación profesional del profesorado se efectúa en no menos de diez semestres académicos” (Ley N° 24029, 1984, art. 6).

En cuanto a los grados y títulos que se obtiene de acuerdo a la modalidad de estudios elegida, hay una diferencia que es necesario destacar: las universidades otorgan el grado de bachiller en educación a los profesores que egresan de sus aulas, este grado es suficiente para que sus egresados puedan ejercer como profesores. Los egresados que presentan una tesis podrán obtener el título de licenciado en educación. Los Institutos superiores pedagógicos (ISP) conceden el título de profesor a nombre de la Nación. Los profesores egresados de los ISP podrán obtener este título cuando presenten una tesis o realicen una

obra para mejorar la infraestructura de su centro de formación. El título que otorgan los ISP no es similar que el grado de bachiller que otorga la universidad. Para que los profesores egresados de los ISP puedan seguir estudios universitarios o realizar estudios de postgrado en educación, tienen que obtener el grado de bachiller que sólo los otorgan las universidades. En la Ley del profesorado (Ley N° 24029, 1984, art.8) se menciona:

Artículo 8 °.- El título de los profesionales en educación es el de Profesor otorgado por los Institutos Superiores Pedagógicos. Las universidades otorgan este título o el de Licenciado en Educación, siendo éstos equivalentes para el ejercicio profesional y para el ascenso en la Carrera Pública. Los estudios efectuados en los primeros son convalidables en las universidades de acuerdo con la ley y con los estatutos de cada una de ellas para hacer cualquier otro estudio, inclusive los de segunda especialidad profesional.

Los profesionales titulados en Institutos Superiores Pedagógicos, tienen derecho a solicitar en cualquier universidad del país que cuenten con Facultades de Educación, la obtención de grado académico de Bachiller en Educación, previa exoneración del procedimiento ordinario del concurso de admisión y con la debida convalidación de los estudios efectuados en su correspondiente profesionalización.

Los estudios de complementación para el grado de Bachiller, no excederán de dos semestres académicos.

Con respecto al currículo de estudios son diferentes, las universidades públicas y privadas son autónomas y cada una de ellas elabora y programa sus propias estructuras curriculares. Los institutos superiores pedagógicos (ISP) se rigen por un currículo único aprobado por el Ministerio de Educación Peruano. Esto se recoge en el artículo quinto del Reglamento General de los institutos superiores pedagógicos y escuelas superiores de formación docente públicos y privados (Ministerio de Educación del Perú, 2001):

Artículo 5°.- Los ISP se rigen en los aspectos académicos por las normas emanadas de la Dirección Nacional de Formación y Capacitación Docente; y, en los aspectos administrativos, de las Direcciones Regionales y Sub Regionales de Educación o de las Direcciones de Educación de Lima y del Callao, según sea el caso.

1.3. La enseñanza de las ciencias en el Perú y la formación de profesores en el Perú

En Perú, la política educativa ha puesto mucho énfasis en los últimos veinte años en la formación del docente de Ciencias Naturales. Para tal efecto, ha desarrollado diversos

programas de actualización y modificaciones en el currículo nacional, con el fin de revertir las graves deficiencias en el aprendizaje reportadas por el Diagnóstico General de Educación de 1993 (Martínez, 2004) y los resultados obtenidos en la prueba PISA del año 2003.

En el 2004, el Ministerio de Educación peruano publica un documento denominado OTP (Orientaciones Técnico Pedagógicas) en el cual se encuentran las orientaciones para el trabajo pedagógico de los profesores en ejercicio, diseñado con el fin de brindar los lineamientos que se deben seguir para llevar al aula diferentes tipos de actividades, incluyendo los trabajos prácticos y actividades experimentales, foco de esta investigación.

En cuanto a la enseñanza de las ciencias en secundaria, a partir del año 2006 se empieza a introducir la enseñanza de las ciencias por indagación en la secundaria como enfoque didáctico avalado por el Ministerio de Educación. Según las OTP (Ministerio de Educación del Perú, 2006), los alumnos, a lo largo de la secundaria, deberían ser capaces de establecer situaciones problemáticas y luego determinar los métodos, materiales y datos que coleccionarán. Por tanto, se propone que en la escuela se propicie que los alumnos elaboren informes en los que muestren sus resultados y conclusiones. El planteamiento incluye no seguir rígidamente el llamado "método científico", por lo que los profesores deben guiar a los alumnos en el planteamiento de las preguntas a investigar. Es así que les deben proporcionar a sus estudiantes una guía pequeña de interrogantes que tienen que seguir: "(a) ¿cuál es la pregunta que se está haciendo?, (b) ¿cuál es el conocimiento que sirve de base y de marco para esta pregunta?, (c) ¿qué es lo que tendrían que hacer para contestar a esta pregunta?" (p. 55).

En las OTP del año 2010 (Ministerio de Educación del Perú), que revisan y amplían la edición anterior, se encuentran los siguientes lineamientos:

En cada nivel los estudiantes deben tener la posibilidad de formular preguntas, planificar y conducir investigaciones, utilizar herramientas y técnicas apropiadas para recolectar datos, producir pensamiento lógico y crítico acerca de las relaciones entre evidencia y explicación, construir y analizar explicaciones alternativas y comunicar argumentos científicos. En todas estas prácticas tendrán la oportunidad de moldear sus experiencias acerca de la práctica de la ciencia, las reglas del pensamiento y el conocimiento científico. Los estudiantes deben establecer situaciones problemáticas y, luego, determinar los métodos, materiales y datos que coleccionarán. Hay que motivarlos y estimularlos a emplear los procedimientos de recolección de datos ya a compartir información entre los grupos. Los estudiantes producirán reportes orales o

escritos para presentar los datos de sus indagaciones. Se deberá evitar un enfoque rígido de la investigación e indagación científica y no abocarse solo a un cierto “método científico” (p. 52).

En cuanto a las capacidades necesarias para realizar un estudio científico, en las mismas OTP (2010, p. 53) se recogen las siguientes:

Identificar preguntas que pueden ser contestadas mediante la investigación. Los estudiantes deben desarrollar la habilidad de formular y reformular preguntas, la misma que implica la capacidad para clarificarlas y dirigir las hacia objetos o fenómenos que, en este caso, pueden ser descritos, explicados o predichos por investigaciones científicas. Los estudiantes deben desarrollar la habilidad de identificar sus preguntas con las ideas y conceptos científicos, y con las relaciones cuantitativas que guían su investigación.

Diseñar y conducir una investigación. Los estudiantes deben desarrollar capacidades tales como observación sistemática, medición adecuada e identificación y control de variables, además de capacidades/habilidades que permitan aclarar las ideas que guían su investigación. Deben entender cómo comparar dichas ideas con el conocimiento científico sobre el tema. Asimismo, deben aprender a formular preguntas, diseñar investigaciones, ejecutar investigaciones, interpretar datos, utilizar evidencias para generar explicaciones, proponer explicaciones alternativas y criticar explicaciones y procedimientos.

Utilizar herramientas y técnicas adecuadas para recolectar, analizar e interpretar datos. Los estudiantes deben ser capaces de buscar información, seleccionarla, analizar los datos para comenzar una investigación. Asimismo, deben ser capaces de manejar las herramientas matemáticas necesarias para organizar los datos recogidos en su propia investigación experimental.

Con el objeto de promover que las escuelas ofrezcan a los estudiantes mejores oportunidades de aprender, el Ministerio de Educación peruano, a partir del año 2014, elabora un conjunto de documentos pedagógicos para que sirvan de orientación a los profesores. De esta manera, en el fascículo general de las Rutas de Aprendizaje (Ministerio de Educación del Perú, 2014) se propone como enfoque la enseñanza de las ciencias en secundaria por indagación, definiéndolo como “un enfoque que moviliza un conjunto de procesos que permite a nuestros estudiantes el desarrollo de habilidades científicas que los

llevarán a la construcción y comprensión de conocimientos científicos a partir de la interacción con su mundo natural” (p. 34).

En dicho documento, se da especial importancia al trabajo experimental que puedan desarrollar los estudiantes, fomentando el hecho de que los propios estudiantes formulen las preguntas que deseen investigar, diseñen sus experimentos, determinen la relación entre las variables, la forma de recoger y procesar los datos. Se espera que con todo esto los estudiantes logren adquirir la competencia denominada *Indaga* (ver Figura 1.1), que a su vez necesita que se desarrollen dos capacidades relacionadas con el diseño experimental: (a) “Reconoce situaciones susceptibles de ser investigadas, las problematiza y formula preguntas e hipótesis” (p.58) y (b) “Diseña estrategias para hacer una investigación” (p. 62).



Figura 1.1. Relación entre la competencia de Indaga y sus capacidades. Obtenido del fascículo general 4 de las *Rutas de Aprendizaje 2014* (Ministerio de Educación del Perú, p. 65).

Con respecto a los programas de formación dirigidos a docentes, en la década del 90 el Ministerio de Educación de Perú ejecuta el Plan Nacional de Capacitación Docente (PLANCAD), que comienza en 1995 y se extiende hasta el año 2001. Su aplicación fue gradual, en el año 1995 inició sus acciones con la capacitación de docentes de Educación Primaria; en 1997, comenzó la capacitación de docentes de Educación Inicial y, en 1998, se ejecutó con los del nivel de Educación Secundaria. El PLANCAD fue un componente del Proyecto Especial de Mejoramiento de la Calidad de la Educación Peruana (MECEP). Nace

como respuesta al Diagnóstico General de la Educación de 1993, que reafirmaba las graves deficiencias del aprendizaje escolar.

La capacitación que en aquella época se proporcionó a los profesores de la región, tuvo un fuerte componente constructivista, se puso mucho énfasis en la aplicación de la metodología activa en el desempeño docente. Las acciones de capacitación se realizaron durante todo el año académico, con un número aproximado de 200 horas y con diferentes estrategias de intervención como: talleres, reuniones de núcleos de inter-aprendizaje, seguimiento y asesoramiento al desempeño en el aula.

Años más tarde, el Estado peruano pone en práctica un nuevo programa de capacitación al que denomina PRONAFCAP (Programa Nacional de Formación y Capacitación Permanente), promovido por el Ministerio de Educación del Perú (MINEDU) y por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y La Cultura (OEI). El objetivo principal del programa es mejorar la calidad educativa en el Perú, mediante la ejecución de capacitaciones permanentes a profesores de escuelas públicas, con el fin de actualizar sus conocimientos y estrategias educativas. En ese marco, se desarrolló la capacitación que se analiza en el presente estudio.

1.4. ¿Qué se entiende por trabajo práctico?

Cuando se pregunta a los profesores qué entienden por trabajo práctico, es posible que respondan con diversas interpretaciones de esta denominación. Para unos, la definición es tan amplia que podría incluir actividades diversas, como una exposición, la elaboración de un folleto, la elaboración de una maqueta, una salida al campo, y aquellas actividades que involucren la manipulación de material de laboratorio. Para otros, dicho término se limita a aquellas actividades desarrolladas en el laboratorio. Esto no sólo sucede entre los profesores de Piura (Perú) sino que también ocurre en diversos contextos, pues no existe consenso en la definición.

Para ilustrar esta problemática, puede observarse el trabajo de Miguens y Garret (1991), quienes presentan varias denominaciones y definiciones para referirse a las actividades que se agrupan bajo el concepto de trabajo práctico. Sobre el particular, estos autores señalan:

Las expresiones “trabajo práctico”, “actividades en laboratorio” o simplemente “prácticas”, se utilizan para indicar: el trabajo realizado por estudiantes en la clase o en actividades de campo, que pueden o no involucrar un cierto grado de interacción con el profesor, e incluye demostraciones, auténticos experimentos exploratorios,

experiencias prácticas (experimentos normales en la escuela) e investigaciones (proyectos que encierran un número de actividades) (p. 229).

Teniendo presente esta diversidad de referencias que giran en torno al término *trabajo práctico*, y a efectos de lograr una mayor claridad respecto al objeto de estudio de la presente investigación, conviene que se revisen los estudios de las definiciones elaboradas por algunos de los autores de mayor trascendencia en la materia.

Perales (1994), en primer lugar, señala que “La literatura educativa ha asignado diversas acepciones para referirse a ellos: actividades experimentales, experiencias, prácticas, trabajos de laboratorio, etc. En general, se podría coincidir en que se trata de un conjunto de actividades manipulativo-intelectivas con interacción profesor-alumno-materiales” (p. 122). Esta definición es interesante, porque da importancia a las actividades intelectuales dentro de la ejecución del trabajo práctico. Sin embargo, no toma en cuenta que el término trabajo práctico también debe incluir actividades que promuevan el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, como el diseño de experimentos, el análisis de datos, entre otros.

Por otra parte, Sanmartí (2002) señala:

Por trabajo práctico se entiende cualquier actividad que comporte la manipulación de materiales, objetos u organismos con la finalidad de observar y analizar fenómenos. Desde este punto de vista, un trabajo práctico se puede realizar en el laboratorio, pero también en el aula o en el campo (p. 210).

Esta definición representa una propuesta innovadora, que permite ampliar el campo de acción de los trabajos prácticos para que no se limiten al espacio físico del laboratorio. Además, conviene notar que se incluye la frase “analizar fenómenos”, lo que implícitamente lleva a pensar en la adquisición de habilidades de pensamiento científico.

Lunetta, Hofstein y Clough (2007) definen el trabajo práctico como “experiencias de aprendizaje en el que los estudiantes interactúan con los materiales o con fuentes secundarias de datos para observar y comprender el mundo natural” (p. 394). En esta definición se añade la expresión “experiencias de aprendizaje”, lo que es importante dado que la finalidad del trabajo práctico debiera ser precisamente que el alumno aprenda. Sin embargo, al mencionar que el trabajo práctico necesariamente involucra una interacción de los alumnos con los materiales mediante la observación, se dejan de lado otros procesos importantes como el diseño experimental, el análisis e interpretación de datos, la formulación de preguntas, etc. Además, sería importante ampliar la definición de mundo natural e incluir el artificial, ya

que en la práctica se abordan temas de esta naturaleza, como por ejemplo el tema de polímeros.

Finalmente, Del Carmen (2011) indica:

El término “trabajos prácticos” se utiliza con frecuencia para referirse a las actividades de enseñanza de las ciencias en las que el alumnado ha de utilizar determinados procedimientos para resolverlas. Cuando se habla de actividades de laboratorio o de campo, se hace referencia a un repertorio muy variado de actividades (p. 95).

Añade que las actividades de laboratorio tienen características comunes: son realizadas por los alumnos, pueden ser planteadas por el profesor o los alumnos, exigen el uso de habilidades de pensamiento científico como son la observación, el planteamiento de preguntas, la realización del experimento etc., también hace notar que pueden realizarse en un ambiente distinto al de laboratorio, incluso en el aula de clase.

Sin perjuicio de las ventajas que poseen algunas de las definiciones reproducidas en los párrafos anteriores, a efectos del presente trabajo, se utilizará la definición que propone Del Carmen (2011), y al trabajo práctico se le denominará “actividad experimental”. Esta definición resulta útil para efectuar el análisis que requiere la presente investigación, debido a tres motivos fundamentales: (a) se ajusta al planteamiento de las actividades experimentales con indagación, (b) toma en cuenta los niveles de apertura de las mismas y (c) plantea la posibilidad de realizar dichas actividades en el aula de clase. Esta última situación se ajusta muy bien a la realidad nacional peruana, contexto de este estudio, ya que en el Perú existe una gran mayoría de colegios estatales que no cuenta con laboratorios implementados que puedan satisfacer la demanda de los alumnos.

1.5. Enfoque de las actividades experimentales

Habiendo definido lo que significa el término “trabajo práctico”, al que –como se dijo– se denominará “actividad experimental”, es preciso explicar que éste puede ser enfocado de diversas maneras. Conocer y clasificar estos enfoques es primordial para que un profesor pueda realizar una reflexión de su propia práctica docente a efectos de tener un referente a partir del cual pueda ir introduciendo paulatinamente los cambios necesarios. Ésta no es una tarea sencilla, por ello se dedicarán unas líneas para revisar lo que se ya ha sido escrito respecto de los enfoques más importantes de las actividades experimentales.

Sobre este particular, Domin (1999) comenta que a lo largo de la historia de la enseñanza de la química se pueden encontrar cuatro enfoques con características muy diferentes: “(a)

el enfoque expositivo, (b) el enfoque de investigación, (c) el enfoque de descubrimiento y (d) el enfoque de resolución de problemas” (p. 543).

Así, para poder determinar el enfoque utilizado es conveniente que se tomen en cuenta algunos de los aspectos involucrados en una actividad experimental, como son: el rol del profesor y del alumno, el momento en el cual se da el contenido conceptual y el diseño experimental, especialmente el hecho de quién lo elabora, o si se extrae de un manual de laboratorio o del libro de texto, inclusive cómo se elaboran las conclusiones y si se le proporciona alguna tabla elaborada por el profesor o del manual para que completen los datos recogidos.

Además, se debe tomar en cuenta que las actividades experimentales pueden cumplir diversos objetivos durante una sesión de clase y los distintos tipos de actividades pueden ser utilizados a lo largo de su ejecución. Por lo tanto, no sería conveniente limitarse a utilizar un solo tipo en toda la asignatura, es necesario diversificar los trabajos prácticos (Caamaño, 2001), lo ideal sería ir realizando actividades indagativas cada vez más abiertas conforme va transcurriendo la asignatura.

En la Tabla 1.1 se muestran algunos ejemplos de lo que supondría llevar una actividad experimental al aula y cómo los diversos aspectos involucrados se desarrollan de acuerdo al enfoque que el profesor utilice.

Tabla 1.1

Características de las distintas maneras de realizar una actividad de laboratorio

Criterio	Expositivo	Descubrimiento	Investigativo
Ejemplo	En una clase se desea verificar el hecho de que si en una reacción química se desprende o se absorbe calor.	A los alumnos se les entrega una guía de laboratorio donde se les indica el procedimiento a seguir y los datos a recoger, a partir de ellos deberá sacar conclusiones acerca del flujo del calor y que unas reacciones desprenden calor y otras absorben.	El profesor plantea una investigación abierta a manera de introducción hacia el concepto de flujo de calor. Para ello les pide a los alumnos que investiguen el calor ganado o perdido en diferentes sistemas.
Rol del profesor	Define el tema a investigar y dirige a los alumnos.	Guía durante el proceso.	Plantea la investigación, el profesor es el facilitador de la construcción de los principios científicos.
Rol del alumno	Pasivo, sigue las instrucciones del profesor.	Activo	Activo

Criterio	Expositivo	Descubrimiento	Investigativo
Contenido conceptual	Desarrollado en la sesión de clase.	Elaborado por los alumnos a partir de los resultados obtenidos.	Después de haber recogido los datos y analizado los mismos con ayuda del profesor, él les ayuda a construir los principios relativos al flujo de calor.
Diseño experimental	Dado por el profesor, o a través de un folleto, un manual de laboratorio, como una guía del procedimiento a seguir.	Dado por el profesor.	Los alumnos deben formular el problema, diseñar el procedimiento a seguir y analizar los resultados.
Elaboración de conclusiones	El alumno completa una serie de preguntas que hacen referencia a los resultados del procedimiento seguido.	Los alumnos, a partir de los resultados obtenidos, elaboran sus propias conclusiones	Los alumnos elaboran de manera preliminar sus propias conclusiones.
Conocimiento del resultado	Predeterminado, el profesor y los alumnos saben el resultado que obtendrán.	Predeterminado, por el profesor.	Indeterminado, los alumnos no conocen previamente los resultados a los que llegarán.

Nota: Elaborado a partir de *A review of laboratory instruction styles* por Domin (1999, pp. 543-547).

1.6. Las clasificaciones de las actividades experimentales

Cuando se lleva una actividad experimental al aula de clase, es muy importante identificar de qué tipo es, ya que según el tipo de actividad experimental es posible lograr un objetivo u otro. Hodson (1994) comenta que los objetivos que se plantean en los trabajos prácticos pueden ser muy variados, por ejemplo: para motivar a los alumnos, para enseñarles técnicas de laboratorio, para familiarizarlos con el método científico, inclusive para desarrollar determinadas actitudes científicas. Del mismo modo, Figueiroa (2003) comenta que es necesario que los profesores estructuren y diseñen las actividades experimentales de acuerdo al objetivo que pretendan conseguir.

Sin embargo, es muy común que esto no sea tomado en cuenta por los profesores, quienes suelen utilizar indistintamente uno u otro tipo de actividad experimental, llegando al caso extremo de no identificar qué objetivo u objetivos se plantean al diseñar las actividades experimentales. También es importante tomar en cuenta que –cuando se formula un objetivo– es importante que éste no supere la capacidad de aprendizaje de los alumnos (Leite, 2000).

Los datos aportados en diferentes investigaciones –como las de Bastida, Ramos y Soto (1990), Leite (1999), Afonso y Leite (2000) y Figueiroa (2003) – indican que la mayor parte de actividades experimentales realizadas en el aula de clase o que se encuentran en los libros de texto son de tipo demostrativo o de verificación. Wenning (2005) comenta que los procesos intelectuales involucrados en una actividad experimental varían desde habilidades rudimentarias (observar, registrar datos, etc.), pasando por niveles cada vez más complejos, como pueden ser el diseño de experimentos o el establecimiento de relaciones a partir de los datos obtenidos. Esto significa que, si en el aula de clase sólo se llevan a cabo actividades de tipo demostrativo o de verificación, no se propicia que los alumnos adquieran habilidades de pensamiento científico de orden superior. Furman y de Podestá (2009) señalan que este tipo de habilidades no se adquieren de manera espontánea, y es por ello que resulta necesario enseñarlas en el aula de clase. En los documentos oficiales del Ministerio de Educación del Perú no se presenta una guía de clasificación de trabajos prácticos que les permita evaluar el tipo de actividad que llevan al aula.

Para entender mejor lo mencionado, se presentan ejemplos de cómo se pueden llevar al aula actividades experimentales respecto de un mismo tema, en este caso concreto se refieren a los tipos de suelos:

- Caso 1: el profesor lleva a la clase distintas muestras de suelos y hace notar a sus alumnos las diferencias entre uno y otro con ayuda de una lupa, dentro del contexto de un sistema heterogéneo.

Como se puede deducir, en este caso el profesor pretende que los alumnos –a través de la observación, y con ayuda de un instrumento (la lupa, en el ejemplo)– distingan las diferencias entre un tipo de suelo y otro.

- Caso 2: el profesor lleva una muestra de tierra de jardín y enseña a sus alumnos la manera de armar un equipo –constituido por un embudo, papel de filtro y un vaso– para evidenciar que, al agregar agua, una parte de ésta pasa y una parte queda retenida por la tierra.

De esta manera, el profesor introduce a los alumnos en la técnica que les permite evaluar una característica del suelo: su capacidad de absorción.

- Caso 3: si en el ejemplo del caso 2, el profesor añade la siguiente pregunta: ¿qué creen que sucederá si usamos arcilla en lugar de tierra de jardín? y luego invita a sus alumnos a realizar una predicción, promueve en sus alumnos la elaboración de predicciones.

- Caso 4: si el profesor enseña a sus alumnos el procedimiento para determinar la medida del pH de un suelo (puede ser a través del uso de papel indicador, con colorada, con un pH-metro o con un indicador líquido).

En esta actividad el profesor explica una técnica (medida del pH) y pretende que el alumno la aprenda.

- Caso 5: El profesor entrega a sus alumnos varias muestras de suelo y les pide que determinen si hay alguna relación entre la muestra de suelo y la cantidad de agua que absorben.

Esto implica que los alumnos elaboren el diseño experimental –o que el profesor se los proporcione– y que analicen los datos obtenidos para encontrar una relación entre el tipo de suelo y la cantidad de agua absorbida.

- Caso 6: el profesor plantea una situación a sus alumnos en el que se desea realizar un estudio sobre el suelo de un terreno y evaluar qué se debe hacer para mejorar la calidad del mismo.

En este caso, los alumnos deberán relacionar los conceptos teóricos involucrados en la resolución del problema y elaborar el diseño experimental apropiado para dar respuesta al problema planteado. En otras palabras, los alumnos deben elaborar una propuesta fundamentada de lo que se debería hacer para mejorar la calidad del suelo.

Como se puede apreciar en los casos propuestos, existen diferencias metodológicas entre el caso 1 y el caso 2. No es lo mismo que el alumno contemple la exposición del profesor a que participe de un experimento, y ninguna de estas experiencias se compara a aquella en la que el alumno planifica su propio diseño experimental adquiriendo un rol más activo.

En la literatura didáctica se encuentran diversas clasificaciones de los trabajos prácticos dependiendo de los criterios que se elijan para ello. Así, se tiene que:

Woolnough y Allsop (1985), citados por Caamaño (1992), formularon una tipología para los trabajos prácticos, categorizándolos en ejercicios, experiencias e investigaciones.

De otra parte, Silva y Leite (1997) proponen una tipología de trabajos prácticos basada en el tipo de objetivo que se plantee en cada caso: unos pueden tener como objetivo el aprendizaje de un conocimiento conceptual y otros, de conocimiento procedimental.

Del Carmen (2011) señala que algunos de estos criterios pueden ser: los objetivos, los contenidos del trabajo práctico, el contexto en el que se realiza cada trabajo práctico, los

recursos que son utilizados, los métodos empleados, las técnicas que se aplicarán o, inclusive, el rol que asumirán los alumnos en el desarrollo de los trabajos.

Aunque algunos autores utilicen denominaciones distintas para clasificar las distintas actividades experimentales, se pueden encontrar puntos de coincidencia en las clasificaciones propuestas. De modo que, si se hace una revisión de las descripciones de cada una de sus categorías, se encuentra que se refieren al mismo tipo. Es por eso que para efectos de asignarle un nombre a los distintos tipos y que formen parte de las denominaciones que se usarán en la investigación, se ha seleccionado el nombre asignado en la clasificación realizada por Caamaño (2011), la cual se describe a continuación.

El criterio que toma en cuenta Caamaño es el objetivo que se persigue con los trabajos prácticos, por ello los ordena en tres grupos (ver Figura 1.2).

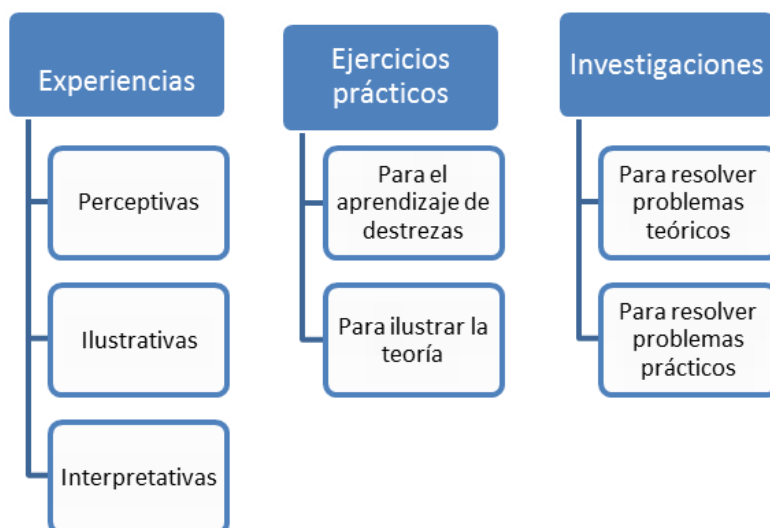


Figura 1.2. Tipología de los trabajos prácticos. Adaptado a partir de *Los trabajos prácticos en Física y Química: interpretar e investigar* por Caamaño (2011, pp. 145-151).

1.6.1. Experiencias.

Se aprecia que Caamaño (2011) considera que –y en esto coincide con Woolnough y Allsop (1985), Silva y Leite (1997) y Leite y Figueiroa (2004) – un tipo de trabajo práctico lo constituyen las llamadas experiencias. Estas se destinan a obtener una familiarización con los fenómenos, ilustrar principios o dar oportunidad para predecir y explicar.

Hay diversos autores que han definido las experiencias, se citarán a continuación algunos de ellos. Woolnough y Allsop (1985), citados por Caamaño (2004), afirman que “las experiencias son actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos” (p. 8). Por su parte, Corominas y Lozano (1994), indican:

Llamamos experiencias a aquellos experimentos cualitativos, breves y directos, cuyo propósito es proporcionar a los alumnos conocimiento tácito de determinados fenómenos con el fin de facilitar la posterior comprensión de conceptos abstractos, o a la inversa, ilustrar conceptos teóricos ya introducidos para hacerlos más significativos (p. 22).

Además de la definición, en la literatura también se encuentra una clasificación de las experiencias. Así, según Caamaño (2011), pueden ser de tres tipos:

1.6.1.1. Experiencias perceptivas.

El objetivo de las experiencias perceptivas es poner en contacto a los alumnos con fenómenos, de tal manera que puedan visualizar los conceptos que se han explicado en clase. En este sentido Caamaño (2011) indica “La adquisición de experiencia de ‘primera mano’ sobre fenómenos del mundo físico y químico, es imprescindible para poder plantearse una comprensión teórica de ellos y la adquisición de conocimiento tácito que pueda ser utilizado para resolver problemas” (p. 148). Leite (2001) propone que dichas actividades pueden servir para reforzar el conocimiento conceptual de un determinado fenómeno. Fernández (2013) señala que por lo general dichas actividades están orientadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos físicos, químicos, biológicos y geológicos, generalmente de carácter cualitativo.

Algunos ejemplos de este tipo de experiencias vienen dados por actividades tales como sentir la fuerza de una goma elástica, observar distintos materiales, percibir olores, oír (por ejemplo, un sonido grave), visualizar imágenes en el microscopio, observar el desarrollo de una planta, observar cambios en los seres vivos, observar la reflexión de la luz en un espejo, ver la descomposición de la luz por un prisma, etc.

1.6.1.2. Experiencias ilustrativas.

Estas experiencias se encuentran destinadas a ilustrar un principio o una relación entre variables. También desarrolladas por Perales (1994), quien les denomina “trabajos prácticos de verificación”, Duggan (1999), el cual les da el nombre de “ilustraciones”, y Silva y Leite (1997), quienes las denominan “experiencias ilustrativas” y comentan que sirven para reforzar el conocimiento conceptual.

Algunos ejemplos de este tipo de experiencias citados por Caamaño (2011) son los siguientes: (a) observar la relación entre el aumento de la presión y la disminución del volumen de un gas cuando la temperatura se mantiene constante (Ley de Boyle); (b) observar

la relación de proporcionalidad entre el voltaje y la intensidad de corriente en determinados materiales (Ley de Ohm).

Por su parte, Fernández (2013) señala como ejemplos de experiencias ilustrativas los siguientes: “(a) la identificación de los tipos de pigmentos que se extraen de las hojas verde y (b) la visualización de la acción de la amilasa salival sobre los almidones” (p. 19). Generalmente los profesores utilizan este tipo de experimentos para realizar demostraciones en el aula de clase.

1.6.1.3. Experiencias interpretativas.

Las experiencias interpretativas son utilizadas para promover la interpretación por parte de los estudiantes del fenómeno observado, mediante la formulación de hipótesis y explicaciones construidas en base a sus propias ideas.

Según Corominas (2013), es necesario introducir este tipo de actividad experimental debido a que permite que los alumnos razonen sobre los fenómenos que observan. Dicho autor indica que los profesores deben diseñar algunas actividades experimentales que –sin requerir un material muy complejo o costoso para su realización– puedan activar los conocimientos previos de los alumnos y propiciar en ellos análisis a partir de lo que observan. Considera que dichas actividades deberían permitir que los alumnos puedan relacionar lo que observan con las predicciones que hicieron anteriormente.

Las experiencias de (a) tipo POE (predicción-observación-explicación) –propuestas por Gunstone (1991)– podrían usarse, según dicho autor, para hacer aflorar las ideas previas de los alumnos y propiciar el cambio conceptual y las (b) POER (predicción-observación-explicación-reflexión), según Leite y Figueiroa (2004), pueden llevarse al aula de clase de dos maneras: el profesor les puede suministrar a los alumnos el procedimiento o no, en ambos casos se permite una reconstrucción del conocimiento, ya que los alumnos parten de una pregunta que hace aflorar sus ideas previas, las cuales deben confrontarse con los datos empíricos, para luego evaluar las ideas previas que tuvieron.

Según Chamizo (1997), para que las actividades tipo POE tengan una mejor aplicación en el aula y cumplan con los objetivos que se habían descrito en las líneas anteriores, es importante que se realicen en la siguiente secuencia:

- a) Primero, se presenta un determinado fenómeno al alumno y a partir de esto se le pide que realice una predicción justificada. Los alumnos deberán entender muy bien

de qué se trata el fenómeno en estudio antes de pasar a hacer sus predicciones, el profesor debe asegurarse de esto (White & Gunstone, 1992).

- b) En segundo lugar, el alumno debe describir individualmente lo que sucede al ejecutar la actividad experimental.
- c) Finalmente, el alumno debe comparar sus predicciones con lo que observó.

Algunos autores, como Driver, Guesne y Tiberghien (1989) y White y Gunstone (1992), proponen actividades experimentales como ejemplos ilustrativos de lo que se acaba de mencionar. A continuación, se detallan algunos.

Driver (1996) propone la siguiente actividad experimental ayudándose de un gráfico (ver Figura 1.3).

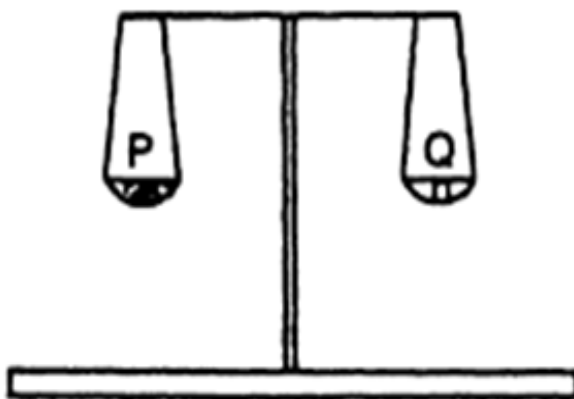


Figura 1.3. Esquema de la balanza usada en la actividad tipo POE. Extraída de *Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas* por Drive (1996, p. 245).

Se ha colocado una pequeña cantidad de estropajo de hierro en el platillo P y se han colocado pesas en el platillo Q para equilibrar la balanza. Se retira el estropajo de hierro y se calienta el aire. Se forma un polvo negro y se recoge cuidadosamente, poniéndolo en P. ¿Qué piensas que le ocurrirá al platillo P? Explica tu respuesta (p. 245).

Con el objeto de que el profesor pueda tener más información para hacerle el seguimiento adecuado a la actividad, White y Gunstone (1992) proponen una guía para realizar estas actividades, a manera de ejemplo se reproduce la propuesta en la Figura 1.4.

Considerar dos bolas de igual tamaño: una de acero y otra de plástico. Se les deja caer desde la misma altura de manera simultánea.

(i) ¿Cuál será tu predicción?

La bola de acero cae antes

La bola de plástico cae antes

Ambas caen juntas

(ii) Justifica tu predicción, con tus propias palabras explica por qué crees que sucederá esto.

- Menos resistencia del aire

- Mayor peso

(iii) Anota lo que observas, recuerda que lo debes hacer de manera individual.

¡Caen muy cerca! parece que al mismo tiempo.
(me hubiera gustado que la bola de acero cayera al menos un segundo antes)

(iv) Explicación (reconciliación en caso de que fuera necesario de la predicción y la observación)

Mismo tamaño= misma resistencia del aire

Figura 1.4. Guía para el seguimiento de una actividad experimental tipo POE. Adaptado de *Probing understanding* por White y Gunstone (1992).

Otro ejemplo de este tipo de actividad experimental es el siguiente: un profesor que ha explicado a su clase lo relativo a la conservación de la masa en las reacciones químicas, puede plantear una actividad como la plasmada en la Figura 1.5.

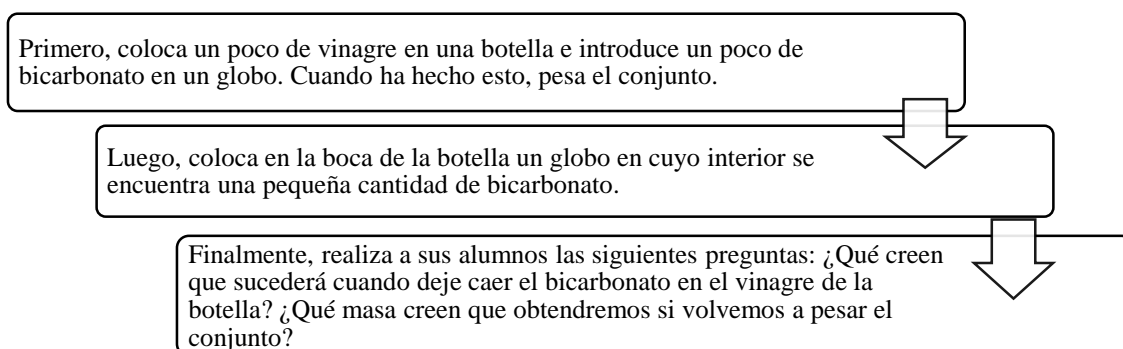


Figura 1.5. Ejemplo de un experimento interpretativo. Adaptado de *Experimentos e investigaciones en química* por Corominas (2011, p. 91).

1.6.2. Ejercicios.

Según Caamaño (2011), los ejercicios prácticos son actividades diseñadas para aprender determinados procedimientos o adquirir unas ciertas habilidades prácticas o intelectuales. En este grupo también se incluyen aquellas actividades diseñadas para realizar experimentos que ilustren o corroboren la teoría.

Para este autor, los ejercicios pueden ser:

1.6.2.1. Ejercicios prácticos para ilustrar teoría.

De los distintos temas abordados en las clases de ciencias, hay algunos en los que se deben enunciar leyes o relaciones entre variables. En muchos de estos casos, es posible que estas leyes y relaciones puedan ser ilustradas o verificadas a través de una actividad experimental. Los ejercicios prácticos para ilustrar teoría son el tipo de actividad experimental que cumple con ese objetivo y puede ser planteada a los alumnos de manera abierta o bajo la dirección del profesor.

De este modo, por citar un ejemplo, es posible que los alumnos construyan relaciones o principios sencillos si se les pide que encuentren la relación entre las variables fuerza y aceleración, o que determinen si el período de oscilación de un péndulo depende o no de la masa o de la longitud reuniendo evidencia empírica de la observación de este objeto. Así también, los alumnos pueden ser motivados a encontrar una relación entre variables si se les pide que determinen experimentalmente la relación presión-volumen de un gas.

En este grupo también se incluyen aquellas actividades experimentales en las que los alumnos deben determinar las propiedades de ciertos elementos, para lo que se les podría pedir, por ejemplo, que clasifiquen un determinado grupo de líquidos de acuerdo a su conductividad eléctrica.

1.6.2.2. Ejercicios prácticos para promover destrezas y habilidades.

Este tipo de actividades se encuentran orientadas a desarrollar una parte muy importante de las habilidades necesarias para realizar verdaderas investigaciones científicas, como lo son las denominadas: destrezas prácticas. Estas habilidades involucran el conocimiento de cómo se utilizan los instrumentos y las técnicas que se usarán en la investigación científica.

En este sentido, Tamir y García (1992) así como De Pro (1998b), señalan que los trabajos prácticos que van orientados a que los alumnos se familiaricen con el uso de instrumentos y con la aplicación de técnicas promueven que los alumnos adquieran una serie de destrezas

prácticas o manipulativas que posteriormente les serán útiles cuando quieran desarrollar una investigación.

De otra parte, De Pro (1998b) indica que también es necesario que los alumnos adquieran una serie de destrezas intelectuales, denominadas también habilidades de investigación, clasificándolas como se muestra en la Figura 1.6.

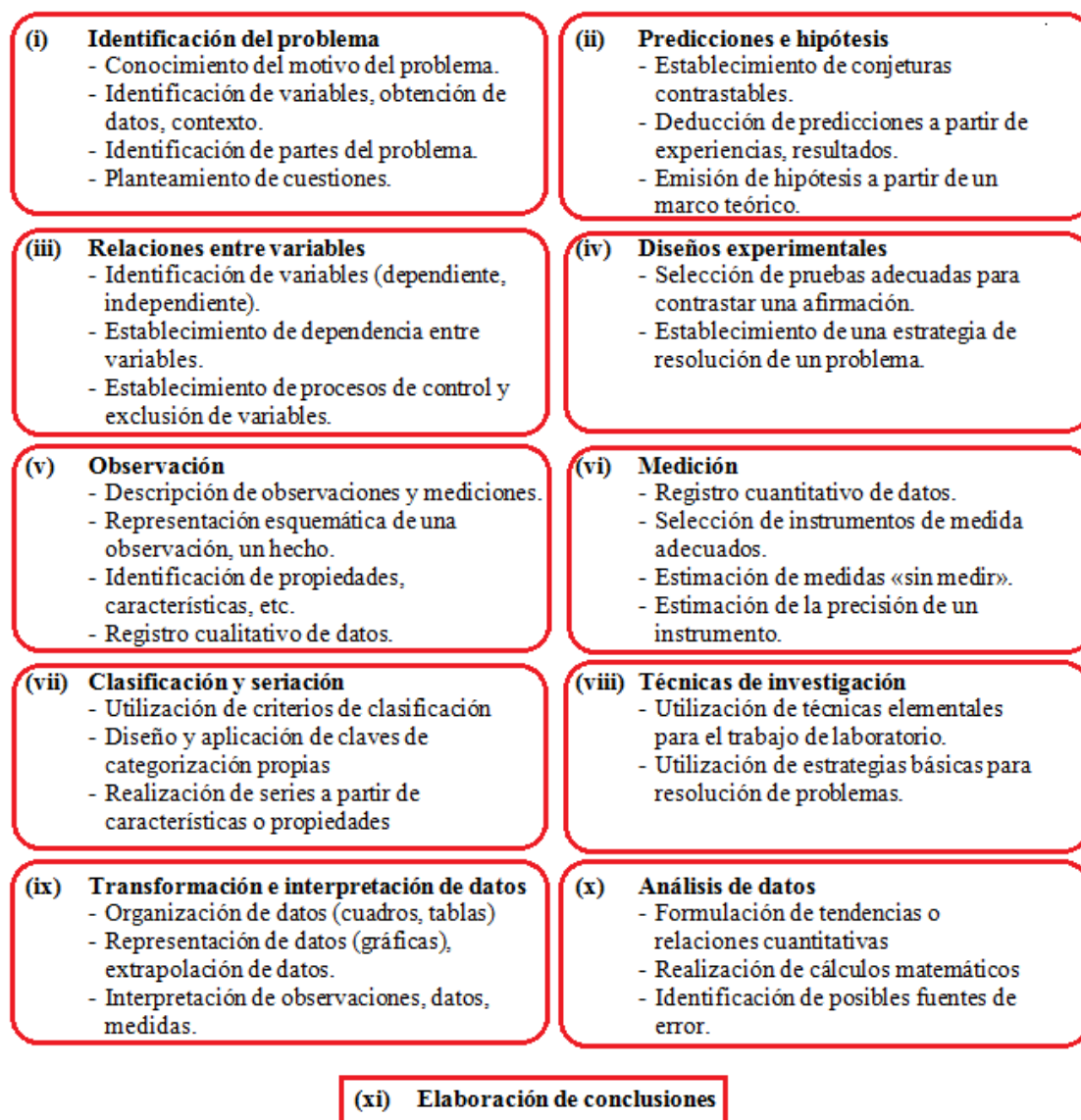


Figura 1.6. Habilidades de investigación. Adaptada de *¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias?* por Pro (1998b, p. 25).

Según Caamaño (2002), este tipo de actividad experimental es la que usualmente se lleva al aula y podría transformarse fácilmente en una investigación si, por ejemplo, se omite el uso de un protocolo o guía del experimento, y se incentiva a los alumnos a que propongan la pregunta que desean responder y realicen su propio diseño experimental.

1.6.3. Investigaciones.

Otro importante aspecto a tomar en cuenta es el hecho de que los alumnos pueden ir haciendo trabajos prácticos con mayor nivel de autonomía. Por ello se debe tomar en cuenta una nueva categoría: las investigaciones, las cuales han sido categorizadas, frente a las experiencias y los ejercicios prácticos, por distintos autores.

Woolnough y Allsop (1985) citados por Caamaño (1992) consideran que las investigaciones representan la oportunidad de que los alumnos trabajen como verdaderos científicos al enfrentarse a problemas en los cuales no hay una sola solución.

Kirschner y Meester (1988) son los que consideran en su clasificación de trabajos prácticos el denominado laboratorio experimental, que puede ser abierto, inductivo, de descubrimiento guiado, proyecto no estructurado o investigación de laboratorio. La característica principal es que a los alumnos se les presenta un problema a resolver como un desafío, en el cual deberán poner en juego los conocimientos teóricos, la búsqueda de información y procedimientos, el diseño experimental, entre otros.

Perales (1994) considera que los trabajos prácticos investigativos son amplios y que los profesores deben tratar de aplicar este tipo en el aula de clase, ya que conecta la teoría con la aplicación de habilidades investigativas.

Duggan (1999) propone que las investigaciones sean trabajos prácticos amplios en los cuales los alumnos deban utilizar conceptos, procesos cognitivos y habilidades para resolver un problema (p. 30).

Leite y Figueiroa (2004) consideran que las investigaciones son actividades para que los alumnos aprendan contenidos conceptuales y aspectos relacionados con la metodología científica.

Para Caamaño (2011):

Las investigaciones son actividades diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como lo hacen los científicos en la resolución de problemas, familiarizarse con el trabajo científico y adquirir una comprensión procedimental de la ciencia en el curso de estas investigaciones, al utilizar las destrezas y procedimientos propios de la indagación científica en un marco escolar (p. 146).

1.6.3.1. Investigaciones para resolver problemas teóricos.

Aunque no hay un consenso entre los diversos autores acerca de si utilizar las investigaciones para resolver problemas teóricos es la estrategia más adecuada para aprender contenidos teóricos (Hodson, 1994), muchos están a favor de emplear esta estrategia en el aula: Perales (1994); Carrascosa (1995); Sanmartí, Márquez y García (2002).

Algunas actividades incluidas dentro de este grupo son, por ejemplo, determinar la relación entre la fuerza aplicada y la longitud de un resorte para determinar la ecuación matemática que los relaciona, de esta manera se relacionan los datos experimentales con la denominada ley de Hooke¹.

1.6.3.2. Para resolver problemas prácticos.

En este tipo de actividades es necesario un contenido conceptual asociado con ellas, pero se enfatiza en los aspectos procedimentales de la ciencia. Generalmente, se relacionan con aspectos dentro del contexto de la vida cotidiana, para que sean más significativos a los alumnos.

Caamaño (2011) señala que –dependiendo del objetivo que se pretenda conseguir y el método que se siga– una actividad centrada en un determinado fenómeno se puede considerar como una experiencia, un ejercicio práctico o una investigación.

Conociendo esta clasificación, un profesor puede clasificar las actividades que ha llevado al aula, y formular cada una de ellas en torno a los objetivos que desee conseguir.

Para ilustrar esta afirmación, se puede volver sobre el ejemplo que se planteó referido a los casos prácticos en torno a la tipología de suelos (ver Tabla 1.2).

Tabla 1.2

Ejemplificación de los distintos tipos de actividades experimentales

Actividades experimentales referidas a los tipos de suelos	Tipo
Caso 1: el profesor lleva a la clase distintas muestras de suelos y hace notar a sus alumnos las diferencias entre uno y otro con ayuda de una lupa, dentro del contexto de un sistema heterogéneo. Como se puede deducir, en este caso el profesor pretende que los alumnos –a través de la observación, y con ayuda de un instrumento (en este caso la lupa)– distinguan las diferencias entre un tipo de suelo y otro.	Experiencia perceptiva

¹ En física, la ley de elasticidad de Hooke o ley de Hooke, establece que el alargamiento unitario que experimenta un resorte es directamente proporcional a la fuerza aplicada.

Actividades experimentales referidas a los tipos de suelos	Tipo
<p>Caso 2: el profesor lleva una muestra de tierra de jardín y enseña a sus alumnos cómo armar un equipo constituido por un embudo, papel de filtro y un vaso, para con el mismo evidenciar que al agregar agua una parte pasa y otra es retenida da muestra a sus alumnos la manera de armar un equipo, De esta manera el profesor introduce a los alumnos en el uso de una técnica que les permite evaluar una característica del suelo: su capacidad de absorción.</p>	Experiencia ilustrativa
<p>Caso 3: si al caso 2 se añade la pregunta ¿qué creen que sucederá si usamos arcilla en lugar de tierra de jardín?, se puede invitar luego a los alumnos a hacer una predicción.</p>	Experiencia interpretativa
<p>Caso 4: si el profesor enseña a sus alumnos el procedimiento para determinar la medida del pH de un suelo. Puede ser a través del uso de papel indicador, con col morada, con un pH-metro o con un indicador líquido. En cualquiera de estos casos el profesor explica una técnica (medida del pH) y pretende que el alumno la aprenda.</p>	Ejercicio práctico para el aprendizaje de destrezas
<p>Caso 5: el profesor entrega a sus alumnos varias muestras de suelo y les pide que determinen si hay alguna relación entre la muestra de suelo y la cantidad de agua que absorben.</p> <p>Esto implica que los alumnos elaboren el diseño experimental –o que el profesor se los proporcione– y que analicen los datos obtenidos para encontrar una relación entre el tipo de suelo y la cantidad de agua absorbida.</p>	Ejercicio práctico ilustrativo
<p>Caso 6: el profesor plantea un caso a sus alumnos en el que se quiere hacer un estudio sobre el suelo de un terreno y evaluar qué se debe hacer para mejorar su calidad.</p> <p>En este caso, los alumnos deberán relacionar los conceptos teóricos involucrados en la resolución del problema y elaborar el diseño experimental apropiado para dar respuesta al problema planteado, es decir, hacer una propuesta fundamentada de lo que se debería hacer para mejorar la calidad del suelo.</p>	Investigación

Nota: Elaboración propia a partir de bibliografía.

1.7. La historia de la indagación

La historia de la enseñanza de las ciencias y la manera de cómo llevar los trabajos prácticos al aula de clase ha ido cambiando a lo largo del tiempo. De allí que, hacer un recorrido histórico, proporciona información interesante para comprender el aporte que el modelo didáctico de enseñanza por indagación brinda en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Johnstone (1993) comenta que uno de los primeros en introducir la capacitación sistemática de sus alumnos en el laboratorio, especialmente en aspectos relacionados con la investigación en la industria, fue Thomson (1773-1852). También añade que a principios del

siglo veinte las prácticas de laboratorio consistían en observaciones de propiedades, preparaciones y ejercicios analíticos de diversa complejidad.

En la primera década del siglo XX, Dewey recomendó la inclusión de la indagación en el currículo de ciencias. Según Reyes-Cárdenas y Padilla (2012), Dewey planteaba la utilización del método científico en los programas de ciencia escolar, así como el desarrollo de habilidades de pensamiento científico como comenta Bybee (2010). Otro aporte que hace notar Barrow (2006) es que los problemas estudiados deben tener una relación con las experiencias de los alumnos, según Dewey se ponía demasiado énfasis en proporcionar información a los alumnos y por ello surge otra manera de llevar la ciencia al aula.

Según comenta Pickering (1993) en las décadas de los veinte y treinta, se trabajaba con experimentos, pero centrados más en demostraciones y no tenían un mayor sustento pedagógico. Una de las razones que primaba en la selección de las demostraciones era el ahorro de tiempo y dinero (Hunt, 1935). Durante el período de 1920-1950, se debatía tanto sobre la utilización de las demostraciones en lugar del trabajo individual (Cooke, 1938), como acerca de las ventajas y desventajas de utilizar un modelo u otro (Horton, 1928). Como indican Hofstein y Lunetta (1982), después de la Primera Guerra Mundial se produce un incremento en el conocimiento científico. En esta época las actividades que se realizaban en las aulas de clase tenían como objetivo fundamental hacer una demostración o de ilustrar lo que el profesor enseñaba o lo que se mostraba en el libro de texto.

Según Romey (1968), citado en Hofstein (1988), entre los años 1918 y 1960 el rol que se les asignaba a los laboratorios era de confirmación de lo aprendido en los libros de texto. La Figura 1.7 muestra el rol que tenían los laboratorios en aquella época.

Los trabajos prácticos que se realizaban en aquellos años se pueden identificar con el modelo de transmisión-recepción en el que el alumno es considerado como una “tabla rasa” en la cual se va imprimiendo toda la información que el profesor imparte. Como menciona Álvarez (1994).

En este modelo, la teoría es lo fundamental, prima el aprendizaje de muchos conceptos, esto es, el “producto”, los trabajos prácticos, se constituyen en mera ilustración de la teoría, con diseños referidos a demostraciones del profesor o profesora o protocolos “recetas” en que el resultado es conocido de antemano y el alumnado se limita a seguir unos pasos claramente establecidos, que, cuando más, desembocan en la respuesta a unas cuestiones finales o el comentario sobre los resultados (pp. 361-362).

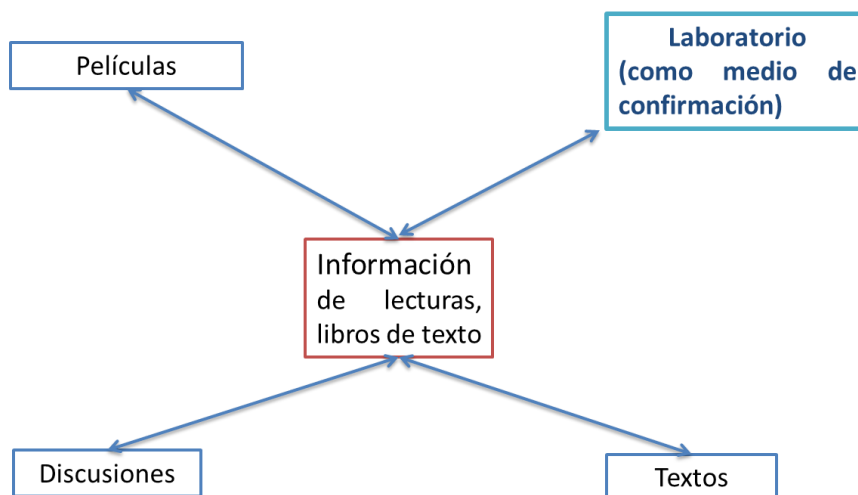


Figura 1.7. Rol del laboratorio entre 1918-1960. Adaptado de *Practical work in science education II* por Hofstein (1988, p. 192).

Según Miguens y Garrett (1991), el lanzamiento del Sputnik en 1957, por la Unión Soviética, genera una revisión en la enseñanza de las ciencias en Estados Unidos. Esto se realiza con la participación de profesores de ciencias, tal como comentan Gallego, A., Gallego, R. y Pérez (2009); se producen, en consecuencia, reformas curriculares en la educación científica y de esta manera se vuelve a dar importancia al trabajo experimental, pero con un enfoque de descubrimiento, el rol del profesor era de guía para facilitar el descubrimiento de los nuevos conceptos.

Después de muchos años de predominio del modelo didáctico de enseñanza por trasmisión, surge el modelo que propicia el aprendizaje por descubrimiento. Se pone, por tanto, especial énfasis en el hecho de que el alumno tenga un rol activo en el proceso de enseñanza aprendizaje y sea generador de conocimiento sin ayuda, tal como comenta Campanario y Moya (1999). Según Joyce y Weil (1978), citados por Pozo y Gómez (1998), en una actividad de aprendizaje por descubrimiento se pueden diferenciar cinco etapas (ver Figura 1.8).

El papel del profesor es de generador de preguntas, los alumnos deben buscar las respuestas. Este modelo o enfoque de enseñanza por descubrimiento tuvo un gran auge durante los años sesenta y parte de los setenta. De acuerdo a este enfoque, los profesores deben promover que los alumnos accedan a situaciones abiertas y que al resolverlas puedan construir conceptos y leyes científicas (Campanario & Moya, 1999) aplicando los procesos de la ciencia, lo que se conoció como paradigma del descubrimiento guiado o dirigido.

También hubo una vertiente en la cual lo importante era el proceso de investigación que se denominó paradigma del descubrimiento autónomo (Caamaño, 1992).

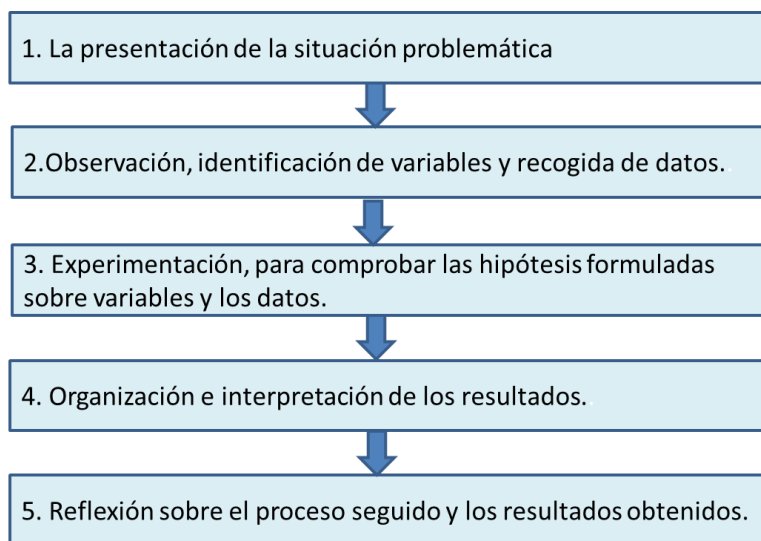


Figura 1.8. Fases de una actividad de aprendizaje por descubrimiento según Joyce y Weil (1978). Obtenido de *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico por* Pozo y Gómez (1998, p. 276).

Álvarez (1994) afirma:

En el modelo de descubrimiento autónomo inductivo se potencia la adquisición de procedimientos y no de teoría –lo importante es el proceso, no el producto–, con lo que los trabajos prácticos se plantean como actividades para adquirir destrezas, fundamentalmente manipulativas, en las que los conceptos puestos en juego no son trascendentes. En el descubrimiento dirigido, los trabajos prácticos se presentan como una secuencia de actividades de respuesta única y conocida hacia la que el profesor o profesora conducen al alumnado (p. 362).

Algunos proyectos representativos de los años cincuenta y comienzos de los sesenta fueron, de acuerdo con Lock (1988) y Barberá y Váldez (1996), el *Nuffield* de física, química y biología en Gran Bretaña y los de *Biological Science Curriculum Study* (BSCS), *Chemical Education Material Study* (CHEM Study) y el *Physical Science Study Committee* (PSSC) en los Estados Unidos, los cuales revalorizaron nuevamente la utilización del trabajo experimental en el aula (Miguens & Garret, 1991) y dieron una mayor importancia a la relación entre la teoría y los hechos (Sanmartí, 2002). De acuerdo con Duschl (1997), el tema central de aquellos tiempos era enseñar a los estudiantes a actuar como científicos, haciendo notar que en el lenguaje didáctico se hablaba de enseñanza de las ciencias como indagación.

Para Bastida et al. (1990):

En la década de los 50, la introducción de los cursos BSCS (Biological Science Curriculum Study) en los E.E.U.U., y a comienzos de los 60 de los cursos Nuffield en Gran Bretaña, se traduce en un auge creciente de la enseñanza por descubrimiento (en cualquiera de sus múltiples versiones), en una estrategia de enseñanza donde el profesor adopta la misión de “facilitador del aprendizaje” en forma tal que el alumno deje de ser un receptor pasivo de conocimientos, siendo éste quien “descubre” los contenidos escolares relevantes, quien conceptualiza los hechos observados. El enseñar la ciencia como proceso, como vía para el conocimiento, y no como producto, los hechos o los contenidos, o más el cómo que el qué”. Además, agrega: “Al suministrar a nuestros alumnos oportunidades para examinar hechos y fenómenos por sí mismos, situaciones que les permitan reconocer y plantear un problema, el diseñar y realizar experimentos controlados, recoger y organizar información, identificar regularidades, formular hipótesis y teorías, evaluar evidencias y extraer conclusiones se pretende –y se espera– transmitir el espíritu y el método de la investigación científica (p. 78).

Según Chiappetta (2008), Schwab fue uno de los que participó en la formulación del Biological Science Curriculum Study (BSCS) y se le atribuye haber cambiado el término inquiry por enquiry cuando leyó en 1962 en Harvard su conferencia titulada: The Teaching of Science as Enquiry. Como lo mencionan Campanario y Moya (1999), Schwab propuso una enseñanza de la ciencia basada en la indagación y que la ciencia debería verse como una estructura conceptual sujeta a revisión a medida que se iban obteniendo nuevas evidencias. En el tipo de estrategia de enseñanza que promovía, como señalan diversos autores, Trumper (2003) y Barolli, Laburú y Guridi (2010), los libros de texto, materiales de consulta, podían ser utilizados por los alumnos para buscar problemas a resolver, buscar información y técnicas, para investigar los problemas, los métodos y las conclusiones a las cuales llegarían serían propuestas por los propios alumnos, en algunos casos los alumnos podrían proponer preguntas cuya respuesta se encuentre en el trabajo experimental, desarrollando ellos mismos sus propias investigaciones (Campanario & Moya, 1999). En la figura 1.9 se muestra el rol del laboratorio entre los años 1960- 1980.

En 1964, Rutherford en su libro *Science for all americans*, plantea el papel de la indagación en la enseñanza de las ciencias. En este aspecto, se encontró que algunos autores, como Chiappetta (1997); Barrow (2006); Bybee (2010), coinciden en afirmar que para

Rutherford la indagación debía enseñarse como un proceso y no como un contenido de la ciencia.

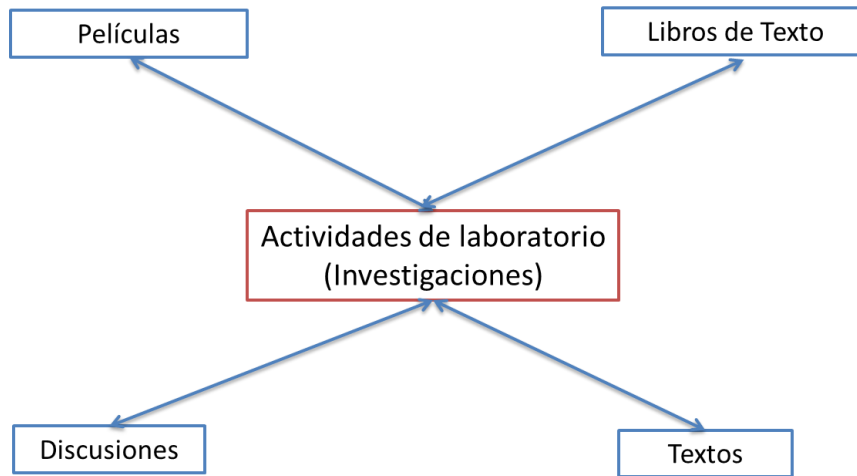


Figura 1.9. El rol del laboratorio en el período 1960-1980. Adaptado de *Practical work in science education II* por Hofstein (1988, p. 193).

Años más tarde en 1985, Rutherford, según Bybee (2010), inaugura el Proyecto 2061 de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS), el cual es reconocido como una de las iniciativas más importantes a largo plazo, en lo que se refiere a la educación científica a nivel escolar (Cañal, 2007). Con su publicación inicial *Ciencia: Conocimiento para Todos*, desde 1989 el Proyecto 2061 estableció las recomendaciones sobre los niveles que se deben alcanzar en ciencia, matemáticas y tecnología al concluir la escuela. A fin de mejorar el rendimiento de los estudiantes en estas áreas del saber, el proyecto desarrolla una serie de iniciativas en favor de la formación de maestros, como materiales curriculares para la enseñanza de las ciencias (Laufer, 2012). Las estrategias de enseñanza que se promueven, mencionados por diversos autores como Rutherford (1991) y Cañal (2007), se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- En las sesiones de clase se plantearán preguntas relacionadas con fenómenos conocidos por los alumnos, se dará especial importancia a aquellas preguntas relacionadas con la naturaleza.
- La participación de los alumnos debe ser activa, se promoverá que los alumnos puedan utilizar equipos e instrumentos, realizar gráficas, analizar los datos recogidos, hacer mediciones, analizar los resultados.
- La búsqueda de evidencias es otro aspecto al cual se le da mucha importancia, esto es un proceso que se debe aprender a lo largo de la vida escolar debe ser guiado por

el profesor, pero se le debe dar oportunidad a los alumnos de seleccionar la mejor manera de proponer el método a utilizar y el análisis de los resultados obtenidos.

- Se busca que los profesores enseñen a sus alumnos a llegar al conocimiento científico a través de la aplicación de una serie de habilidades de pensamiento científico, de esta manera se promoverá la aplicación de dichas habilidades a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Durante la década de los 70-80, las nuevas concepciones filosóficas de la ciencia pusieron en crisis la visión inductivista que proponía que los alumnos eran capaces de adquirir conocimiento científico a partir de la observación de fenómenos naturales y de los experimentos realizados en los laboratorios, lo cual estaba implícito en el modelo de descubrimiento tanto autónomo como dirigido (Caamaño, 2012). A fines de los ochenta e inicio de los noventa, surgen algunas corrientes que proponen tomar en cuenta las concepciones alternativas y el cambio conceptual (Driver, 1988), que podrían ubicarse en el modelo constructivista de la enseñanza de las ciencias. Desde la óptica de este modelo, los experimentos realizados en el laboratorio tendrían como finalidad generar en los alumnos un conflicto conceptual y la posibilidad de contrastar sus ideas previas con el resultado del experimento.

Durante este período de tiempo, paralelamente en España, se desarrollaron dos iniciativas en la enseñanza de las ciencias: (a) la propuesta de Gil y Valdés (1996) y (b) la propuesta Química Faraday (Grup Recerca-Faraday, 1988). Gil y Valdés promueven la realización de trabajos prácticos que se aproximen a una investigación dirigida, es así que describen la manera en que se debe llevar esta metodología al aula. En primer lugar, plantean presentar a los alumnos situaciones problemáticas abiertas, pero que deben estar de acuerdo al nivel de los alumnos para que puedan abordarse, además estas situaciones deben ser contextualizadas. Adicionalmente se deberá favorecer la formulación de preguntas que ayuden a resolver la situación planteada, la formulación de hipótesis y la elaboración de diseños experimentales de parte de los alumnos, así como también el análisis de los resultados y la comparación de los mismos con otros estudiantes.

Algunos autores proponen que en las actividades experimentales planteadas en este enfoque se propicie una integración entre la teoría y la práctica, por ejemplo:

Es posible concebir el sentido del laboratorio, no se trata de un aprendizaje de métodos o de una ilustración de una teoría, ni se trata exclusivamente de aplicar esa teoría a la resolución de resolución de problemas. Se trata de dar un significado en el aprendizaje

al hecho de que la ciencia es una actividad teórico- experimental (González, 1992, p. 209).

Otros autores le dan una dimensión más amplia a esta propuesta, integrando conceptos, procedimientos y actitudes. Así, Álvarez (1994) afirma “Los trabajos prácticos en este enfoque se presentan como el modelo más prometedor para producir aprendizaje significativo de conceptos, procedimientos y actitudes de forma integrada, pues deben estar vinculados con la construcción de conocimientos” (p. 364).

Por su parte, la propuesta Química Faraday, descrita por Grupo Recerca-Faraday (1988), fue un proyecto español para la enseñanza de la química desarrollado en esa época. Según Caamaño (2001), en sus inicios siguió un modelo didáctico de descubrimiento guiado y luego incorporó propuestas constructivistas, se caracterizó por el hecho de que se tomó como hilo conductor la evolución histórica de los conceptos en la organización de los contenidos a estudiar.

En 1996, el National Research Council (NRC) publicó los Estándares Nacionales para la Enseñanza de las Ciencias, en los cuales se da una definición de indagación científica y se explicitan las habilidades que deben desarrollar los alumnos para hacer indagación. Estas habilidades también son mencionadas por diversos autores, como Bybee (2004); Bybee (2010); Garritz (2010), las cuales se detallan a continuación:

- Identificar preguntas y conceptos que guíen las investigaciones, lo cual implica que los alumnos propongan una hipótesis que se pueda comprobar a nivel experimental, que propongan un diseño experimental que relacione los conceptos científicos involucrados con el método que están proponiendo.
- Diseñar y conducir investigaciones, que implica elegir el método más apropiado, el equipo a utilizar, las variables a controlar, analizar los resultados, compartir y argumentar los mismos.

Más adelante en el 2000, se publica el libro *Inquiry and the National Science Education*, en el cual se incluían las características esenciales de indagación –que deben estar presentes en una clase de ciencias– las cuales fueron enunciadas también por NRC (2000), Chiappetta (2008), Garritz (2010), y que guardan relación directamente con el trabajo de los alumnos:

- Los alumnos deberán poder plantear preguntas en las que se les pueda orientar científicamente en la búsqueda de respuestas; la labor del profesor será de ayudar a los alumnos a definir estas preguntas. Las preguntas formuladas de esta manera

pueden responderse consultando libros, internet y también a través de pequeñas investigaciones.

- En la enseñanza de las ciencias se propiciará que los alumnos busquen dar prioridad a las evidencias, de esta manera se incluirá en el trabajo experimental el uso de instrumentos, mediciones, manipulación de equipos, la consulta de libros o al profesor, lo cual permitirá recoger datos e información que les será útil para responder a las preguntas planteadas.
- Los alumnos, a partir de las evidencias recogidas, formularán explicaciones acerca de los fenómenos en estudio.
- Los alumnos comunicarán y justificarán las explicaciones que propongan, de esta manera se conectarán las explicaciones de los alumnos con los conocimientos científicos pertinentes.

En la Figura 1.10, se ordena de manera cronológica cómo ha ido cambiando la indagación a lo largo del tiempo. Asimismo en la Figura 1.11, se muestra cómo se fueron concibiendo los trabajos prácticos a lo largo de los años de acuerdo al modelo didáctico predominante.

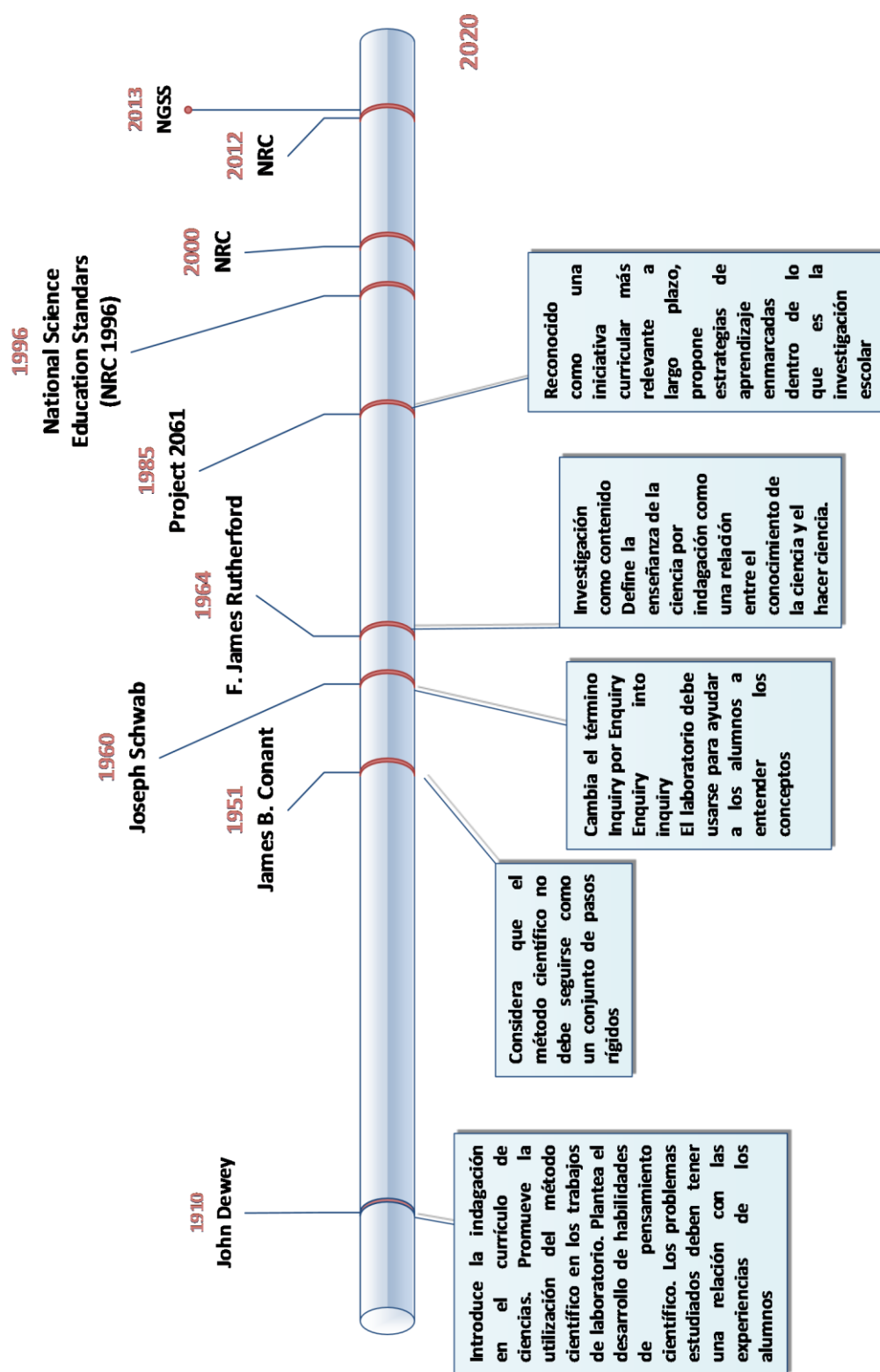


Figura 1.10. Evolución histórica de la indagación en la enseñanza de las ciencias. Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica. Nota: Next Generation Science Standards (NGSS).

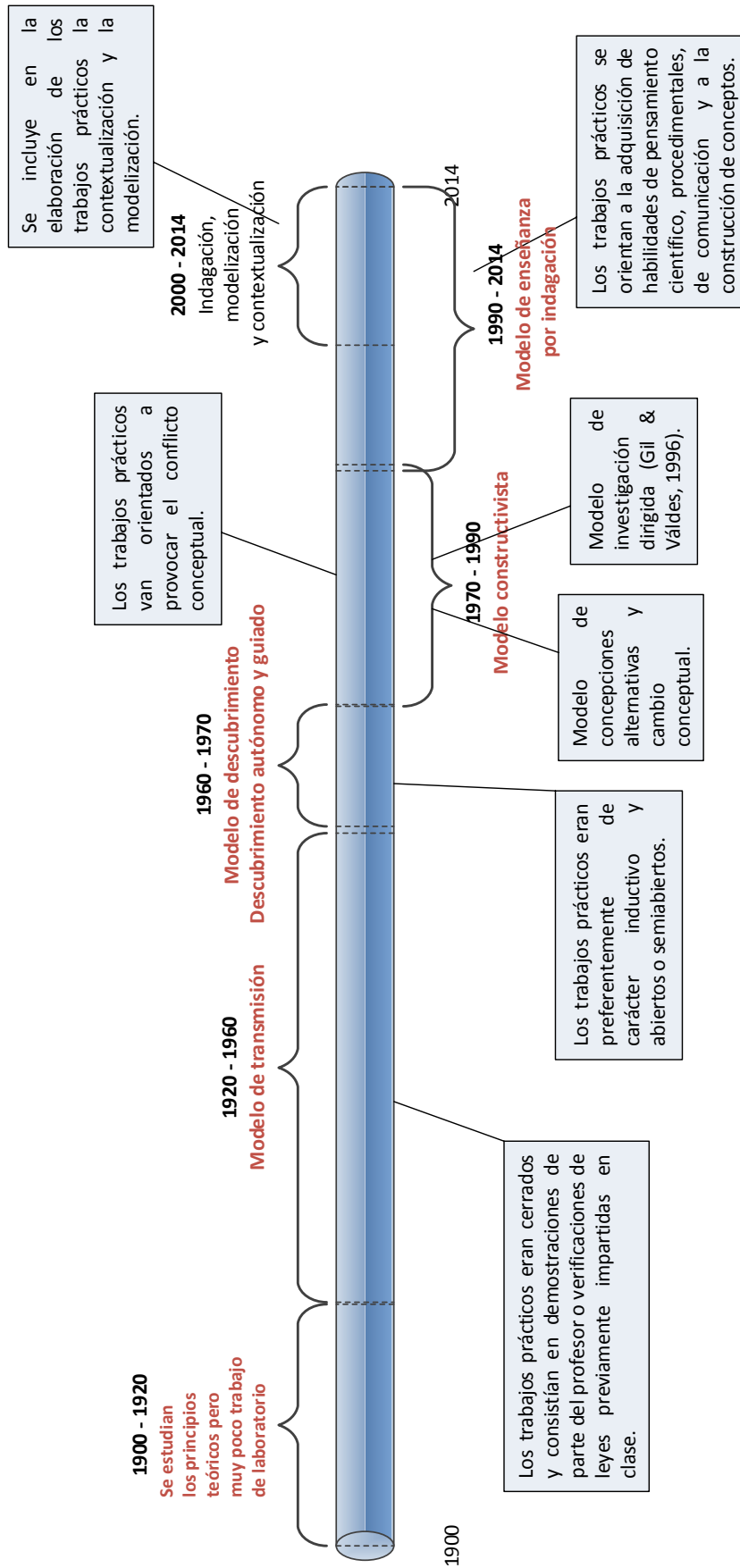


Figura 1.11. Caracterización de los trabajos prácticos, de acuerdo al modelo didáctico predominante en la época. Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica.

1.8. Habilidades para hacer indagación científica

En diversos artículos, como en los de Bybee (2004), Garritz (2010) y Wenning (2011), se hace alusión a una serie de habilidades que se consideran indispensables para realizar una indagación científica.

En la Tabla 1.3, se hace una comparación de dichas habilidades relacionándolas con el inventario de habilidades para evaluar las actividades de laboratorio, *Laboratory Assessment Inventory* (LAI), diseñado por Tamir y García (1992), que detalla las habilidades que pondrían en práctica los alumnos al desarrollar una actividad experimental. El inventario consta de cuatro categorías: planificación, realización, análisis y aplicación, cada una de ellas se subdivide a su vez en una serie de habilidades.

Tabla 1.3

Comparación de las habilidades necesarias para hacer indagación de acuerdo a las categorías del LAI

Categorías (LAI)	NRC (1996, pp. 175-176)	Bybee (2004, p. 4)	NGSS (2013) Prácticas científicas
Planificación <ul style="list-style-type: none"> - Formula una pregunta - Predice resultados experimentales - Formula hipótesis - Diseña observaciones/procedimientos - Diseña un experimento 	Identificar preguntas y conceptos que guíen las investigaciones.	Identificar preguntas que pueden ser respondidas a través de la investigación científica.	Formular preguntas (para la ciencia) y definir problemas (Para la ingeniería).
Realización <ul style="list-style-type: none"> - Realiza observaciones - Realiza medidas - Utiliza material de laboratorio - Anota resultados - Hace cálculos numéricos - Explica procedimientos - Trabaja según su propio diseño 	Diseñar y conducir investigaciones sencillas.	Diseñar y conducir una investigación científica.	Planear y llevar a cabo investigaciones.
Análisis y aplicación <ul style="list-style-type: none"> - Representa datos en una ecuación química - Interpreta los datos - Realiza dibujos basados en sus propias observaciones - Extrae interrelaciones y/o conclusiones 	Utilizar las tecnologías y la matemática para mejorar las investigaciones. Formular y revisar las explicaciones y modelos científicos	Usar herramientas apropiadas y técnicas para reunir, analizar e interpretar datos. Desarrollar descripciones, explicaciones,	Analizar e interpretar datos. Usar la matemática, información y la tecnología informática.

Categorías (LAI)	NRC (1996, pp. 175-176)	Bybee (2004, p. 4)	NGSS (2013) Prácticas científicas
<ul style="list-style-type: none"> - Determina la exactitud de los resultados experimentales - Define las limitaciones y los supuestos inherentes al experimento - Formula generalizaciones - Explica interrelaciones - Formula nuevas preguntas - Hace predicciones basadas en los resultados experimentales - Aplica las técnicas experimentales a un nuevo problema - Aplica los resultados experimentales a un nuevo contexto 	usando la lógica y las evidencias.	predicciones y modelos al utilizar las pruebas. Pensar crítica y lógicamente para establecer la relación entre las pruebas y la explicación.	Construir explicaciones (para la ciencia) y diseñar soluciones (para la ingeniería). Elaborar argumentos a partir de la evidencia.
	Reconocer y analizar explicaciones y modelos alternativos.	Reconocer y analizar explicaciones alternas y predicciones.	Desarrollar y utilizar modelos.
	Comunicar y defender un argumento científico.	Comunicar procedimientos científicos y explicaciones.	Obtener evaluar y comunicar la información.

Nota. Elaborado a partir de la bibliografía.

1.9. Identificar preguntas que guíen las investigaciones

1.9.1. Las preguntas investigables: un tipo de pregunta utilizada para enseñar y aprender ciencias.

Las preguntas, en general, son consideradas “unas herramientas poderosas en la indagación científica” (Sharkawy, 2010, p. 32), y un elemento imprescindible “del proceso de aprendizaje” (Biddulph, Symington, & Osborne, 1986; Chin, 2002a; Chin & Osborne, 2008). En esta línea, Marbach-Ad y Sokolove (2000) clasifican las preguntas que formulan los estudiantes en ocho categorías; en la última se incluyen las preguntas que inducen al planteamiento de una hipótesis y pueden ser empleadas en la investigación científica. De otra parte, Baram-Tsabari, Sethi, Bry y Yarden (2006) las clasifican de acuerdo a tres criterios: el campo de interés (biología, física, etc.), la espontaneidad de la formulación (solicitada por el profesor o formulada por el alumno) y el nivel cognitivo de la pregunta. Esta última categoría considera otros aspectos relevantes como el tipo de información (de hechos, metodológica, abierta, de aplicación) y el orden de la información solicitada (propiedades, comparación relaciones causa- efecto). También, por su parte, Harlen y

Qualter (2014) consideran que hay cinco tipos de preguntas que pueden realizarse en el aula de clase como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje: las que expresan interés o sorpresa, las de hechos, las filosóficas y, finalmente, las denominadas investigables.

1.9.2. ¿Qué se entiende por pregunta investigable?

Con el objeto de clarificar mejor el término pregunta investigable, se ha considerado conveniente hacer una selección de definiciones propuestas por diversos autores. Los aportes van desde el planteamiento de Elstgeest, en 1985, hasta las actuales de Furman, Barreto y Sanmartí en 2013 (ver Figura 1.12).

Elstgeest (1985) comenta la importancia de realizar en clase lo que él denomina “preguntas de acción”, que tienen una estructura del tipo: “¿Qué sucedería si...?” y que permiten iniciar trabajos de investigación en diversos campos, con la particularidad de que pueden ser respondidas mediante la experimentación.

Adicionalmente, Harlen (1998) afirma que todas las investigaciones parten de una cuestión o problema investigable que puede expresarse en forma de pregunta. Tal es el caso, por ejemplo, de las predicciones, que al enunciarse de modo investigable se expresan en forma de preguntas. Por citar un ejemplo concreto, se puede abordar el tema de la fusión de hielo solicitando a los alumnos que hagan una predicción, así ellos podrían predecir: el cubito de hielo se derretirá más despacio fuera del salón de clase, de lo que lo haría si estuviera dentro del aula. De modo que, para poner a prueba a nivel experimental, esta predicción se tendría que formular como pregunta predictiva: ¿el cubito de hielo tarda más en derretirse fuera del salón de clase que dentro de él?

Por otra parte, Newton (2002) propone que las preguntas que se realizan en una clase de ciencias deben seguir una secuencia que parta de preguntas sencillas dedicadas a ubicar el tema. Así, la primera pregunta podría ser: ¿tienes una linterna en casa? Y, a continuación, podría formularse la siguiente: ¿la linterna proporciona mucha luz o poca?, para luego ir centrando la atención en una relación entre variables, por ejemplo: ¿qué sucede con el círculo de luz que se forma en la pared cuando te alejas de ella? Y así, hasta llegar a preguntas que supongan cada vez más una aplicación de las ideas: ¿qué podrías hacer para conseguir que el círculo de luz sea más pequeño? De esta manera, a lo largo de la sesión de clase, se irían construyendo los conceptos.

A su vez, Chin (2002b) proporciona una definición de las preguntas investigables afirmando que son aquellas que permiten que los estudiantes generen y recopilen datos a

través de la experimentación –ya sea real o virtual– que luego puedan analizar e interpretar. Esta autora también hace una distinción entre las preguntas que son efectivamente investigables y aquellas que no lo son, ya que en este último caso la respuesta se deduce a partir de información recogida de libros o de internet.

Adicionalmente a las propuestas anteriores, Milne (2008) agrega que en la formulación de preguntas experimentales se debe procurar que éstas incluyan observaciones estratégicas de un fenómeno, tomando en cuenta las variables dependientes e independientes.

A su vez, Furman y de Podestá (2009) y Feixas (2012), cada quien, con sus propias palabras, comentan que las preguntas investigables serán aquellas que se pueden responder a través del diseño y la realización de un proceso de investigación, ya sea observando o haciendo experimentos.

Por otra parte, una información muy interesante –ya que incorpora algunas características del proceso de generación de conocimiento científico necesarias en la formulación de una pregunta investigable– es la que aportan Sanmartí y Márquez (2012): “Formular una pregunta investigable requiere aplicar conocimientos de cómo se genera la ciencia y sobre qué es una variable y la distinción entre las que varían y las que se controlan en un experimento, y sobre cómo diseñar procesos para recoger datos” (p. 29).

De esta manera, se llega a plantear la importancia de tener en cuenta la relación entre los diversos elementos intervinientes del proceso científico. Por lo que, la denominación de pregunta investigable aparece claramente definida en los últimos aportes en la materia. Así, Furman et al. (2013) sostienen que cuando una pregunta hace referencia a la relación entre diversos factores o fenómenos y se puede responder mediante el diseño y la realización de un proceso de investigación, se la denomina pregunta investigable.

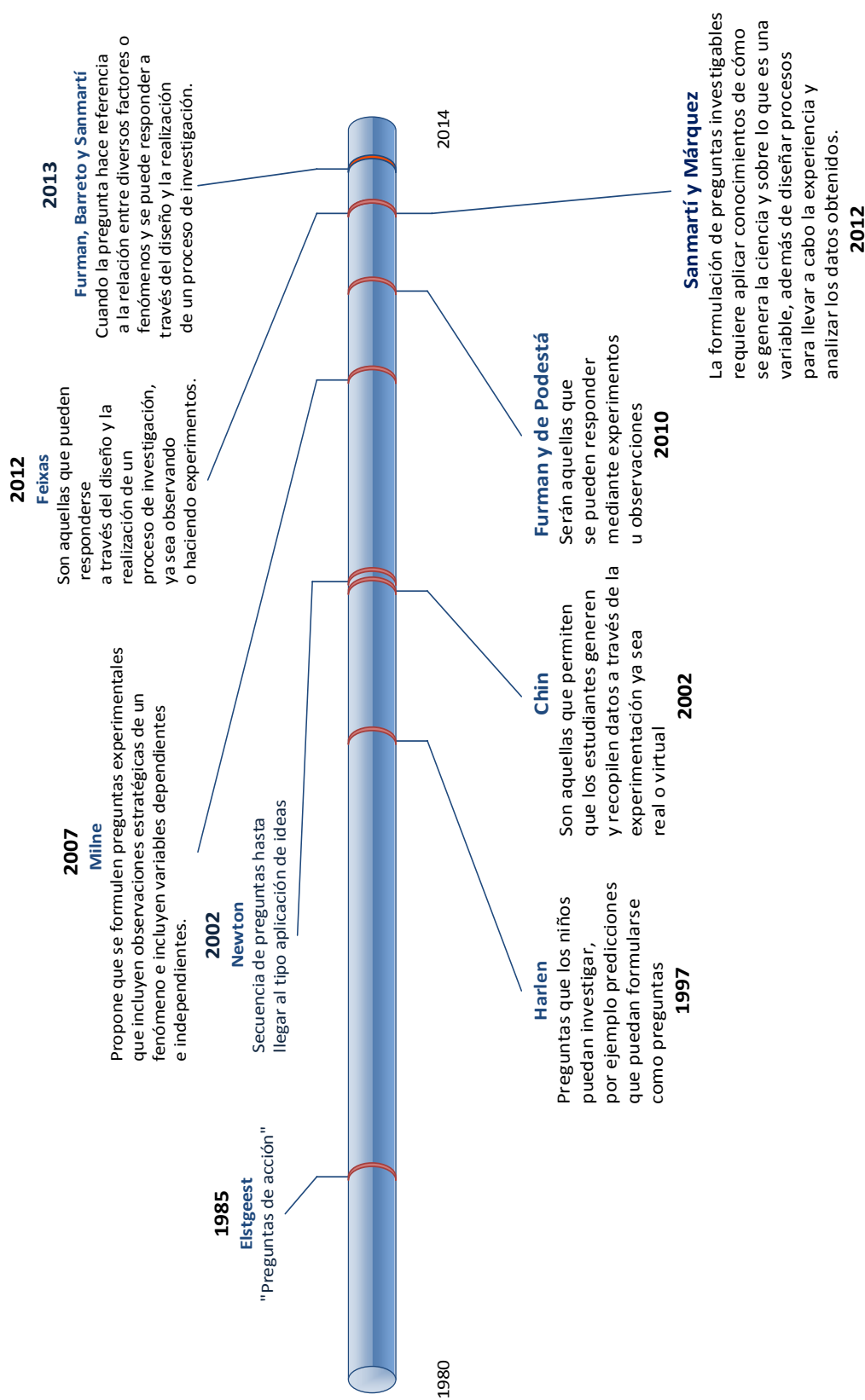


Figura 1.12. Línea de tiempo de las propuestas sobre preguntas investigables de diversos autores. Elaboración Propia a partir de la bibliografía.

1.9.3. Formular preguntas investigables: de una habilidad a una práctica científica.

Focalizando el discurso en las preguntas investigables, algunos autores como González y Furman (2014) consideran su formulación como “una capacidad central del pensamiento científico” (p. 75). Bybee (2004) muestra que una de las habilidades necesarias para realizar la indagación científica es la capacidad de identificar preguntas que se puedan responder a través de una investigación.

Asimismo, se encuentra que en los estándares internacionales la formulación de preguntas investigables es identificada como una habilidad de proceso científico que deben lograr los alumnos. Así en el NRC (1996), se especifica: “Identificar preguntas que puedan resolverse a través de investigaciones” (p. 156). En los lineamientos de aquel entonces, se planteaba que las preguntas formuladas debían hacer referencia a una investigación. Años más tarde, en los documentos propuestos nuevamente por la NRC (2000) se determina que una de las características de una investigación en el aula es: “Los estudiantes participan en preguntas orientadas científicamente”, y se indica como una habilidad que deben lograr los estudiantes: “Identificar cuestiones y conceptos que guíen las investigaciones científicas” (p. 19). De esta manera, se está acotando más el tipo de preguntas, ya que ahora éstas deben guardar relación con los contenidos científicos. Posteriormente, en el marco de trabajo de los documentos de la NRC (2012) se explica lo siguiente: “Los estudiantes de cualquier grado deben ser capaces de hacer preguntas de cada uno de los textos que leen, las características de los fenómenos que observan, y las conclusiones que extraen de sus modelos o investigaciones científicas” (p. 55). Es evidente, pues, que se incluye la modelización como elemento para aprender ciencias.

La siguiente generación de estándares del currículum USA, *Next Generation Science Standards* (2013), están estructurados en tres dimensiones: a) ideas básicas disciplinarias (contenido), b) prácticas científicas y de ingeniería y c) conceptos transversales. Un cambio en la terminología introducida en estos estándares es el que hacen notar diversos autores como Krajcik y Merritt (2012) y Reiser, Berland y Kenyon (2012), quienes hacen referencia al hecho de que en los NGSS se toma en cuenta el término “prácticas” en lugar de “habilidades”. Este cambio es “para subrayar el hecho de que la participación en la investigación científica requiere de la coordinación tanto de conocimientos como de habilidades de manera simultánea” (NRC, 2012, p. 41). Osborne (2014) lo justifica argumentando que representa mejor la manera como actualmente se conceptualiza la

naturaleza de la ciencia, ya que se concibe como una práctica social y cultural. Precisamente, una de las prácticas científicas que se debe fomentar en los alumnos es que formulen preguntas para la ciencia y problemas para la ingeniería.

Las preguntas pueden generarse de manera diferente. Pueden ser impulsadas por la curiosidad sobre el mundo, inspirados por las predicciones de un modelo, teoría o hallazgos de investigaciones anteriores, o pueden ser estimuladas por la necesidad de resolver un problema. Las preguntas científicas se distinguen de otros tipos de preguntas en que las respuestas se encuentran en las explicaciones apoyadas por la evidencia empírica, incluyendo la evidencia recogida por los demás o a través de la investigación (NGSS, 2013, p. 52).

No solo en los estándares internacionales se encuentra presente la formulación de preguntas investigables. En el programa de evaluación PISA (*Programme for International Student Assessment*) se establece como una de las tres competencias científicas básicas a evaluar la identificación de cuestiones científicas (OECD, 2006). Esta manera de evaluar también se ha ido reestructurando, y en PISA 2015 se denomina “Evaluar y diseñar la investigación científica” (Administración Pública de Educación Pública, 2015, p. 8). Los procesos involucrados incluyen las capacidades de describir y evaluar las investigaciones científicas y proponer formas de abordar preguntas científicamente, demostrando, entre otras, la capacidad de distinguir las preguntas que son posibles de investigar científicamente.

En el Perú, contexto de este estudio, en el fascículo general de *Rutas de aprendizaje. Ciencia y tecnología* (Ministerio de Educación del Perú, 2014) se plantean las competencias y capacidades que se tienen que desarrollar en los estudiantes. Una competencia es la denominada “Indaga” y una de las capacidades a desarrollar dentro de ésta es: “Reconoce situaciones susceptibles de ser investigadas, las problematiza y formula preguntas e hipótesis” (Ministerio de Educación del Perú, 2014, p. 56).

En la Figura 1.13, se muestra en orden cronológico la concepción del término pregunta investigable en los estándares internacionales y en la prueba PISA.

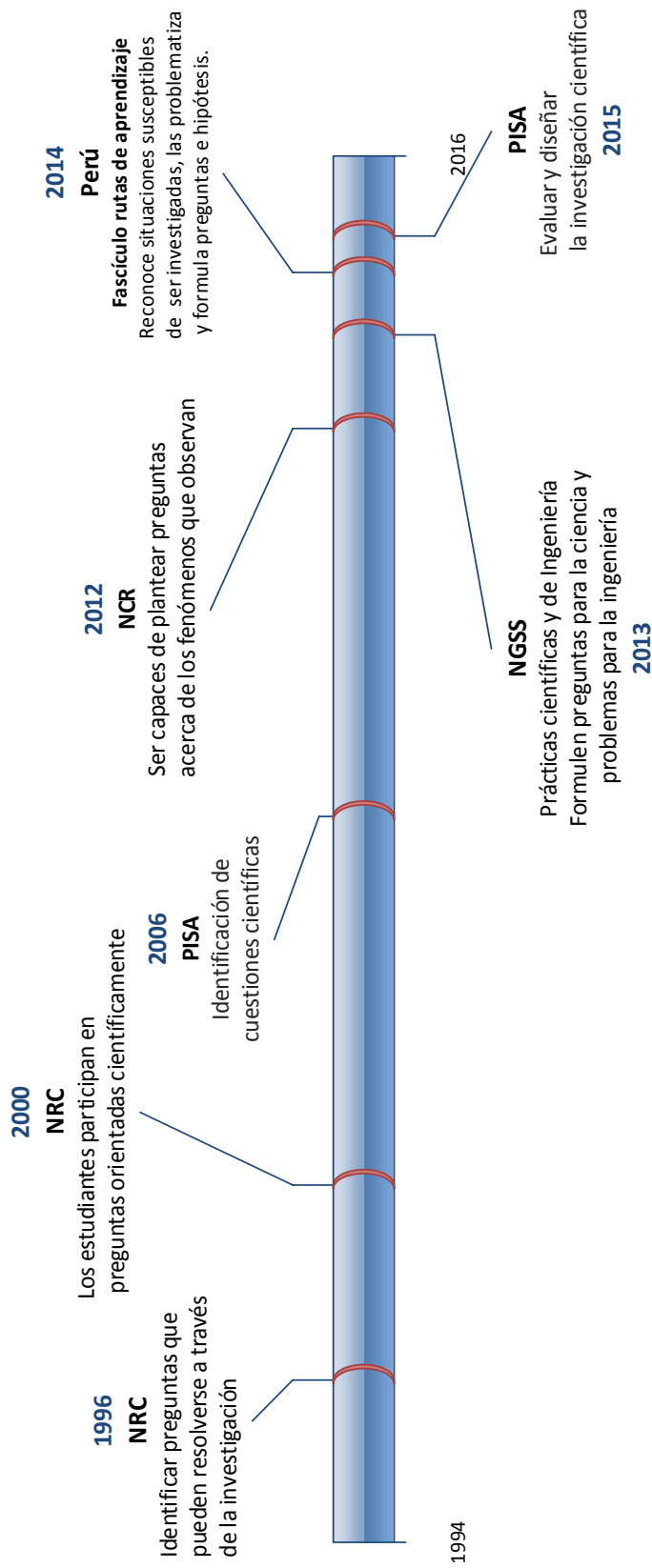


Figura 1.13. La pregunta investigable en los estándares internacionales y en la prueba PISA. Elaboración propia a partir de la bibliografía.

1.9.4. Características de una pregunta investigable.

Sharkawy (2010) plantea que cuando se formula una pregunta investigable en el contexto del aula se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: que sea factible contestarla en un lapso de tiempo prudente, que se pueda responder con el material disponible, además que sea necesario contar con un método para resolverla, que proporcione una evidencia para ser resuelta y, por último, que sea interesante. Al respecto, Cerda (2007), citado por González y Furman (2014), añade que debe abrir la posibilidad de generar nuevas preguntas.

1.9.5. Tipos de preguntas investigables.

Diversos autores han ido clasificando las preguntas investigables a lo largo de los años, así se encuentran las propuestas por Chin (2002b); Krajcik, C.M. Czerniak, C.L. Czerniak y Berger (2003); Milne (2008); Graves y Rutherford (2012), cuyas clasificaciones se muestran en la línea de tiempo representada en la Figura 1.14.

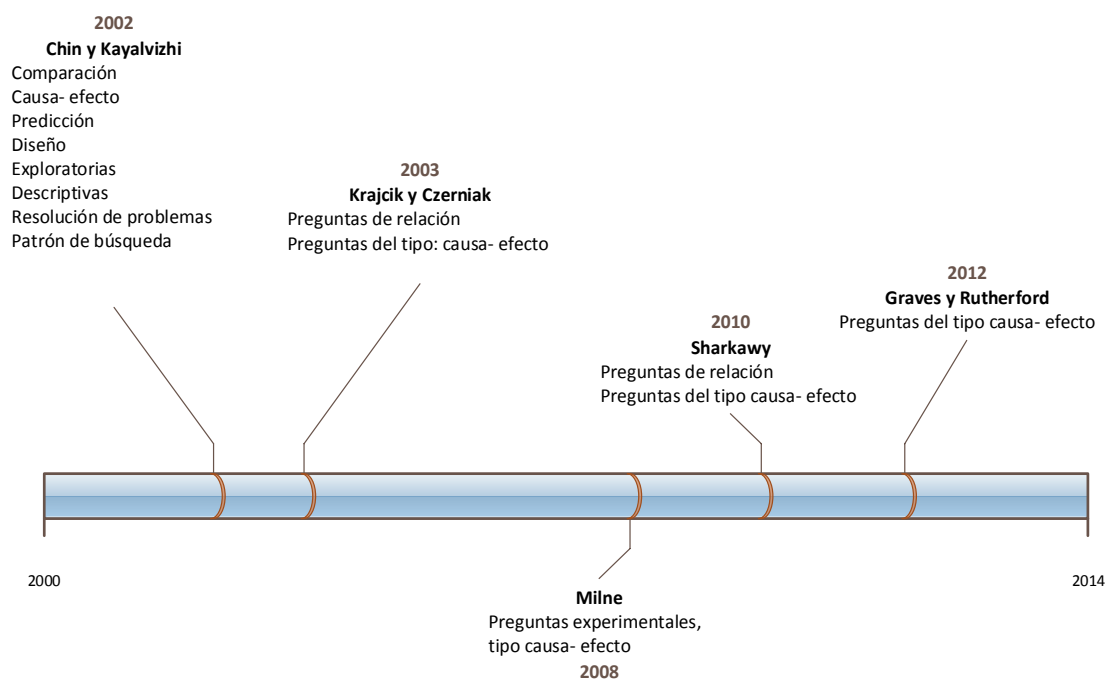


Figura 1.14. Los tipos de preguntas investigables según diversos autores. Elaboración propia a partir de la bibliografía.

A continuación, se abordará cada tipo de preguntas tomando en cuenta la tipología propuesta por Chin (2002b).

1.9.5.1. Preguntas de comparación.

Las preguntas de comparación son ejemplificadas por muchos autores, algunos de ellos son: Allison y Shrigley (1986); Foulds y Gott (1988); Gott y Duggan (1995); Martens (1999); Krajcik et al. (2003) y Sharkawy (2010).

Según Chin (2002b), pueden ser de dos tipos:

A. Preguntas de selección

En las preguntas de selección, los alumnos deben determinar cuál será el criterio –con respecto a las propiedades o atributos– que se desea comparar, y luego identificar los elementos que lo reúnan. Finalmente, debe ser capaz de elegir el elemento que posea las mejores características de acuerdo al criterio establecido. Ilustran este tipo de preguntas, las siguientes:

Pregunta 1: ¿qué tipo de material de una taza es el mejor para conservar el café caliente? En este ejemplo, los alumnos deberán decidir qué materiales –entre varios seleccionados– cumplirán mejor la función de mantener el café caliente.

Pregunta 2: ¿cuál de estos materiales es el mejor conductor de la corriente? Esta pregunta permite que los alumnos seleccionen materiales de acuerdo a una propiedad física, como la conductividad. Y también podría formularse respecto de propiedades químicas.

Pregunta 3: ¿la sal se disuelve más lento que el azúcar? Esta pregunta invita a los alumnos a comparar los grados relativos de una determinada característica de diferentes sustancias.

Al respecto, Chin y Kayalvizhi (2002) comentan que las variables involucradas en una comparación son a menudo de naturaleza categórica. Según estos autores a las variables categóricas -también llamadas discretas- son aquellas que hacen referencia a un atributo o cualidad, por ejemplo, color, pH, conducción del calor, etc. Esto puede apreciarse en preguntas similares la Pregunta 1, donde sólo hay una variable independiente, que en el referido ejemplo sería: el material de la taza.

Algunos ejemplos de preguntas de este tipo se presentan en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4

Ejemplos de preguntas investigables del tipo selección

Autor	Ejemplo
Allison y Shrigley (1986)	“¿Dónde subirá más alto el agua en una toalla de papel o en un pedazo de periódico?” (p. 73)
Foulds y Gott (1988)	“¿Cuál de los pañuelos de papel será más resistente cuando está húmedo?” (p. 350)
Gott y Duggan (1995)	“¿Cuál tipo de papel absorberá la mayor cantidad de agua?” (p. 42)
Chin (2002b)	“¿Qué tipo de lápiz labial es el más duradero?” (p. 159)
Krajcik et al. (2003)	“¿La sal se disuelve más rápido que el azúcar?” (p. 95)
Sharkawy (2010)	“¿Cuál _____ (material/organismo/ etc.) es el más (absorbente/ duro/mejor conductor etc.)?” (p. 34)

Nota: Elaboración propia a partir del análisis de artículos.

B. Preguntas de clasificación

Según Chin y Kayalvizhi (2002), las preguntas de clasificación “requieren que los alumnos comparen las propiedades de varias sustancias y los agrupen en categorías sobre la base de algunas características observables o comprobables” (p. 279).

Algunos ejemplos de estas preguntas se muestran en la Tabla 1.5 y el proceso a seguir en una actividad experimental de una pregunta de clasificación se muestra en la Figura 1.15.

Tabla 1.5

Ejemplos de preguntas investigables del tipo clasificación

Autor	Ejemplo
Chin (2002b)	“¿Cuáles de estos materiales flotan en el agua?” (p. 159)
Chin y Kayalvizhi (2002)	“¿Cuáles de estos materiales son conductores de la electricidad?” (p. 279)

Nota: Elaboración propia a partir del análisis de artículos.

Además, es importante tener en cuenta que la importancia de este tipo de preguntas radica en el hecho de que, como señala Pujol (2003), en la clasificación se ponen en juego una serie de habilidades, concretamente: “se ejercita el análisis, la síntesis, la abstracción y la generalización” (p. 125).

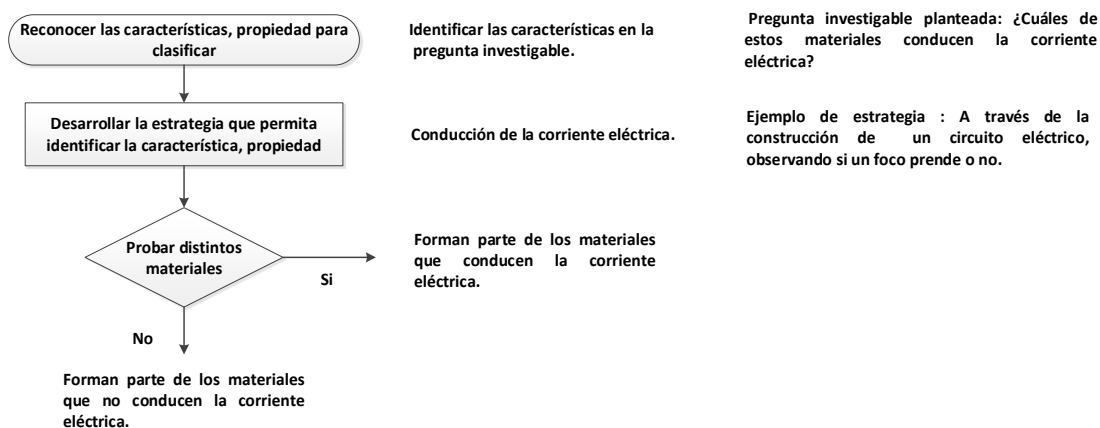


Figura 1.15. Etapas en el proceso a seguir en la actividad experimental cuando se plantea una pregunta de clasificación. Adaptado de *Issues in Science teaching* (Sears & Sorensen, 2000, p. 72).

1.9.5.2. Preguntas de causa-efecto.

Las preguntas de tipo causa–efecto buscan encontrar las relaciones entre variables. Ello implica que los alumnos seleccionen cuál será la variable dependiente, para luego ir variando la variable independiente -que debe ser una variable continua, es decir aquella cuya variación se mide dentro de un intervalo dado - para ver el efecto que produce en la dependiente.

Cuando se utiliza este tipo de preguntas, los alumnos pueden hacer inferencias acerca de lo que sucederá y comprobar sus hipótesis. Además, deberán anotar los datos que encuentren e interpretarlos. Las etapas del proceso en una actividad experimental del tipo causa-efecto se muestran en la Figura 1.16.

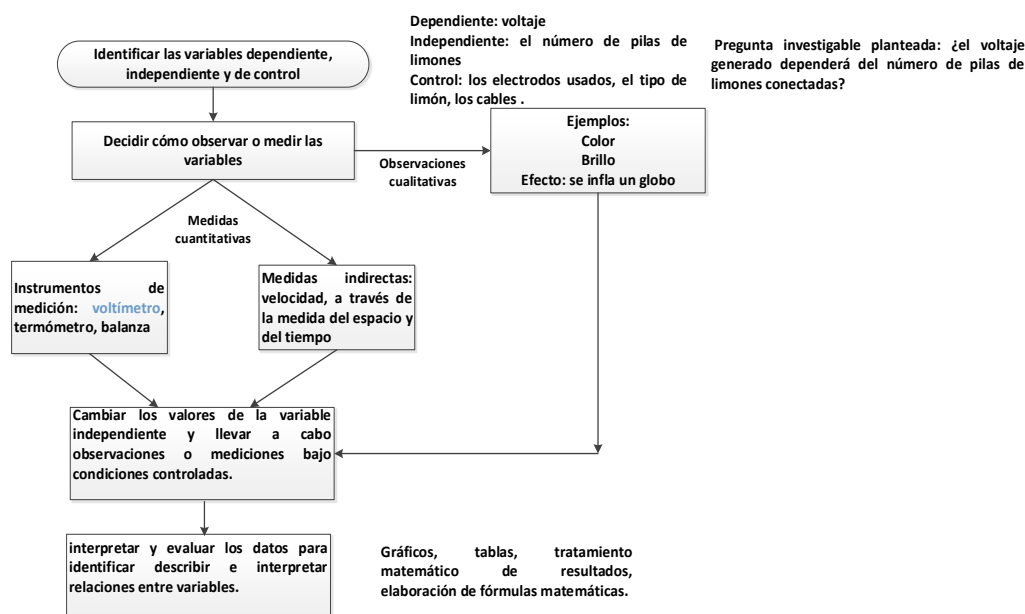


Figura 1.16. Etapas en el proceso a seguir en la actividad experimental cuando se plantea una pregunta de causa- efecto. Adaptado de *Issues in Science teaching* (Sears & Sorensen, 2000, p. 72).

Algunos ejemplos de estas preguntas se muestran en la Tabla 1.6.

Tabla 1.6

Ejemplos de preguntas investigables del tipo causa- efecto

Autor	Ejemplos
Gott y Duggan (1995)	“¿Cuál será el efecto del nivel del agua en un tanque en la velocidad con la cual sale agua por un agujero situado en la parte inferior del mismo?” (p. 42)
Krajcik et al. (2003)	“¿La temperatura del agua afecta la velocidad con que se disuelve la sal en el agua?” (p. 42)
Sharkawy (2010)	“¿Afecta la luz solar el crecimiento de una planta? ¿Cómo afecta la temperatura a la velocidad a la que la sal se disuelve en agua?” (p. 34)
Chin (2002b)	“¿Cómo afecta la temperatura del agua la velocidad a la cual las enzimas trabajan?” (p. 159)
Gott y Duggan (1995)	“¿La distancia que se desplaza el carrito dependerá de cuanta cuerda se le dé?” (p. 350)
Chin y Kayalvizhi (2002)	“¿Cuál ángulo de la lupa puede quemar más rápido el papel?” (p. 276)
Milne (2008)	“¿Cómo afecta la variación de la concentración a la velocidad de reacción?” (p. 103)

Nota: Elaboración propia a partir del análisis de artículos.

1.9.5.3. Preguntas exploratorias.

Las preguntas exploratorias permiten tener una visión más amplia de los factores que influyen en un determinado fenómeno. Podrían considerarse como un conjunto de preguntas del tipo causa-efecto. Por eso, Chin (2002b) señala que las preguntas exploratorias buscan comprender las relaciones causa-efecto.

En este tipo de actividad experimental, la mayor complejidad reside en la elaboración de las conclusiones. Esto ocurre debido a que dichas conclusiones se construyen integrando los resultados obtenidos al resolver parcialmente las preguntas de tipo causa-efecto, y este proceso de integración no es una tarea sencilla.

Según Gott y Duggan (1995), se puede ilustrar el grado de complejidad de este tipo de preguntas a través del siguiente ejemplo: se quiere decidir si es el material de una taza o el que se mantenga tapada lo que mantiene el café caliente, con lo cual se tendrían dos variables independientes categóricas: (i) el material de la taza y (ii) con tapa o sin tapa.

En la Tabla 1.7 se muestran ejemplos de preguntas exploratorias.

Tabla 1.7

Ejemplos de preguntas investigables del tipo exploratoria

Autor	Ejemplos
Chin (2002b)	“¿Cuáles son algunos de los factores que afectan el crecimiento de las plantas?” (p. 159)
Gott y Duggan (1995)	“¿Cuáles son los factores que afectan el movimiento de un carrito hasta el extremo opuesto? a. La altura desde donde se deja caer un carro b. El peso del carro c. O ambos” (p. 350)

Nota: Elaboración propia a partir del análisis de artículos.

1.9.5.4. Preguntas de predicción.

Como considera Elsgest (1985), y más recientemente Chin y Kayalvizhi (2002), el conjunto de las preguntas de tipo predicción incluye a aquellas que pueden ser formuladas con las siguientes estructuras: ¿qué pasaría si...?, ¿cómo [variable independiente] afecta a [variable dependiente]?, ¿cuál sería el efecto de [variable independiente] en la [variable dependiente]?

Chin y Kayalvizhi (2002) señalan que estas preguntas también pueden ser formuladas de una manera distinta, utilizando como ejemplo la interrogante: “¿podrían las plantas hacer la fotosíntesis sin luz?” (p. 276). Nótese que, en este caso, los alumnos podrían desarrollar la hipótesis: en ausencia de luz, la fotosíntesis no se llevaría a cabo.

Esencialmente, este tipo de preguntas enfrentan a los alumnos al reto de predecir un resultado, probar una hipótesis, pensar sobre la posible relación entre las variables. De esta manera, permiten que afloren las ideas que tienen acerca de un determinado fenómeno, para luego comprobarlas o modificarlas a través de la experimentación.

Para Chin (2002b), las preguntas de predicción pertenecen al tipo de causa-efecto, y son más puntuales que éstas. Por ejemplo, una pregunta de predicción sería: Si se aumenta la altura de un plano inclinado, ¿afectará dicha modificación el tiempo que un carro de juguete demora en recorrerlo? Esta pregunta invita al alumno a realizar una predicción sobre un solo cambio: el aumento de la altura, como puede apreciarse en la Figura 1.17. En este caso, la variable dependiente es el tiempo que el carro de juguete tarda en llegar al piso, mientras que la variable independiente viene a ser la altura a la que se coloca la tabla que forma la hipotenusa del triángulo rectángulo de la Figura 1.17; y las variables de control serían: el

carro de juguete, la velocidad inicial con que se deja caer dicho objeto, el punto inicial de partida y la longitud de la tabla que constituirá el plano inclinado.

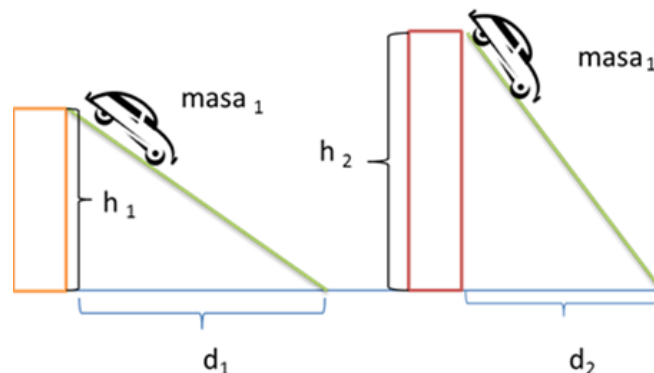


Figura 1.17. Esquema de una actividad experimental para hacer una predicción.

En cambio, si la actividad experimental correspondiera a una pregunta de tipo causa-efecto, se tendrían que hacer varias medidas a distintas alturas, para luego encontrar una relación entre la altura y el tiempo que tarda el carro en recorrer la distancia del plano inclinado.

Algunos ejemplos de estas preguntas se muestran en la Tabla 1.8.

Tabla 1.8

Ejemplos de preguntas investigables del tipo predicción

	Autor	Ejemplo
Preguntas de descripción	Sharkawy (2010)	“¿Qué sucederá cuando___ (se cambie algún factor)?” (p. 34)
Preguntas operacionales	Chin (2002b)	“¿Cómo afecta la temperatura del agua la velocidad a la cual las enzimas trabajan?” (p. 159)
	Martens (1999)	“¿Qué sucedería si construyes a los costados?” (p. 26)
	Milne (2008)	“¿Qué hubiera pasado si utilizamos un disolvente que no sea agua?” (p. 103)
Preguntas de acción	Newton (2002)	“¿Qué sucede con el círculo que proyecta la luz de una linterna si se acerca la linterna a la pared?” (p. 7)
	Elsgeest (1985)	“¿Qué sucedería si colocas un imán frente a otro igual?” (p. 103)

Nota: Elaboración propia a partir del análisis de artículos.

1.9.5.5. Preguntas de diseño.

Las preguntas de diseño son aquellas que promueven que los alumnos construyan un equipo, un prototipo, una estructura, etc. Pueden estar relacionadas con la ingeniería o la tecnología.

Algunos ejemplos de este tipo de preguntas son las siguientes: ¿cómo podríamos diseñar una turbina eléctrica con material casero que gire a mucha velocidad?, ¿cómo podríamos mejorar la calidad del alimento balanceado?

Foulds y Gott (1988) denominan como actividades de construcción a las actividades que se generan a partir de este tipo de preguntas, poniendo como ejemplo la actividad que consistiría en diseñar un puente que aguante el peso de un modelo de vehículo. Las etapas de este tipo de actividad se describen en la Figura 1.18.

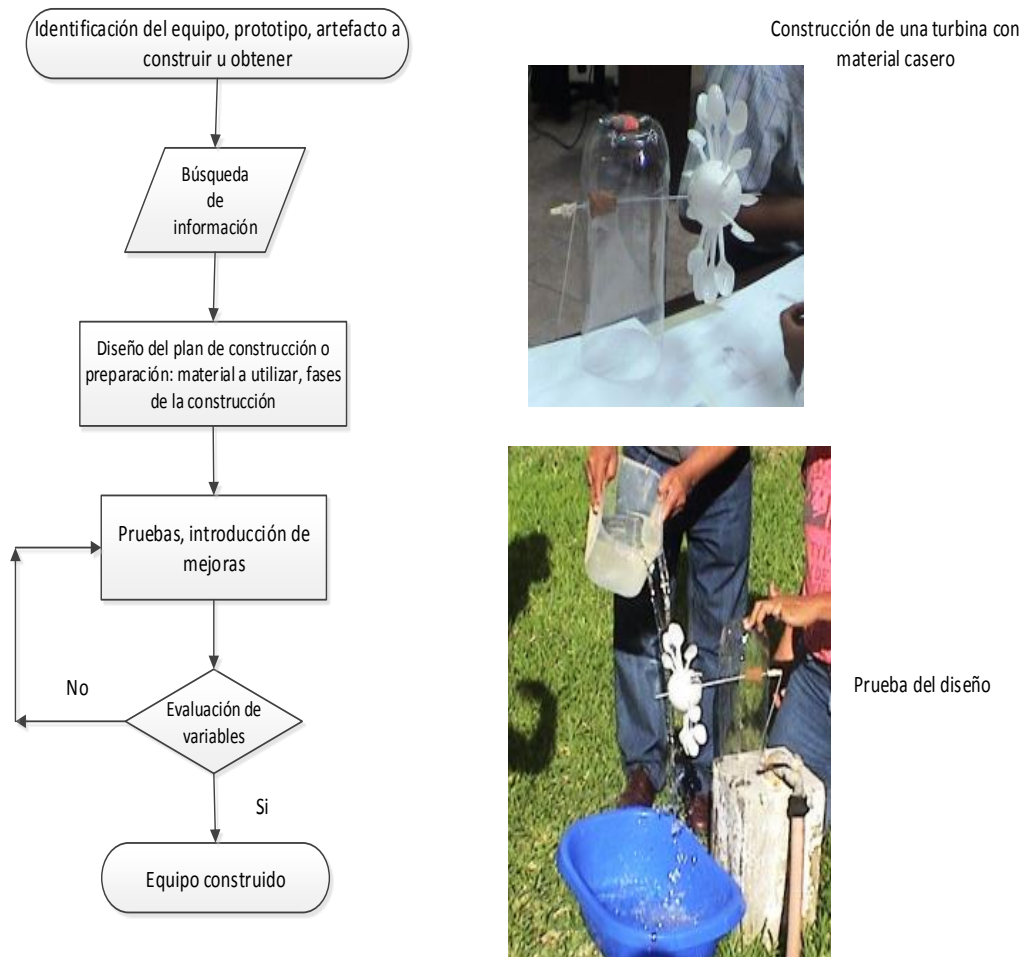


Figura 1.18. Etapas en el proceso a seguir en la actividad experimental cuando se plantea una pregunta de diseño.

1.9.5.6. Preguntas de descripción.

Las preguntas de este tipo, según Chin y Kayalvizhi (2002), son aquellas que promueven que los alumnos hagan observaciones de fenómenos que requieren especialmente un seguimiento detallado, por ejemplo la germinación de una semilla, el ciclo de crecimiento de un gusano de seda, el estudio de la temperatura del agua –cuando se estudian los cambios de estado– y también cuando se hace un estudio que requiere hacer observaciones –durante diferentes momentos del día o durante un período de tiempo largo–, como por ejemplo: ¿qué tipo de insectos viven en el desierto?

Krajcik et al. (2003) comentan que este tipo de preguntas se pueden resolver haciendo observaciones en ambientes naturales o controlados. Por ejemplo, se plantea a los alumnos la cuestión: ¿los hongos de la levadura se desarrollan en un sitio húmedo?, para resolverla deberán humedecer un pan y observarlo día a día llevando un registro de lo que observan. Las etapas de este tipo de actividad se describen en la Figura 1.19.

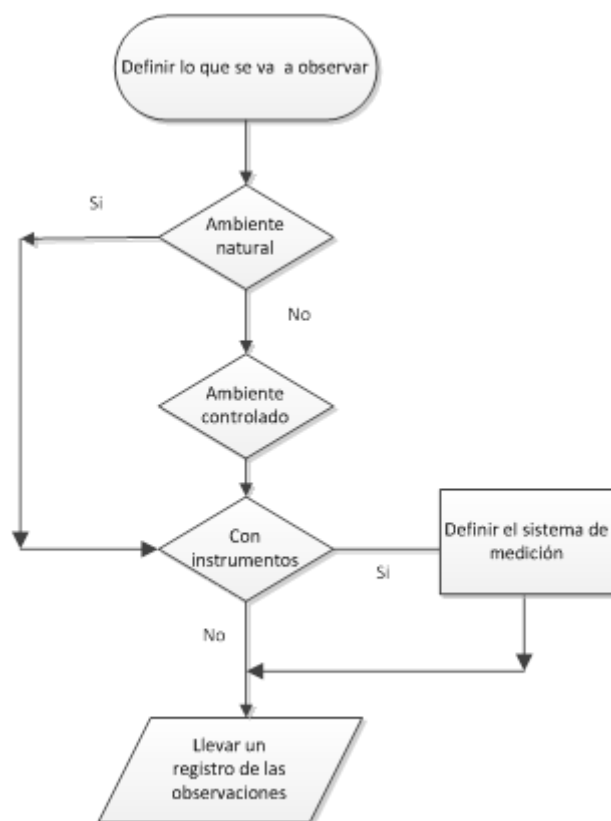


Figura 1.19. Etapas en el proceso a seguir en la actividad experimental cuando se plantea una pregunta de descripción.

1.9.5.7. Preguntas para buscar patrones.

Para Chin (2002b), este tipo de preguntas se formulan especialmente para generar actividades que van enfocadas a sistemas biológicos en que, por lo general, los alumnos no pueden controlar las variables, como, por ejemplo, datos del clima, sistemas ecológicos. Watson, Goldsworthy y Wood-Robinson (2001) proponen también que se realicen investigaciones de este tipo, ilustrando con la siguiente pregunta investigable: “¿Las personas con piernas más largas saltarán más alto?”, lo que implicaría seleccionar una muestra de personas de diferentes estaturas, medir la longitud de sus piernas y la altura de sus saltos y hallar una relación entre éstos. Las etapas de este tipo de actividad se describen en la Figura 1.20.



Figura 1.20. Etapas en el proceso a seguir en la actividad experimental cuando se plantea una pregunta para buscar patrones. Adaptado de *Issues in Science Teaching* (Sears & Sorensen, 2000, p. 72).

1.9.6. ¿Cualquier pregunta investigable se puede considerar científica?

En el marco de la indagación por modelos, *Model based inquiry* (MBI), Windschitl, Thompson y Braaten (2008) proponen avanzar más allá del modelo de indagación clásico incorporando la dimensión teórica de la construcción del conocimiento científico. De acuerdo con esto, las indagaciones que se lleven al aula de clase deberán reflejar de manera

más auténtica el rol de la investigación en la construcción de explicaciones y modelos científicos. De otra parte, Couso (2014) propone que cualquier investigación que se lleve al aula de clase debe estar asociada a unos conceptos científicos, leyes o modelos, pues de otra manera no se estará haciendo ciencia en la escuela. De acuerdo con este planteamiento, para que una pregunta investigable, tal como la define Chin (2002b), se pueda considerar también como científica, será necesario que conduzca a la construcción del conocimiento científico.

1.9.7. Importancia de la formación de profesores en la formulación de las preguntas investigables.

Si se toma en cuenta el hecho de que los profesores en su formación docente, como también en sus años escolares, han utilizado siempre guías estructuradas para desarrollar las actividades experimentales, se puede afirmar que los profesores raramente han tenido oportunidad de elaborar preguntas investigables (Melear, Goodlaxson, Warne, & Hickok, 2000; Mugaloglu & Saribas, 2010).

De otra parte, diversos autores encuentran que los profesores que no han tenido experiencia previa en la realización de investigaciones no se sienten preparados para llevar a cabo investigaciones en el aula y uno de los problemas que hacen notar es la dificultad que tienen para plantear las preguntas que conducen a una investigación de un determinado fenómeno (Shedletzky & Zion, 2005; Trautmann, MaKinster, & Avery, 2004; Windschitl, 2002). Además, la capacidad de elaborar preguntas investigables requiere de un proceso cognitivo de análisis de datos y esta habilidad no es espontánea, se debe desarrollar con la práctica (Anderson, Krathwohl, & Airasian, 2000). Por lo que, es necesario revisar algunas estrategias –ya probadas por otros autores– que sirvan de guía.

Según Foulds y Gott (1988), las preguntas de comparación son las más fáciles de formular y se pueden aprovechar los avisos publicitarios como fuente de ideas para redactarlas. También dicho autor comenta que generan mucho interés en los alumnos si se procura relacionarlas con temas de la vida cotidiana.

Las preguntas de tipo causa-efecto son un poco más complejas y requieren un mayor conocimiento del fenómeno involucrado para su formulación, según Foulds y Gott (1988). Así, los niños tienden a resolver estas preguntas como si formularan varias preguntas de comparación, en lugar de buscar patrones o relaciones en los datos obtenidos. Por ello se debe hacer previamente una diferenciación entre las variables categóricas y las variables continuas. Es conveniente que al trabajar con las preguntas de este tipo se ayude a los

alumnos a definir la variable independiente y seleccionar el criterio de medición de la misma y los intervalos de tiempo en los cuales se hagan las medidas u observaciones.

White y Gunstone (1992) sugieren dos procedimientos que pueden ayudar a los alumnos a plantear preguntas. En este caso, se intentará adaptar estos procedimientos al planteamiento de preguntas investigables.

Usando un diagrama, un esquema o una tabla en la cual los alumnos coloquen las preguntas que quisieran formular acerca del fenómeno en estudio, dichas cuestiones deberán formularse a la siguiente estructura: “¿Qué pasaría si...? ¿Cómo afecta...? ¿Qué pasaría si...?” (p. 160).

Asimismo, dicho autor plantea utilizar un diagrama que sirva como referente para que los alumnos planteen preguntas que necesitan recopilar información para resolverse.

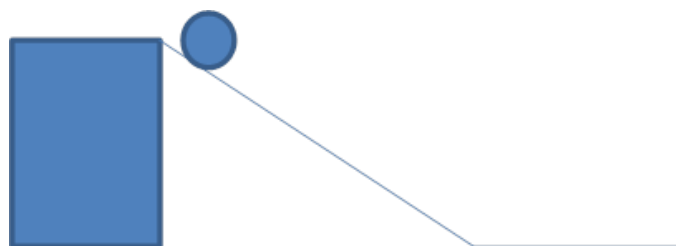


Figura 1.21. Esquema de un plano inclinado para propiciar la formulación de preguntas investigables.

Según la Figura 1.21, los alumnos podrían plantear distintas preguntas: ¿qué sucederá con la bola al descender?, ¿por qué cae la pelota? Hasta plantear preguntas investigables del tipo: ¿influirá el tamaño de la bola en la distancia que recorra?, ¿influirá el material del plano inclinado en la distancia que recorra la bola? O siguiendo la estructura de preguntas planteada líneas arriba: ¿qué pasaría si aumenta la masa de la bola? El profesor deberá seleccionar aquellas preguntas que puedan responderse con una actividad experimental junto con los alumnos. Por su parte Krajcik et al. (2003), proponen hacer una lista de preguntas investigables y no investigables, luego construir una tabla con tres columnas: una columna con preguntas, otra columna en que los alumnos deban completar si es investigable o no y una tercera en que reformulen las identificadas como no investigables (ver Tabla 1.9).

Por su parte, Flannagan y McMillan (2009) describen un par de experiencias realizadas con alumnos, las cuales consistían en proporcionarles a los estudiantes materiales para que exploren por cerca de 10 minutos, por ejemplo, una tabla de madera con carritos de juguete, una pastilla efervescente con agua. Luego de ello, el profesor establece una secuencia de preguntas. La primera consiste en interrogarlos sobre qué acciones hacen los objetos que se

les han proporcionado. En el caso del carro, las respuestas fueron rodar, accidentarse, voltearse, romperse. En el caso de la pastilla efervescente, las respuestas fueron romperse, disolverse, producir efervescencia. De estas respuestas, se deberá seleccionar una acción, la cual constituirá la variable dependiente.

Tabla 1.9

Clasificación de preguntas investigables y no investigables para su reformulación

Pregunta	Investigable (si/no)	Pregunta reformulada
¿Por qué necesito pintar el fierro de la reja de mi casa?	No	¿Qué le sucederá al fierro de la reja de mi casa si no lo pinto?
¿Cómo afecta al crecimiento de las plantas el tipo de tierra donde se siembran?	Si	

Nota: Adaptado de *Teaching Science in Elementary and Middle School Classrooms: A Project-based Approach* por Krajcik et al. (2003, p. 97).

En un segundo momento, el profesor les pide a los alumnos que, haciendo una lluvia de ideas, elaboren una lista de los materiales que necesitarían si quisieran diseñar un experimento.

Luego el profesor inicia el paso de elaborar la pregunta investigable, para lo cual les ayuda a identificar la variable independiente. Es así que primero se trabaja con los alumnos la elaboración de un cuadro donde se colocan las cosas que se cambiarían y que posiblemente afectarían a la acción seleccionada (ver Tabla 1.10). En el caso concreto del carrito, se respondería a la pregunta ¿cómo afectará el cambio de los siguientes materiales el tiempo que demora en desplazarse el carro por la rampa? Los alumnos deberán escoger cuál de los factores de las listas desean cambiar.

Tabla 1.10

Factores que pueden afectar el desplazamiento de un carro en una rampa

Rampa	Carro
Altura de la rampa	Peso del carro
Superficie de la rampa	Color del carro
Longitud de la rampa	Material del carro

Nota: Adaptado de *From Cookbook to Experimental Design* por Flannagan y McMillan (2009, p. 47).

En el caso de la pastilla efervescente, la pregunta formulada es ¿cómo afecta el cambio en estos factores a la manera en que se disuelve la pastilla efervescente? En la Tabla 1.11 se muestran los factores tanto de la pastilla efervescente como del líquido.

Tabla 1.11

Factores que pueden afectar la disolución de una pastilla efervescente

Pastilla efervescente	líquido
Tamaño de la pastilla	Color del líquido
Marca de la pastilla	Temperatura del líquido
División de la pastilla	Tipo de líquido

Nota: Adaptado de *From Cookbook to Experimental Design* por Flannagan y McMillan (2009, p. 47).

Allison y Shrigley (1986) citando el modelo de Alfke (1974), sugieren enseñar a los alumnos a plantear preguntas investigables “formulando preguntas operacionales, a través de cambios de variables: eliminación de una variable, sustitución, o por incremento o decremento de la variable”.

En la Tabla 1.12, se muestra un cuadro resumen de algunas investigaciones realizadas en el proceso de enseñanza a los alumnos para la elaboración de preguntas investigables.

Tabla 1.12

Resumen de algunas investigaciones realizadas en el proceso enseñanza a los alumnos para la elaboración de preguntas investigables

Investigación	Nivel	Materia	Estrategia aplicada	Resultados obtenidos
Hartford y Good (1982)	Secundaria	Química	Mediante el desarrollo de actividades experimentales por doce semanas, a los alumnos se les enseñó a formular preguntas a través de la manipulación de variables y la visualización del efecto de ello.	Los alumnos de este grupo pudieron formular significativamente mejores preguntas que los que no habían recibido esta formación.
Allison y Shirley (1986)	Quinto y Sexto grado	Ciencia	Durante tres semanas a los alumnos se les enseñó a formular preguntas operacionales, a través de la manipulación de variables, ya sea por eliminación de una variable, por su aumento o disminución o por sustitución.	Los alumnos que tuvieron esta formación pudieron plantear más y mejores preguntas operacionales que los que sólo tuvieron una actividad demostrativa.
Keys (1998)	Sexto Grado	Ciencia	El profesor les permitió que elaboraran libremente la pregunta investigable.	El 37.0% de los alumnos tomaron como modelo las preguntas investigables que había formulado el profesor cambiando las variables.

Investigación	Nivel	Materia	Estrategia aplicada	Resultados obtenidos
Cuccio–Schirripa y Steiner (2000)	Séptimo grado	Ciencia	Los estudiantes recibieron instrucción por cerca de 90 minutos en lo que se refiere a las características, ejemplos, etc. de preguntas investigables y no investigables. También en el control de variables y la búsqueda de relaciones entre ellas.	Los resultados muestran que el grupo que recibió este tipo de instrucción fue capaz de formular mejores preguntas investigables que el grupo que no recibió instrucción.
Hofstein, Navon, Kipnis y Mamlok-Naaman (2005)	Secundaria	Química	Se trabajaron con dos grupos durante dos años realizando cerca de 15 actividades experimentales. En un grupo se hicieron actividades cerradas y en el otro abiertas. A ambos grupos se les asignó la tarea de plantear preguntas para diseñar un experimento.	El grupo que había realizado actividades abiertas fueron capaces de formular mejores preguntas investigables que el que no tenía experiencia en ese tipo de actividades.

Nota: Adaptada de *Students' questions: a potential resource for teaching and learning science* por Chin y Osborne (2008, p. 18).

1.9.8. Rúbrica para evaluar la pregunta investigable.

Una vez que los profesores han elaborado su pregunta investigable, cómo pueden saber si está formulada correctamente o si es pertinente o no para una investigación. Para ello, Chin y Kayalvizhi (2002) proponen tomar en cuenta cuatro criterios (p. 284):

- ¿Es la pregunta factible, realizable?
- ¿Es interesante, motivadora para los estudiantes?
- ¿Es práctica en términos de dificultad, tiempo y recursos?
- ¿Es la respuesta desconocida para los estudiantes?

Por esto, es importante que se cuente con una herramienta para evaluar las preguntas que se formulen de manera que puedan modificarlas, ya sea en la redacción o en la pertinencia del tema, y que los propios profesores puedan autoevaluarse.

Graves y Rutherford (2012) aplicaron dos rúbricas para evaluar la formulación de la pregunta investigable del tipo causa-efecto, en una se toman en cuenta los aspectos de las variables a estudiar (ver Tabla 1.13). Y en la otra rúbrica se toma en cuenta la redacción de la pregunta (ver Tabla 1.14).

Tabla 1.13

Rúbrica para evaluar una pregunta investigable del tipo causa- efecto de acuerdo a las variables involucradas

Puntaje	Número de variables	
	Descripción	
2	La pregunta tiene al menos dos variables claramente establecidas.	
1	La pregunta tiene una variable claramente definida.	

Nota: Adaptada de *Writing a Scientific Research ("Testable") Question: The First Step in Using Online Data Sets for Guided Inquiry Assignments* por Graves y Rutherford (2012, p. 48).

Tabla 1.14

Rúbrica para evaluar la redacción de una pregunta investigable

Puntaje	Redacción	
	Descripción	
3	La pregunta es pregunta investigable y está bien redactada. La pregunta no tiene errores gramaticales y especifica los parámetros de la investigación, las relaciones entre las variables de causa / efecto.	
2	La pregunta es investigable, pero debe modificarse. La pregunta tiene algunos errores gramaticales (es decir, la redacción de la pregunta debe mejorarse). O la pregunta no especifica los parámetros de la investigación o no afirma una relación de causa /efecto.	
1	La pregunta es investigable, pero necesita ser modificada. La pregunta es deficiente en al menos 2 de las siguientes maneras: <ol style="list-style-type: none">1. Tiene algunos errores gramaticales.2. No especifica los parámetros de la investigación.3. No señala claramente la relación causa/efecto.	

Nota: Adaptada de *Writing a Scientific Research ("Testable") Question: The First Step in Using Online Data Sets for Guided Inquiry Assignments* por Graves y Rutherford (2012, p. 48).

1.10. Diseñar y conducir investigaciones sencillas

1.10.1. Definición de habilidades de proceso científico.

Si se busca el término *habilidad* en el diccionario de la Real Academia (2014), se encuentra la siguiente definición: “Capacidad y disposición para algo”. Este significado refiere a que se tiene la capacidad de realizar o ejecutar algo, por ejemplo, habilidad para cantar, habilidad para dibujar, etc. El término habilidad es aplicable a varios aspectos. Si lo enlazamos a lo que es la investigación científica, se estará hablando de la habilidad para hacer una investigación científica, lo que se denomina: “habilidad de proceso científico”.

Las habilidades de proceso científico se definen como un conjunto de habilidades generales que pueden ser aplicadas en muchas disciplinas y que sirven de guía para tener comportamientos similares a los que tendrían los científicos (Padilla, 1990).

Harlen (1999) menciona que el término habilidades de proceso científico agrupa aquellas habilidades relacionadas con “la identificación de la pregunta investigable, la obtención de evidencias, la interpretación de la evidencia en términos de la pregunta formulada para la investigación y, por último, la comunicación del proceso de investigación” (p. 129), mientras que Nwosu y Okeke (1995), citados en Ongowo y Indoshi (2013), comentan:

Las habilidades de proceso científico son habilidades mentales y físicas y competencias que sirven como herramientas necesarias para el estudio eficaz de la ciencia y de la tecnología, así como en la resolución de problemas y en el desarrollo individual y social (p. 713).

Como se puede apreciar, algunas de estas definiciones se encuentran más relacionadas con los procesos de la ciencia y otras con los procesos de pensamiento científico, como lo hace por ejemplo la definición que propone Özgelen (2012), quien indica: “Las habilidades de proceso científico (SPS²) son las habilidades de pensamiento con las que los científicos suelen construir el conocimiento para solucionar problemas y formular resultados” (p. 283).

1.10.2. Diferentes denominaciones de las habilidades de proceso científico.

A lo largo de los años, se han venido utilizando distintas denominaciones para el término habilidad de proceso científico. Özgelen (2012) nos indica que algunas de las más usadas fueron las siguientes: “método científico, pensamiento científico, pensamiento crítico, para definir ese tipo de habilidades” (p. 283).

Un estudio más detallado de las distintas denominaciones que se han dado al concepto a lo largo del tiempo es desarrollado por Harlen (1999), y se detalla a continuación (ver Figura 1.22).

² SPS: habilidades de proceso científico (en inglés *Science Process Skill*).

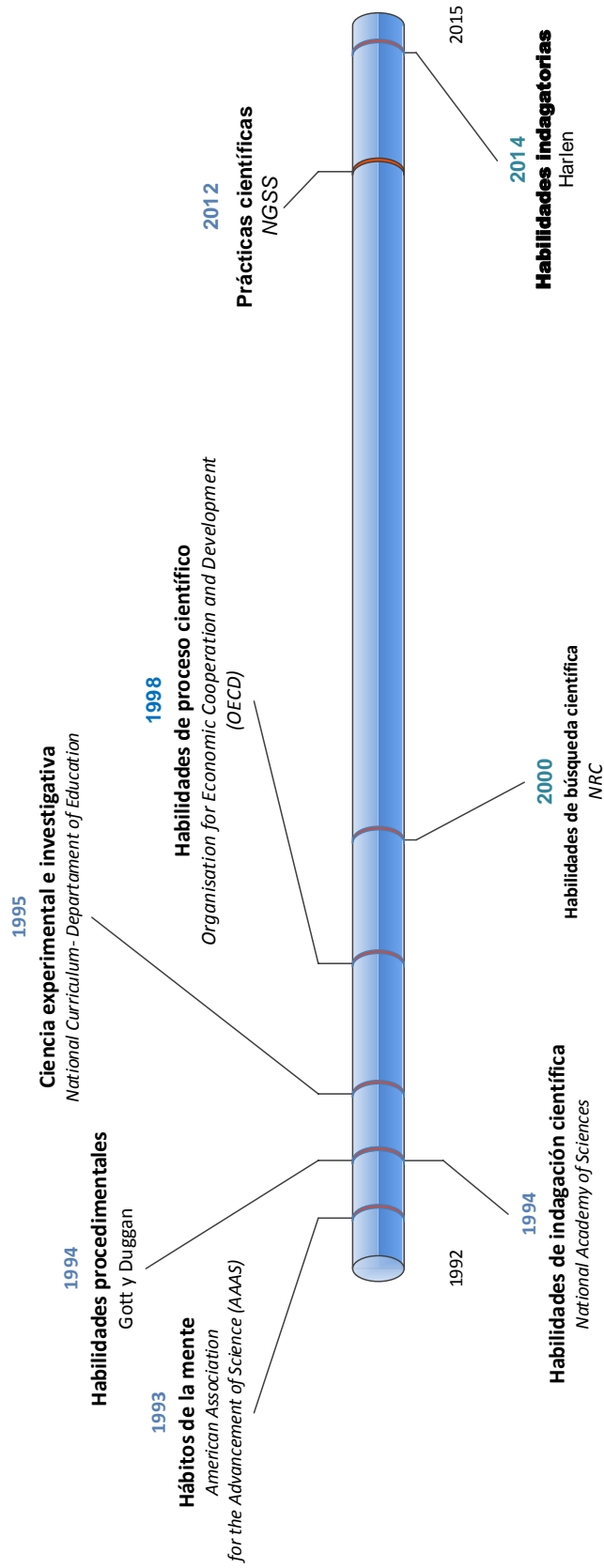


Figura 1.22. Diferentes denominaciones de las habilidades de proceso científico. Elaborado a partir de *Purposes and Procedures for Assessing Science Process Skills* por Harlen (1999, p. 129).

Como se puede apreciar –y como ya señalaban Bybee y DeBoer (1994) citados por Özgelen (2012) –, la frase “habilidades de proceso científico” se comenzó a utilizar hace aproximadamente dos décadas atrás. Pese a esto, Harlen (1999) indica que las distintas maneras de llamar a las habilidades relacionadas con la investigación científica tienen como característica común que todas ellas hacen referencia directa o indirectamente a las habilidades que se ponen en juego cuando se lleva a cabo una investigación científica.

Años más tarde, Harlen (2013) propone una terminología diferente, aclarando que el término “habilidades de indagación” se refiere a veces como “habilidades de proceso”, ya que los alumnos participan en el proceso de interacción con los materiales y su tratamiento de la información, pero que la “indagación” es el término más ampliamente utilizado.

Por otra parte, Krajcik y Merritt (2012) y Reiser et al. (2012) hacen referencia al hecho de que en los NGSS se toma en cuenta el término “prácticas” en lugar de “habilidades”. Osborne (2014) lo justifica esta denominación ya que considera que es la mejor manera de conceptualizar la naturaleza de la ciencia, como una práctica social y cultural. En esta línea, Schweingruber, Keller y Quinn en la NCR (2012) aclaran:

Se utiliza el término “prácticas” en lugar del término “habilidades”, para subrayar el hecho de que la participación en la investigación científica requiere de la coordinación tanto de conocimientos como de habilidades de manera simultánea (p. 41).

1.10.3. Clasificación de las habilidades de proceso científico.

Un paso muy importante para la enseñanza de las ciencias fue dado en 1967, cuando los integrantes de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, AAAS³ (1968), detallaron las habilidades de proceso científico que consideraban que eran más utilizadas por los científicos: (a) observar, (b) utilizar relaciones espacio-tiempo, (c) usar datos numéricos, (d) hacer inferencias, (e) hacer medidas, (f) comunicar, (g) clasificar, (h) predecir, (i) control de variables, (j) definir operacionalmente, (k) hacer hipótesis, (l) interpretar datos, y (m) experimentar (McComas, 2013; Sheeba, 2013). Otros autores mencionan un mayor o menor número de habilidades en la lista de la AAAS. Así, Bybee et al. (1989) consideran quince habilidades, añadiendo en la lista de McComas (2013) las siguientes: “hacer preguntas” y “formular modelos”.

³ La comisión sobre la educación científica de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, denominado en inglés *The American Association for the Advancement of Science (AAAS)*, inició un programa denominado Ciencia un enfoque basado en procesos, en inglés *Science A Process Approach (SAPA)*. En este programa, se dio mucha importancia al aprendizaje de los procesos científicos.

Las habilidades de proceso científico se clasifican en dos grupos (McComas, 2013; Sheeba, 2013): (a) las habilidades básicas (observar, clasificar, medir, usar las relaciones tiempo-espacio, usar los números, hacer inferencias, comunicar, hacer predicciones) y (b) las habilidades integradas (definir operacionalmente, identificar y controlar las variables, experimentar, formular hipótesis, interpretar los datos). Los elementos que conforman cada uno de estos grupos varían de un autor a otro, dependiendo –al menos en parte– de los diseños curriculares de los países en los que han desarrollado su investigación (ver Figura 1.23). En la Tabla 1.15, se muestra un resumen de las agrupaciones de las habilidades de proceso científico formuladas por diversos autores.



Figura 1.23. Clasificación de las habilidades de proceso científico en básicas e integradas. Elaboración propia a partir de McComas (2013) y Sheeba (2013).

El reto que deben asumir los profesores de ciencias es diseñar actividades experimentales por medio de las cuales los alumnos puedan ir adquiriendo las habilidades de proceso científico. Por ello es importante conocer que cada uno de este grupo de habilidades proporciona un aporte importante en la formación de los alumnos en ciencias.

Tabla 1.15

Comparación de las clasificaciones de las habilidades consideradas como básicas e integradas por diversos autores

Autores	Habilidades básicas	Habilidades integradas
Brendzel (2005, p. 16)	“Observar, clasificar, predecir, medir, inferir, usar números, y usar la relación espacio/tiempo”	“Controlar variables, hacer hipótesis, definir operacionalmente, formular modelos, experimentar e interpretar los datos”
Ango (citado por Akinbobola y Afolabi (2010))	“Observar, clasificar, medir predecir, comunicar, inferir, usar números, usar la relación espacio/tiempo y hacer preguntas”	“Controlar y manipular variables, hacer hipótesis, definir operacionalmente, formular modelos, diseñar experimentos e interpretar los datos”

Autores	Habilidades básicas	Habilidades integradas
Karamustafaoğlu (2011, p. 26)	“Basic science process skills (BSPS): observar, clasificar, medir y predecir”	Habilidades integradas de proceso científico Integrated Science Process Skills (ISPS), las cuales son: identificación y definición de variables, recolección de datos, construcción de tablas de datos y gráficos, descripción de relaciones entre variables, interpretación de datos, manipulación de materiales, formulación de hipótesis, diseño de investigaciones, formulación de las conclusiones y generalización
Chabalengula, Mumba y Mbewe, (2012, p. 167)	“Observar clasificar, predecir, medir, inferir, comunicar, usar las relaciones espacio/tiempo, usar los números”	“Control de variables, definir operacionalmente, formulación de hipótesis, formulación de modelos, interpretación de datos, experimentación”
Sukarno, Hamidah y Permanasari (2013, p.79)	“Observar, hacer preguntas, clasificar, medir y hacer predicciones”	Asume la clasificación dada por Karamustafaoğlu (2011)


Nota: Elaboración propia a partir de la bibliografía.

Una clasificación diferente de las habilidades la otorga Wenning (2005), quien tipifica las habilidades de pensamiento científico en una continuo que va desde aquellas que considera de bajo nivel hasta aquellas que considera de un nivel alto (ver Tabla 1.16).

Tabla 1.16

Grados de complejidad de los procesos intelectuales utilizados en los distintos tipos de actividades experimentales

Habilidades rudimentarias	Habilidades básicas	Habilidades integradas	Habilidades avanzadas
Recopilar y registrar datos	Identificar las variables	Identificar los problemas a investigar	Resolver problemas reales
Sacar conclusiones	Construir una tabla de datos	Diseñar y realizar investigaciones científicas	Sintetizar hipótesis y explicaciones complejas
Comunicar	Describir las relaciones entre las variables	Usar tecnología y las matemáticas durante las investigaciones	Establecer leyes empíricas en base a la evidencia y la lógica
Clasificar los resultados	Describir las relaciones entre las variables	Generar principios a través del proceso de inducción	Analizar y evaluar argumentos científicos
Medir métrica	Adquirir y procesar los datos	Comunicar y defender un argumento científico	Construir pruebas lógicas
Estimar	Analizar las investigaciones		Generar predicciones a través del proceso de deducción
Explicar			

Habilidades rudimentarias	Habilidades básicas	Habilidades integradas	Habilidades avanzadas
Predecir	Definir las variables Diseñar investigaciones Experimentar Hipotetizar Tomar decisiones 2 Variables de control		
Baja	 Complejidad intelectual		Alta

Nota: Adaptado de *Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes* por Wenning (2005).

1.10.4. Habilidades básicas de proceso científico.

A continuación, se revisarán las habilidades de proceso científico básicas, las cuales, de acuerdo con Germann y Aram (1996), proporcionan la base intelectual en la investigación científica y son los requisitos previos para la adquisición de las habilidades integradas de proceso científico. También, este tipo de habilidades constituyen la columna vertebral sobre la que se apoyan las habilidades más avanzadas, como por ejemplo la resolución de problemas (Rambuda & Fraser, 2004). Rezba, Sprague, McDonnough y Matkins (2007) comentan que dichas habilidades son aquellas que se ponen en juego cuando se hace ciencia. También estos autores consideran que las habilidades básicas constituyen la base donde se edifican el resto de habilidades (ver Figura 1.24).

Sobre cuándo se enseña este tipo de habilidades, es importante considerar el comentario que proporciona Funk et al. (1979), citado en Rambuda y Fraser (2004): “las habilidades básicas de procedimiento científico son interdependientes, lo que implica que los investigadores pueden visualizar y aplicar más de una de estas habilidades en cualquier actividad única” (p. 11). Para ilustrar lo que se acaba de mencionar, es conveniente explicar con un ejemplo, tomando como base el que presenta Rambuda y Fraser (2004): un alumno desea determinar la velocidad a la que se mueve un auto de juguete –al cual se denominará móvil–. Para ello, primero “observará” el lugar donde hará las mediciones, luego “medirá” con una cinta métrica la distancia que usará y la anotará “usando la notación científica” apropiada. El alumno podría “predecir” el tiempo que el móvil se demora para recorrer esa distancia. También podría “clasificar” entre varios móviles cuál se demoraría más. La

ilustración demuestra, pues, que el alumno ha empleado varias habilidades básicas en una sola actividad.

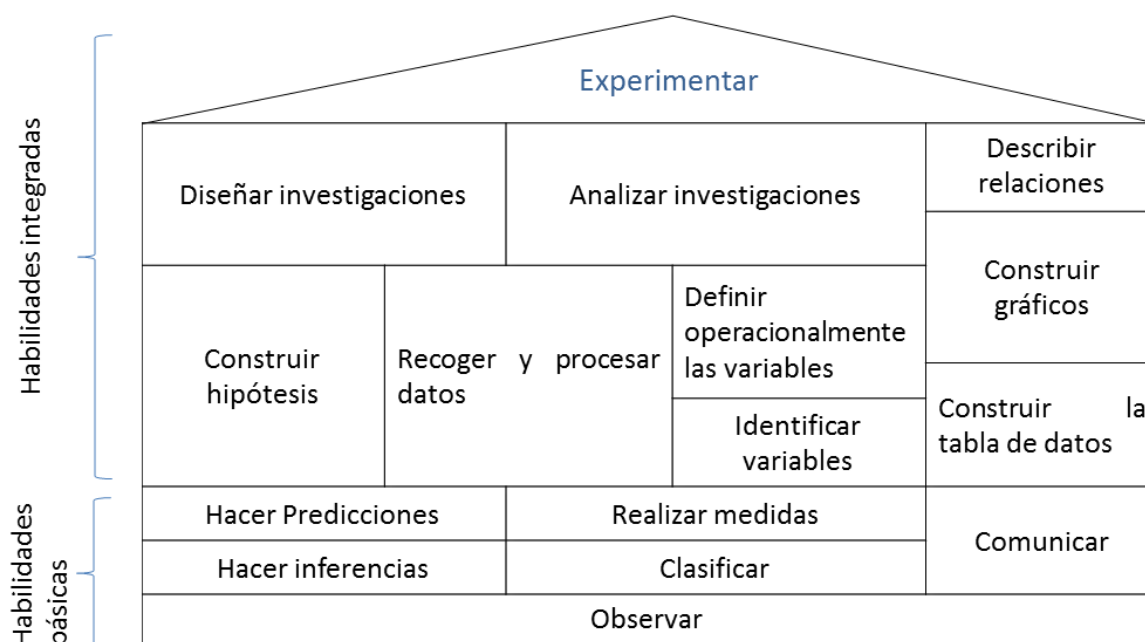


Figura 1.24. Las habilidades de proceso científico agrupadas en categorías. Adaptado de *Learning and Assessing Science Process Skills* por Rezba et al. (2007, p. 5).

A continuación, se dedicarán unas líneas a comentar cada una de estas habilidades de proceso científico básicas:

1.10.4.1. Observar.

Según la definición del diccionario de la Real Academia (2014), la palabra “observar” deriva del latín *observāre* y significa ‘examinar atentamente’.

Es importante tener en cuenta que, desde la perspectiva científica, observar es mucho más que “mirar”. En la vida cotidiana se evidencia en distintas situaciones, por ejemplo: una persona pasa muchas veces por un jardín –sabiendo que tiene plantas–, pero si le preguntan por los tipos de plantas que hay en él es muy probable que no sea capaz de responder porque no se fijado en esto. En consecuencia, se podría afirmar que ha hecho falta que observe el jardín.

También se considera oportuno anotar que las observaciones pueden ser de dos tipos: (i) cualitativas, cuando los alumnos describen lo que observan a través de sus sentidos, la vista (tamaño, forma, color), el oído (volumen, tono, timbre), el gusto (dulce, salado, ácido, amargo), el tacto (textura de los objetos) y el olfato (asociar objetos a olores), y (ii)

cuantitativas, cuando las observaciones se realizan a través de mediciones, por ejemplo, la longitud, la masa, el tiempo, etc.

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta es que la observación no puede limitarse a una actividad simplemente sensorial, debe ir acompañada de un ejercicio intelectual (Harlen, 1999; Pujol, 2003). Se citará un ejemplo –la germinación de una semilla–, para ilustrar lo que se acaba de describir en las líneas anteriores. Describe Pujol (2003):

Es un paso necesario que los escolares constaten que ésta precisa de agua para germinar, pero la verdadera observación empieza cuando éstos, entre otras cosas, relacionan los cambios que sufre la semilla con la variable agua. Es entonces cuando la observación se constituye en un trabajo intelectual y deja de ser una mera actividad sensorial de constatación (p. 117).

Las observaciones pueden ser llevadas a cabo al inicio de una actividad experimental – como motivadora de la misma –, pero también se debe tener en cuenta que una observación puede utilizarse para comprobar una predicción a partir de una hipótesis formulada por los alumnos o por el profesor (Feixas, 2012). También, las observaciones permiten reconocer las propiedades de los objetos, lo que proporciona a los alumnos contar con la base para ir adquiriendo la habilidad de clasificar y de comparar (Peters & Stout, 2006). La importancia de proporcionar a los alumnos situaciones en las que adquieran la habilidad de observar la encontramos sintetizada en los comentarios que aportan Settlage y Southerland (2007), Öztürk, Tezel y Acat (2010) y Sheeba (2013): la observación constituye la base de todas las habilidades de proceso científico.

1.10.4.2. Clasificar.

La palabra “clasificar” deriva del latín *classificāre* y significa ‘ordenar o disponer por clases’ (Real Academia Española, 2014). Desde el punto de vista científico se busca agrupar las entidades que posean el mayor número posible de características en común de la misma clase: “La clasificación científica comporta una operación intelectual de tipo lógico asociada al hecho de distribuir, encasillar, organizar los objetos, hechos y fenómenos en función de unos criterios y teniendo en cuenta su pertenencia a un determinado grupo o clase” (Pujol, 2003, p. 125).

Como ejemplos se pueden citar los siguientes: (a) clasificar un conjunto de lentes de acuerdo a las imágenes que se observan a través de ellos, (b) clasificar una serie de materiales en base al criterio de conducción de la corriente eléctrica.

1.10.4.3. Medir.

La palabra medir deriva del latín *metiri* y el diccionario de la Real Academia (2014) en una de sus cinco acepciones, señala ‘comparar una cantidad con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuántas veces la segunda está contenida en la primera’.

Según Sheeba (2013), “la medición es una observación más específica mediante la comparación de algún atributo de un sistema a un nivel de referencia” (p. 114).

La habilidad de hacer mediciones añade a la observación el hecho de que los alumnos traduzcan en términos numéricos las observaciones que realizan. Un ejemplo ilustrativo es medir el alcance horizontal de un móvil con un metro o el tiempo que demora en caer un paracaídas, entre otros.

1.10.4.4. Inferir.

La palabra inferir deriva del latín *inferre*, ‘llevar a’ y el diccionario de la Real Academia Española, en una de en una de sus tres acepciones señala: ‘sacar una consecuencia o deducir algo de otra cosa’ (2014).

Como se había descrito en líneas precedentes, una observación es una información percibida por los sentidos. La inferencia viene a ser “una explicación o una interpretación de esa observación” (Rezba et al., 2007). En la Figura 1.25 se presenta la relación entre la inferencia y los tipos de información con las cuales se deduce.

Algunos ejemplos de inferencias son los siguientes: (a) un alumno observa que al agregar una solución de yodo a un pan éste se colorea de azul. El alumno podría deducir a partir de esta observación que el pan contiene almidón; (b) un alumno observa que la bacteria se muere después de aplicar lejía, por lo que puede deducir que la lejía mata a la bacteria; (c) utilizando sus conocimientos previos, el alumno puede inferir información o datos, como explican Miller y Levine (2006): en este caso: una persona está en una excursión en la montaña y ve unas huellas en el suelo. Basado en su tamaño y forma, la persona podría deducir que un mamífero grande habría pasado por ahí. Para elaborar dicha inferencia, la persona usó su conocimiento sobre la forma de los pies de los animales. Alguien que sabe mucho más sobre las huellas de los animales podría identificarlas como las de un oso.



Figura 1.25. La relación entre la habilidad de realizar inferencias o deducciones y la información. Adaptada de *Learning and Assessing Science Process Skills* por Rezba et al. (2007).

1.10.4.5. Hacer predicciones.

La palabra predecir deriva del latín *praedicere*, y el diccionario de la Real Academia Española (2014) señala como ‘Anunciar por revelación, ciencia o conjetura algo que ha de suceder’.

La observación, la predicción y la inferencia están relacionadas, pero se deben establecer las diferencias entre una y otra (ver Figura 1.26). La calidad de la predicción que se haga dependerá a su vez de la calidad de las observaciones y de las inferencias realizadas previamente.

Como comenta Sheeba (2013), en la elaboración de una predicción es necesario que haya una fundamentación, lo que la diferencia de la conjetura. Otra característica de las predicciones es que se deben poder comprobar. Un ejemplo citado por Padilla (1990) ilustra lo que se acaba de mencionar “Predecir el tamaño de una planta dentro de dos semanas, basándose en una gráfica de crecimiento de cuatro semanas anteriores” (p. 2), lo cual implica un análisis del gráfico previo a la realización de la predicción. Adicionalmente, Peters y Sout (2006) aportan comentarios sobre la importancia de los datos previos, al afirmar que sin contar con datos suficientes solamente se puede adivinar sobre futuras observaciones, no se puede hacer una predicción. Los alumnos pueden –a partir de los datos recogidos– elaborar predicciones, ya sea interpolando los datos de un gráfico o extrapoliéndolos. Para ilustrar esto se presenta el siguiente ejemplo propuesto por Peters y Stout (2006):

Los alumnos observan lo que sucede si se coloca un frasco de vidrio invertido sobre una vela ardiendo. Anotan el tiempo que tarda en apagarse la vela usando frascos de volúmenes diferentes, por ejemplo: 100, 200, 300, 400, 500 mililitros. A partir de eso

datos construyen un gráfico. Si el profesor les pidiera predecir el tiempo que tardaría en apagarse la vela si se coloca un frasco de 250 mililitros encima de ella, los alumnos podrían interpolar en el gráfico y hallar el valor. En cambio, si se les pidiera predecir el tiempo que tardaría en apagarse la vela si se coloca un frasco de 1000 mililitros, se tendría que extrapolar del gráfico (p. 98).

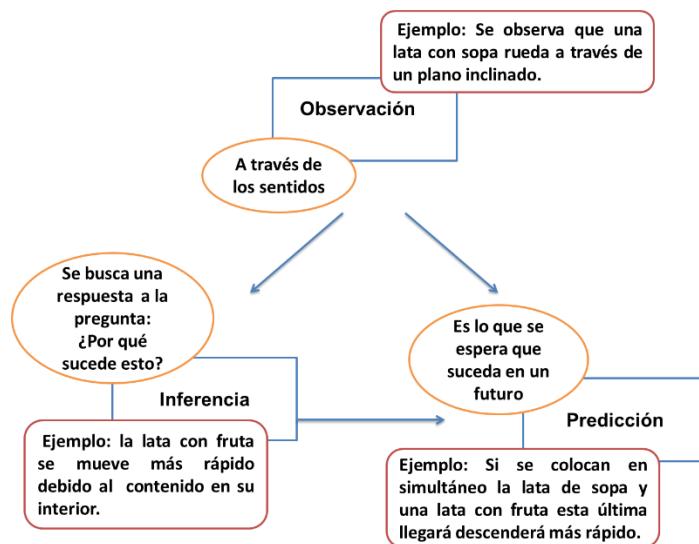


Figura 1.26. Diferencia entre una observación, una inferencia y una predicción. Adaptado y ampliado de *Learning and Assessing Science Process Skills* por Rezba, Sprague y Fiel (2003, p. 135).

1.10.4.6. Utilizar relaciones espacio-tiempo.

Con esta habilidad se busca que los alumnos describan los cambios de un determinado parámetro en función del tiempo. Por ejemplo, describir la posición de un móvil en función del tiempo.

1.10.4.7. Usar los números.

En esta habilidad se busca que los alumnos sean capaces de expresar a través de números las observaciones que realizan y les den un sentido lógico.

1.10.4.8. Comunicar.

Los resultados obtenidos deben ser comunicados a los demás. Para ello, los alumnos pueden usar diferentes herramientas de comunicación: dibujos, esquemas, tablas, gráficos, la comunicación puede ser verbal o escrita.

1.10.5. Habilidades de proceso científico integradas.

A continuación, se dedicará especial atención a las habilidades de proceso científico integradas que, como su nombre lo indica, integran una serie de habilidades. Por ello, es necesario que primero se desarrollen las habilidades básicas. Por ejemplo, en la actividad experimental anteriormente mencionada, el alumno para resolver el problema planteado tendrá que registrar sus datos, hacer cálculos numéricos, para luego interpretar los datos obtenidos.

1.10.5.1. Identificar variables.

La palabra variable deriva del latín *variabilis*, y el diccionario de la Real Academia Española señala: ‘que varía o puede variar’ (2014).

Las variables son aquellos factores del experimento que se pueden variar o cambiar. Un tema importante a tomar en cuenta es que pueden ser de dos tipos: (a) la variable denominada dependiente y (b) la variable que se denomina independiente. La habilidad de identificar variables hace referencia al hecho de que los alumnos deben aprender a identificar este tipo de variables en un experimento. Para ello, es necesario definir primero algunos conceptos: la variable dependiente es aquella que “se ve afectada” por los cambios que se realizan, mientras que la independiente es la que el investigador modifica. Así, por ejemplo, al trabajar la oxidación de un clavo, se lo puede colocar en agua, en agua salada, en el aire, etc. En este caso, se varía el medio que lo rodea, por lo tanto, esto sería la variable independiente y la oxidación del clavo, la dependiente, pues se oxidará en mayor o menor grado según el medio donde se encuentre.

Asimismo, se tienen las variables de control, que son aquellas variables que se mantienen constantes y que podrían afectar la oxidación del clavo. En el ejemplo mencionado, la variable de este tipo podría ser la temperatura de la habitación donde se realicen las pruebas.

Una manera de ayudar a los alumnos a identificar los distintos tipos de variables es proporcionándoles algunas preguntas a resolver o un guion para completar. Así, Feixas (2012) propone formular las siguientes preguntas para cada una de las variables: (a) variable independiente: “¿qué cambió en este experimento?”, (b) variable dependiente: “¿qué observo o qué mido con este experimento?” y (c) variables de control: “¿qué variables no puedo modificar?”

1.10.5.2. Hacer hipótesis.

Con esta habilidad se busca que los alumnos realicen una presunción para posteriormente comprobarla, así lo describe Pujol (2003):

En el trabajo científico, la formulación de una pregunta conlleva siempre la necesidad de darle una respuesta provisional que la responda, es decir encontrar una hipótesis que posteriormente deberá comprobarse para ser verificada o refutada; un proceso que siempre se sitúa en un marco conceptual establecido.

Según Furman y de Podestá (2009), una hipótesis bien formulada permite derivar predicciones de ella. Para aclarar la afirmación, se presenta el siguiente ejemplo: “si nuestra hipótesis es que la flotabilidad depende del material y no del peso, entonces se puede predecir que diversos trozos de corcho, aunque tengan masas diferentes, siempre flotarán” (Feixas, 2012, p. 94).

1.10.5.3. Definir operacionalmente.

Con esta habilidad se busca que los alumnos expliquen de manera clara y objetiva los procedimientos que seguirán en la medida de una determinada variable.

Algunos ejemplos son los siguientes: (a) establecer que el volumen ocupado por un gas se medirá a través del desplazamiento del émbolo desde el punto inicial hasta el final, (b) el limón, el vinagre y el jugo de naranja son ácidos, si añadimos unas gotas de fenolftaleína la solución permanece incolora. La definición operacional sería: las sustancias que permanecen incoloras con la fenolftaleína son ácidas.

1.10.5.4. Interpretar los datos.

Esta habilidad incluye a su vez otras, como son la recolección de datos, la estimación de errores, la elaboración de la tabla de datos, el gráfico de los mismos y la interpretación del gráfico o de la tabla.

1.11. Los niveles de indagación

1.11.1. Definición de niveles de indagación.

En las páginas precedentes se ha revisado que hay varios criterios para clasificar los trabajos prácticos. En esta sección se añadirá uno más, el cual toma en cuenta los niveles de indagación o niveles de apertura. Este criterio se basa en que la participación de los profesores y alumnos no siempre es igual en los aspectos involucrados en la realización de

la actividad experimental, como pueden ser: la definición del problema a investigar, la elaboración del diseño experimental, el análisis de datos, la elaboración de conclusiones, entre otros.

De otra parte, es complicado pretender iniciar con los alumnos las actividades de indagación abiertas, los alumnos deben ir aprendiendo poco a poco los pasos de la investigación, especialmente si no están habituados a este tipo de actividades (Eick, Meadows, & Balkcom, 2005; Furman & De Podestá, 2009).

Cuando los profesores programan sus actividades de indagación, es importante que lo hagan siguiendo una secuencia planificada previamente. Al respecto, Fay, Grove, Towns y Bretz (2007) muestran distintas trayectorias que se pueden seguir en dicha secuencia, una de ellas podría ser que los profesores inicien con actividades más cerradas para luego ir avanzando a las más abiertas a lo largo de un período académico. En esta línea, Eick et al. (2005) comentan que, siguiendo esta secuencia, los alumnos irán adquiriendo gradualmente las habilidades necesarias para afrontar las actividades de indagación más abiertas. Otra manera podría ser ir alternando entre los distintos niveles de indagación. La decisión de cómo programarlas dependerá de la evaluación que haga el profesor del curso y del progreso de los alumnos en cuanto a sus habilidades y necesidades (NRC, 2000). También se debe tener en cuenta que algunos alumnos necesitan realizar muchas actividades de bajo nivel de indagación antes de poder llevar a cabo indagaciones autónomas o abiertas (Banchi & Bell, 2008).

Para realizar la programación de las actividades de indagación, uno de los primeros pasos que se deben seguir es clasificarlas, para lo cual los profesores pueden usar como herramienta una rúbrica que permita ubicar dichas actividades en diversos niveles de indagación.

1.11.2. Rúbricas propuestas por diversos autores para evaluar los niveles de indagación.

La primera rúbrica para evaluar los niveles de apertura, según comentan Herron (1971) y Jiménez, Llobera y Llitjós (2005), se le atribuye a Schwab (1962). Esta es la que, posteriormente, sirve de base a las sucesivas propuestas de diversos autores: para la enseñanza secundaria, Herron (1971); Tafoya, Sunal y Knecht (1980); Priestly et al. (1998); Martin-Hansen (2002); Chinn y Malhotra (2002); Lederman (2004); para la enseñanza

universitaria las de McComas (2005) y Fay et al. (2007); así como las de Buck, Bretz y Towns (2008) y Gooding y Metz (2012).

La rúbrica propuesta por Schawb (1962) tiene tres categorías que corresponden a tres niveles de indagación (ver Tabla 1.17).

Tabla 1.17

Niveles de abertura propuestos por Schawb

Niveles	Características
Nivel 1	El docente presenta una serie de problemas no discutidos previamente en clase, exponiendo también diferentes maneras de encontrar soluciones al problema planteado. Los alumnos debían elaborar sus propias conclusiones.
Nivel 2	En este segundo nivel el profesor plantea un determinado problema, sin explicar ni dar orientaciones sobre el procedimiento a seguir.
Nivel 3	En este tercer nivel el docente presenta los fenómenos y les pide a los alumnos que identifiquen el problema a resolver.

Nota: Niveles de abertura propuestos por Schawb (1962). Adaptado de *Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química* por Jiménez et al. (2005).

Años más tarde, Herron (1971) añade un cuarto nivel (nivel 0) a la propuesta de Schwab. El autor planteaba que los alumnos también podrían participar en actividades experimentales en las cuales sólo observan las demostraciones realizadas por el profesor, por ello agregó un nivel cero a la propuesta de Schwab (ver Figura 1.27).

Niveles	Problema	Procedimiento a seguir	Resultados
Nivel 0	P	P	P
Nivel 1	P	P	A
Nivel 2	P	A	A
Nivel 3	A	A	A

Figura 1.27. Niveles de abertura según Herron. Adaptado de *The Nature of Scientific Enquiry* por Herron (1971).

El establecimiento de una línea continua en los niveles de indagación se da a partir de 1980, cuando Tafuya et al. (1980) presentaron un instrumento de evaluación del potencial de indagación de los materiales utilizados en la enseñanza de las ciencias (*AIP Assesment of inquiry potencial*). En dicho instrumento definen una serie de niveles de las actividades experimentales a través de las cuales el alumno va adquiriendo una cierta autonomía en la

indagación que realice. Los niveles asumidos por dichos autores son cuatro y los denominan: “Confirmación, indagación estructurada, indagación guiada e indagación abierta” (ver Figura 1.28).



Figura 1.28. Esquema de los niveles consecutivos de indagación de acuerdo a Tafoya et al. (1980).

En 1986, Hegarty-Hazel, citado por Staer, Goodrum y Hackling (1998), añade un aspecto adicional a considerar: el material y el equipo con el cual se desarrollará la actividad experimental, a partir de ello propone dividir el nivel dos en dos subniveles, dependiendo si el material lo entrega el profesor (P) o los alumnos lo buscan (A) (ver Figura 1.29).

	Problema	Equipo y Reactivos	Procedimiento a seguir	Resultados
Confirmación	P	P	P	P
Indagación guiada	P	P	P	A
Indagación guiada abierta	P	P	A	A
Indagación guiada abierta	P	A	A	A
Indagación abierta	A	A	A	A

Figura 1.29. Niveles de apertura según Hegarty-Hazel (1986). Obtenido de *High school laboratory work in Western Australia: Openness to inquiry*.

Martin-Hansen (2002) añadió un nivel más de indagación, el denominado “coupled inquiry” ubicado entre la indagación guiada y la indagación abierta (ver Figura 1.30).



Figura 1.30. Esquema de los niveles de indagación introduciendo el nivel propuesto por Martin-Hansen (2002).

Buck et al. (2008) propusieron una rúbrica –después de analizar cerca 22 manuales de laboratorio y 400 experimentos– buscando las características que se puedan articular con los niveles de indagación. La rúbrica toma en cuenta el lenguaje utilizado en los manuales, así como también qué aspectos del trabajo en el laboratorio se puede identificar con más facilidad. Se incluyen algunos aspectos adicionales como la teoría necesaria para realizar la actividad experimental y también desglosa los resultados en dos: el análisis de resultados que implica cómo los alumnos (A) analizaron e interpretaron los datos recogidos y la comunicación de los resultados, que toma en cuenta si los alumnos elaboran su propio sistema para comunicar los resultados obtenidos o si viene indicado por el manual o dado por el profesor (M) (ver Figura 1.31).

Nivel	Problema o Pregunta investigable	Teoría	Diseño experimental	Análisis de resultados	Comunicación de resultados	Conclusiones
0	M	M	M	M	M	M
1/2	M	M	M	M	A	A
1	M	M	M	A	A	A
2	M	M	A	A	A	A
3	A	A	A	A	A	A

Figura 1.31. Niveles de indagación de las actividades propuestas en los libros de texto propuestas por Buck et al. (2008).

Gooding y Metz (2012), basándose en la rúbrica propuesta por Priestly et al. (1998), elaboraron una guía para que los profesores puedan transformar las actividades experimentales del tipo “recetas de cocina” en actividades indagatorias (ver Figura 1.32).

En la Figura 1.33 se muestra un resumen de las rúbricas diseñadas por diversos autores para evaluar los niveles de indagación de las actividades experimentales propuestas en libros de texto, manuales de laboratorio y desarrolladas en el aula de clase.

Nivel de indagación	Antes de realizar la actividad experimental		Actividad experimental	Después de realizar la actividad experimental	
	Problema o pregunta a resolver	Planificación del procedimiento a seguir	Ejecución del diseño experimental	Elaboración de conclusiones	Utilización de los resultados para elaborar nuevas preguntas
0	P	P	P	P	P
1	P	P	P	P	A
2	P	P	P	A	A
3	P	P	A	A	A
4	P	A	A	A	A
5	A	A	A	A	A

Figura 1.32. Niveles de indagación según Gooding y Metz (2012, p. 44).

	Schwab (1962)	Herron (1971)	Hegarty-Hazel (1986)	Fay et al. (2007)	Buck et al (2008)	Gooding y Metz (2012)
Teoría					✓	
Material y reactivos			✓		✓	
Definición del problema a investigar: Planteamiento de la pregunta investigable	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Elaboración del procedimiento y realización	Planificación del procedimiento a seguir	✓	✓	✓	✓	✓
	Ejecución del diseño experimental	✓	✓	✓	✓	✓
Análisis de datos y conclusiones	Resultados de los análisis de la comunicación				✓	
	Elaboración de conclusiones	✓	✓	✓	✓	✓
	Utilización de los resultados para elaborar nuevas preguntas					✓

Figura 1.33. Criterios utilizados por los diversos autores para elaborar las rúbricas de los niveles de indagación. Elaboración propia a partir de la bibliografía.


1.11.3. El continuo de indagación en los documentos de la NRC.


Es importante anotar que en los documentos de la NRC (2000) se presenta un continuo de opciones que podría servir de ayuda a los profesores para planificar las actividades de indagación de acuerdo a los objetivos que quieran lograr con sus alumnos.

Este continuo se puede relacionar con los niveles de indagación (Eick et al., 2005), que se había descrito en líneas precedentes. En la Tabla 1.18 se presentan las características esenciales de una clase con indagación y sus correspondientes variaciones.

Tabla 1.18

Características esenciales de una clase con indagación y sus correspondientes variaciones

	Mayor autonomía del alumno/ menor guía del docente		Menor autonomía del alumno/ mayor guía del docente
Los alumnos trabajan con preguntas investigables.	Plantean su propia pregunta.	Eligen entre varias preguntas y luego plantean otras nuevas.	Refinan la pregunta dada por el docente, por el texto o por otra fuente. Se apropian de la pregunta dada por el docente, por el texto o por otra fuente.
Los alumnos dan prioridad a la evidencia al responder preguntas.	Determinan qué constituye evidencia y la recolectan.	Se guía a los alumnos a recolectar y a analizar ciertos datos.	Se les dan datos y se les pide que los analicen. Se les dan datos y se les dice cómo analizarlos.
Los alumnos formulan explicaciones basadas en evidencias.	Formulan explicaciones después de analizar las evidencias.	Se los guía en los procesos de formular explicaciones, partiendo de las evidencias.	Se les indican vías posibles para usar las evidencias a fin de formular explicaciones. Se los provee de las evidencias y se les explica cómo interpretarlas.
Los alumnos conectan las explicaciones a lo que ya conocen.	Independientemente, examinan otros recursos y establecen vínculos para las explicaciones provistas con lo que ya conocen.	Se los guía hacia áreas y hacia fuentes de conocimiento científico, y se les pide que formulen sus propias conexiones.	Se los guía hacia fuentes de conocimiento científico, y se les ayuda a formular conexiones. Se les dan posibles conexiones de las conclusiones con otros conocimientos científicos.
Los alumnos comunican y justifican sus explicaciones.	Formulan argumentos razonables y lógicos para comunicar sus explicaciones.	Se los entrena en el desarrollo de la comunicación de sus explicaciones.	Se les dan los pasos y procedimiento para la comunicación. Se les suministran pautas amplias para una comunicación más efectiva.

Mayor autonomía del alumno/ menor guía del docente		Menor autonomía del alumno/ mayor guía del docente	
Indagación abierta	Indagación junto con el profesor ⁴	Indagación guiada	Indagación estructurada

Nota: Obtenido de Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning (NRC, 2000, p. 29).

1.12. Resumen

A lo largo del presente capítulo se han abordado aquellos aspectos que servirán como base a la investigación que se realizará. A manera de síntesis se podría decir que se ha hecho una revisión de los siguientes conceptos: trabajos prácticos, preguntas investigables y sus tipos, indagación: historia y niveles y por último las habilidades de proceso científico.

⁴ Martin-Hansen (2002) añadió un nivel más de indagación, el denominado "coupled inquiry" en el cual el profesor trabaja junto con los alumnos, ubicado entre la indagación guiada y la indagación abierta.

Capítulo II

Estado de la Cuestión

2.1. Introducción

En este capítulo se hace una revisión de la literatura con el afán de presentar los resultados obtenidos por diversos autores sobre los programas de formación de profesores. En primer lugar, se describen aquellos programas de formación de profesores en habilidades de proceso científico y en la elaboración de actividades experimentales con indagación, dividiendo el tema en tres principales tipos de programas: los programas que promueven que el profesor asuma el rol de un científico para que descubra conocimientos de ciencia a través de la investigación, programas que hacen que el profesor realice el diseño de actividades experimentales para llevar al aula y los programas donde el profesor asume un doble rol, realizando las actividades experimentales que brinda la capacitación como estudiante y realizando actividades experimentales para llevar al aula de clase como profesor.

En segundo lugar, se describen investigaciones relacionadas a los niveles de indagación de las actividades experimentales, algunas enfocadas netamente a explicar cómo llevar las actividades mediante ejemplificaciones de actividades experimentales y otras investigaciones detallando el programa de capacitación donde se trabaja con los profesores en los diferentes niveles de indagación.

En tercer lugar, se hace mención a investigaciones que describen la importancia de una preparación adecuada en el contenido conceptual por parte de los profesores para poder implementar actividades experimentales en el aula de clase.

En cuarto lugar, se relevaron estudios que describen las actividades experimentales propuestas en los libros de texto, considerando que constituyen un importante punto de partida para el trabajo docente.

Por último, se realiza una síntesis de las investigaciones relacionadas con la evaluación de las habilidades de proceso científico que se llevan al aula de clase para el nivel secundario.

A continuación, se detallan las investigaciones de acuerdo a la categorización explicada:

2.2. Programas de formación de profesores en habilidades de proceso científico y elaboración de actividades experimentales con indagación

En esta sección se hará una revisión de aquellos artículos en los cuales se investiga acerca de los programas de formación de profesores. Para facilitar la lectura se han agrupado en los siguientes temas:

Programas que involucran la participación de los profesores en experiencias de investigación científica junto con científicos profesionales, básicamente el profesor se sumerge en la investigación científica, obteniendo experiencias como un verdadero científico; el impacto más relevante que describen los autores es el cambio producido en los profesores en la comprensión de lo que significa hacer ciencia.

Programas de formación docente basados en la investigación con científicos en los que los profesores deben elaborar propuestas de actividades para el aula al término de la capacitación, en algunos casos los profesores llevan la actividad al aula de clases y en otros casos no. El impacto de realizar las actividades experimentales es positivo en todos los profesores ya que se sienten más seguros de dirigir una actividad experimental en sus aulas de clases, aunque algunos opinen que no es totalmente el método más efectivo para enseñar ciencia debido a las limitaciones del alumno.

Programas de formación basados en la realización de actividades experimentales como alumnos y como profesores. Las investigaciones describen los cambios en la forma de hacer ciencia después de un programa de capacitación donde aprenden sobre las actividades experimentales como alumnos llevándolas a cabo ellos mismos, para luego diseñar sus propias actividades para llevar al aula de clase en el rol de profesor.

A continuación, se detallará cada uno de ellos.

2.2.1. Programas que involucran la participación de los profesores en experiencias de investigación científica junto con científicos profesionales.

En esta sección se hará una recopilación de investigaciones sobre diversos programas de capacitación para profesores en formación y en ejercicio que no han tenido una experiencia previa en realizar investigaciones, durante el desarrollo del programa asumen el rol de científicos, cuentan con el asesoramiento de verdaderos científicos y trabajan en grupo con sus compañeros de curso.

Shapiro (1996) realizó un estudio durante un curso de pregrado para profesores, y encontró que la gran mayoría no había realizado investigaciones científicas, más del 90.0% de los profesores indicaron que antes de la asignatura no habían experimentado la ciencia como investigación en cualquiera de sus clases, ya sea en la escuela primaria o secundaria. A lo largo del curso, se les solicitó a los profesores elaborar su propia investigación, formular las preguntas de la misma y los diseños experimentales e intercambiar opiniones con sus compañeros recibiendo un constante asesoramiento por parte de científicos, el autor

documentó las situaciones antes, durante y después del curso. El hecho de que los futuros profesores trabajaran en perfeccionar sus diseños experimentales les permitió trabajar con la cara de la ciencia como proceso, dándoles una nueva perspectiva que luego se puede llevar al aula de clase.

Shapiro se centra en determinar las razones de los cambios como resultado de una experiencia con una investigación junto a otra persona, en el pensamiento de un profesor acerca de lo que significa la investigación en la ciencia. Algunos de los cambios importantes que determina el autor son: los cambios en las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia y los procedimientos de investigación en ciencias, los cambios en el pensamiento acerca de lo que es la ciencia y la importancia que tiene el establecer una hipótesis, y la determinación de las variables y factores que afectan el resultado de un estudio. Estos cambios se identifican a través constantes conversaciones con el profesor elegido, sin embargo, no se presentan resultados cuantitativos que den una idea general de la situación en cada cambio.

Warren y Ogonowski (1998) describen la experiencia de una profesora de quinto grado que lleva a cabo una investigación de varios meses sobre ecología en un estanque local. La profesora describe diferentes episodios como parte de su experiencia en la investigación científica. El análisis de su propia experiencia de aprendizaje le permitió comprender aspectos de cómo trabaja un científico, se da cuenta que el realizar actividades que involucren investigación la llevaban a comprender mejor la ciencia, a través de la discusión con sus compañeros, de la realización de las medidas, la validación, el análisis e interpretación de las mismas, además comprende la importancia del contenido conceptual involucrado en la investigación. El asumir el rol de estudiante, le da otra perspectiva para llevar al aula de clase las experiencias de investigación.

El estudio de Gilmer (1999) se desarrolló en el marco de un programa de doctorado en educación científica. Se trabajó con cinco profesores de secundaria y dos de primaria. Los profesores experimentaron la investigación en el mundo real centrándose en temas medioambientales, participaron en la elaboración de preguntas, en el análisis de los datos, en la planificación de las pruebas y en la comunicación de los resultados, junto a científicos e ingenieros. Los profesores comparten sus experiencias en investigación y discuten cómo estas experiencias han influenciado en sus creencias sobre la ciencia.

Los resultados de la investigación de Gilmer dan cuenta de los beneficios que aporta que los profesores puedan tener una experiencia de investigación, tales como: construir una nueva comprensión de los procesos de la ciencia a través de una investigación científica

auténtica, que el profesor empiece a pensar diferente acerca de la investigación científica y se plantea como podría utilizarla a su vez para enseñar ciencia. Así se muestra el ejemplo de una participante del programa de doctorado, quién se sumerge en las ciencias del mar, la enseñanza y la investigación durante el día y la lectura de artículos de revistas hasta altas horas de la noche, replicando de esta manera lo que haría un científico.

Por su parte, la investigación de Radford y Ramsey (1996) tuvo por escenario el programa de Capacitación en Servicio, Proyecto LIFE (*Project LIFE, Laboratory Investigations and Field Experiences*), con investigaciones de laboratorio y experiencias de campo con los que trataron de introducir a los profesores de los cursos de ciencias de la vida de los grados intermedios a la reforma de la enseñanza de la ciencia y equiparlos con los conocimientos, las habilidades y la confianza para cambiar la forma en que estaban enseñando. Trabajaron con una muestra de cerca de noventa profesores de diversos grados, los cuales tuvieron el asesoramiento de científicos, profesores, químicos, biólogos cuando trabajaron en las actividades de investigación. Los resultados obtenidos fueron comparados con los de un grupo de profesores que no había recibido la capacitación. Como resultado de la investigación se muestra el análisis de las pruebas estadísticas de varianza que revelaron diferencias estadísticamente significativas, en ambas habilidades del proceso científico y actitudes científicas, a favor de los estudiantes del programa en comparación con los profesores que no participaron en el programa.

Los profesores del programa LIFE actuaron como científicos, formulando hipótesis, diseñando experimentos, registrando y analizando resultados. Los resultados muestran que esta experiencia les ayudó a comprender cómo trabajan los científicos, lo que les permite diseñar mejor sus actividades con indagación que llevan al aula. Los profesores mencionaron que están llevando a cabo más experimentos, que la ciencia es más divertida, y que están aprendiendo más ciencia. También indicaron que, a través de las actividades de formación del programa, han logrado aprender mucho más contenidos de la ciencia y ganar confianza en la enseñanza a sus estudiantes a través de la ciencia basada en la investigación. Radford y Ramsey creen firmemente que, para enseñar la ciencia basada en la investigación, los profesores deben primero experimentarlo, participar en programas con un modelo del tipo de la investigación científica que sea apropiado para ser aplicado en sus aulas.

A manera de resumen se puede decir que la experiencia de participar en programas en los cuales los profesores tienen la posibilidad de participar en verdaderas investigaciones guiados por científicos y actuando como científicos, les permite descubrir aspectos de la

naturaleza de la ciencia que desconocían, lo cual les ayuda a comprender cómo la investigación científica puede ser llevada al aula de clase.

En lugar de enseñar la ciencia de manera abstracta, los profesores con experiencias en investigación, pueden ofrecer oportunidades a sus estudiantes para participar en actividades científicas, tales como aquellas en las que participaron. De acuerdo a lo mencionado en los estudios descritos previamente, uno de los beneficios principales es que los profesores tuvieron oportunidades para llevar experiencias similares a sus estudiantes y observar efectos beneficiosos en sus alumnos, por lo tanto, los profesores no son los únicos en beneficiarse y aprender de estas experiencias. Los profesores pueden entender mejor por qué y cómo la investigación científica se puede integrar en su propio plan de estudios y en el aula.

2.2.2. Programas de formación docente basados en la investigación con científicos en los que los profesores deben elaborar actividades para el aula.

En esta sección se realizará una revisión de aquellas investigaciones en las cuales los profesores después de haber participado en un programa de capacitación con investigadores profesionales entorno a un tema en particular deben diseñar actividades para llevar al aula de clase, en algunos casos los profesores implementan las actividades con los alumnos y en otros casos no.

Blanchard, Southerland y Granger (2008) describen la experiencia realizada con cuatro profesores de ciencias de secundaria, quienes realizaron experiencias de investigación, denominadas RETs (*Research Experiences for Teachers*), sobre ecología marina con el título MET (*Marine Ecology for Teachers*), durante seis semanas, contaron con el asesoramiento de dos científicos y de dos magísteres en pedagogía. Posteriormente, se analizó cómo trasladaban las experiencias al aula de clase. Los profesores dedicaron tiempo para formular y reformular las preguntas que se hacían acerca de lo que habían observado en el pantano, esto lo hacían primero en grupo y luego con la ayuda de expertos, hasta que la pregunta se podía considerar investigable, esto les sirvió para analizar la gran variedad de preguntas que se podían formular. También pusieron a prueba sus diseños experimentales para probar sus hipótesis, contando con la ayuda de expertos que les orientaron a determinar cuáles eran los métodos más apropiados y cuáles las estrategias a seguir para elegir el diseño experimental más adecuado. Al ser un aspecto nuevo para los profesores la ayuda recibida les sirvió para mejorar sus propuestas y para comprender los aspectos de la investigación

científica. Los profesores que estaban más familiarizados con las características esenciales de la investigación, las técnicas y métodos de enseñanza y aprendizaje tuvieron más facilidad para comprender la investigación.

Los resultados muestran que es importante considerar la combinación de tres aspectos en la formación de profesores: (a) el dominio de la teoría, (b) la reflexión sobre la investigación y la manera de llevarla al aula de clase y (c) la práctica de la investigación para lograr el desarrollo profesional de los profesores.

Jeanpierre, Oberhauser y Freeman (2005) analizaron el impacto de un programa de desarrollo profesional de dos semanas de duración, centrado en la investigación sobre la mariposa Monarca, el cual fue diseñado para promover que los veinte profesores participantes usaran prácticas basadas en la investigación en sus aulas. Para ello, se generó una comunidad de aprendizaje formada por profesores, científicos y estudiantes propiciando la comunicación entre ellos. Los profesores tuvieron muchas oportunidades de realizar prácticas de investigación y de experimentar ellos mismos con sus estudiantes el aprendizaje que se logra, lo cual les permite contar con orientaciones acerca de cómo llevar las actividades con investigación al aula de clase.

Los resultados muestran que el permitir que los profesores trabajen arduamente en actividades relacionadas con la investigación, genera que luego planteen actividades más abiertas en sus aulas de clase, sienten más confianza luego de tener experiencias de investigación científica, así lo expresa uno de los participantes "Como ya he construido mi base de conocimientos sobre la forma en que los estudiantes hacen investigaciones, me he vuelto más confiado. He sido capaz de hacer que los estudiantes hagan experimentos con muchos temas en biología y ciencias ambientales" (p. 677). Los resultados muestran que es de vital importancia la experiencia en indagación que tenga el profesor para poder realizar actividades experimentales en el aula de clase.

Lustick (2009) puso en práctica una experiencia con quince candidatos a maestros de ciencia de secundaria a los cuales se les brindó una experiencia de investigación real. El objetivo de este proyecto era ayudar a que los candidatos a maestros adquirieran las habilidades, conocimientos y disposiciones necesarias para fomentar el aprendizaje a través de indagación en sus respectivas áreas de contenido. Tuvieron que realizar las preguntas a desarrollar, el procedimiento a seguir, los datos a recabar, la elaboración de un informe con las conclusiones. Uno de los resultados muestra la factibilidad de hacer investigación en el aula de clase y con materiales de bajo costo. Los candidatos a profesor indicaron que la

investigación científica debe ser parte de la experiencia de aprendizaje en el aula de secundaria y ninguno cree que la investigación se logra a través de laboratorios tradicionales de estilo de recetas de cocina sino con experiencias dentro del aula de clase, mediante la experiencia se les demostró a los profesores que pueden realizar actividades con recursos fácilmente disponibles, que la investigación no debe ser cara y puede realizarse incluso en un patio.

Sin embargo, los datos cuantitativos muestran que los candidatos a profesor aún no creen que la investigación sea el método más efectivo para enseñar ciencia, y es mediante un análisis cualitativo que el autor explica las razones, algunas de ellas son que no creen que sea adecuado la indagación para enseñar material completamente nuevo, demanda más tiempo y no tienen la certeza si lograrán los objetivos de la enseñanza. En palabras de una participante "Me preocupa que los estudiantes se sientan frustrados al tener que resolver un problema sin ninguna dirección u orientación. Ciertamente, la ciencia es explicar y entender las cosas, pero hay que mostrarles el camino" (p. 595)

Por su parte, la investigación de Windschitl (2002) consistió en observar a seis futuros profesores de secundaria, los cuales desarrollaron un proyecto de investigación durante dos meses y luego lo pusieron en práctica en el aula de clase. Se encontró que había una relación entre la concepción sobre investigación que estos tenían y la forma en que desarrollaron la misma en el aula de clase. Asimismo se encontró que esta concepción sobre la investigación está fuertemente relacionada con la experiencia profesional, es así que la investigación muestra que los participantes que finalmente utilizan actividades experimentales con indagación guiada y abierta durante su enseñanza a los estudiantes no eran los que tenían más auténticos puntos de vista sobre la indagación o reflejaban más profundamente acerca de sus propios proyectos de investigación, sino que eran personas que tenían un grado académico significativo o experiencias profesionales significativas con investigaciones auténticas en ciencias.

De los casos presentados por Windschitl se encuentra que dos de los profesores, -los cuales no poseían experiencia- no utilizaron indagación en ninguna forma en sus aulas de clase. Uno de ellos, a pesar que el profesor con el cual cooperaba en clase utilizaba indagación guiada, cuando fue su turno de enseñar se limitó a hacer ejercicios de confirmación sin crear ningún escenario de indagación, incluso estos ejercicios de confirmación fueron aislados y los conocimientos adquiridos no estaban conectados a las ideas científicas más grandes. Por otro lado, uno de los profesores participantes con amplia

experiencia en investigaciones científicas, asignado como asistente de un profesor que utilizaba principalmente laboratorios de tipo confirmatorios y la enseñanza estaba centrada en el profesor, cuando fue su turno optó por introducir situaciones de indagación guiada a los alumnos en clase, permitiéndoles observar, predecir, desarrollar su propio procedimiento y obtener conclusiones respecto a las preguntas investigables planteadas por él, por tanto le permitió al alumno desarrollar habilidades científicas. El autor asevera de manera cualitativa la relación entre el nivel de indagación utilizado en clase con la experiencia que posee el profesor participante.

2.2.3. Programas de formación basados en la realización de actividades experimentales en las que los profesores asumen un doble rol: como alumnos y como profesores.

En esta sección se describen algunos trabajos de investigación los cuales muestran que la percepción que tienen los profesores sobre la enseñanza por indagación puede cambiar cuando se ven involucrados en un programa de formación en el cual deben asumir un doble rol: como alumnos y como profesores.

Kang, Bianchini y Kelly (2013) diseñaron una investigación para ocho participantes del programa de formación docente, los cuales deberían asumir dos roles: como estudiantes del programa, en el que tenían que diseñar una investigación sobre toxicología, y como profesores, donde debían diseñar una investigación para aplicarla a sus alumnos. Los futuros profesores participantes tuvieron la oportunidad de leer artículos de investigación y realizar actividades de investigación cortas durante el desarrollo de las sesiones de clase. También se les invitó a reflexionar sobre las maneras de llevar a cabo las investigaciones en el aula de clase para favorecer el aprendizaje de los alumnos. Otro aspecto a resaltar es que se propició el trabajo colaborativo. Los participantes en pares elaboraron actividades para ponerlas en práctica en el aula de clase. Sus resultados muestran la importancia de analizar desde la perspectiva de profesor y de alumno las actividades de indagación, con el objeto de evaluar los cambios que se pueden realizar en las mismas para mejorar el aprendizaje de los alumnos.

Un claro ejemplo es la percepción de la enseñanza por indagación, como menciona uno de los participantes la idea que tenía antes de recibir el programa era que los alumnos debían salir a campo para poder experimentar y esto era muy complicado ya que implicaría estar todo el día fuera del colegio, sin embargo, al participar como alumno dentro del programa y

trabajar en el diseño del plan de clase, comenzó a entender sobre cómo la investigación podría llevarse a cabo utilizando herramientas accesibles en una aula de clases. Esta investigación muestra el éxito de hacer que el profesor asuma dos roles dentro del programa, sin embargo, no se analizan a profundidad las actividades llevadas al salón de clases por los profesores.

Lotter, Harwood y Bonner (2007), en su investigación analizan las concepciones y estrategias de enseñanza de tres profesores en un programa de desarrollo profesional. Dicho programa consistió en asistir dos semanas a un instituto en el verano y participar en tres talleres a lo largo del año académico. Durante su trabajo en el instituto, participaron en talleres, en los cuales revisaron las características principales de la enseñanza por indagación y también asistieron a clases modelo, una de las cuales fue impartida por un biólogo molecular quien centró la clase en resolver una situación problemática: mostraba dos panes diferentes y les pedía a los profesores encontrar la razón de ello, los profesores trabajaron en grupo para determinar qué información conocían y qué les hacía falta para resolver la situación planteada. También se analizaron cómo los laboratorios tradicionales se podían transformar para realizar indagación en el aula de clase y cómo al hacerlo se debían tomar en cuenta los estándares propuestos por la NRC. Asimismo, los profesores participaron en investigaciones realizadas en laboratorios, elaborando el diseño experimental y las tablas para recoger los datos. Por limitación de tiempo no pudieron diseñar de manera individual actividades para proponer en su aula de clase, pero sí intercambiaron ideas de cómo las actividades que habían desarrollado podían usarse en su aula de clase. La formación de los profesores se vio complementada con la lectura de materiales adecuados para la enseñanza por indagación. Durante los talleres realizados durante el año académico, los profesores tuvieron la oportunidad de participar en actividades de investigación estructuradas de acuerdo a los lineamientos de la NRC (2000) y reflexionan si se cumplen dichas características en las actividades que desarrollan. El estudio realizado por los autores antes mencionados revela que hay cuatro factores que inciden en el hecho de que los profesores lleven la indagación a su aula de clase: las concepciones que tienen sobre la ciencia, el conocimiento de las debilidades y fortalezas de sus alumnos, las prácticas efectivas de la enseñanza y por último el propósito de la educación. De otra parte, los autores también encuentran que el hecho de que los profesores hayan observado las sesiones de clase de sus compañeros, asumiendo el rol de alumnos y luego exponiendo delante de sus compañeros

asumiendo el rol de profesor, favoreció que ganaran confianza y seguridad para llevar la indagación a su aula de clase.

Windschitl, en el 2004, con otra investigación describe la experiencia recabada para analizar la relación que había entre las experiencias iniciales de los docentes, su formación profesional y cómo llevaban a cabo las actividades experimentales en el aula. El contexto fue un curso donde participaron cerca de catorce futuros profesores de ciencia de secundaria que realizaron sus propias investigaciones, además tuvieron que plantear sus propias preguntas, llevar a cabo su investigación y exponer sus resultados ante los demás participantes. Uno de sus resultados muestra que los participantes que finalmente utilizan la investigación en sus propias clases son los que han tenido experiencias de investigación significativas en sus carreras o estudios superiores y manejan un mayor contenido teórico de la ciencia. El autor menciona que a las personas con poca experiencia se les hace difícil utilizar la investigación en sus propias clases, existiendo claramente algunas diferencias entre los que tenían experiencia previa en investigación y los que tenían poco o ninguna.

Si bien Windschitl da luces de la importancia de la experiencia profesional en investigaciones científicas, lo hace con casos puntuales de manera cualitativa ahondando en las experiencias de los participantes, sin mostrar resultados a escala cuantitativa que apoye conclusiones generales.

Estas investigaciones dan cuenta de la importancia que tiene para un profesor contar con un espacio de reflexión en el cual asuma el papel de alumno para luego plantear las actividades que llevará al aula de clase.

Dentro de este tipo de programas, algunos investigadores han considerado especialmente el trabajo con distintos niveles de indagación.

2.3. Propuestas de actividades experimentales de diferentes niveles de indagación

A continuación, se describen una serie de trabajos de investigación en los que se muestran actividades experimentales de diferentes niveles de indagación para llevar al aula de clase ya sea a manera de modelo como una guía para el profesor, así como también dentro de un programa de capacitación, donde se toma en cuenta la necesidad de elaborar secuencias de actividades con distintos niveles de indagación, de tal manera que puedan llevarse al aula de clase de manera secuencial o de acuerdo a la necesidad de los alumnos.

Eick et al. (2005) muestran diversos ejemplos (principio de Bernoulli, conducción del calor, introducción a las leyes de los gases), para desarrollar actividades experimentales de

varios niveles de indagación y su relación con las características fundamentales de las clases propuestas en la NRC (2000). El autor menciona que los maestros que están considerando la indagación como método de enseñanza por primera vez, deben aplicar las variaciones de la indagación gradualmente, dependiendo de las necesidades y el nivel de sus estudiantes. El estudio solo presenta los niveles y algunos ejemplos sin realizar ningún análisis respecto a los niveles ni las actividades en cada nivel.

Wenning (2005) incluye en su trabajo una secuencia de actividades de distintos niveles de indagación sobre la flotación de los cuerpos. Su objetivo es presentar una jerarquía en las prácticas de enseñanza y los procesos intelectuales con el fin de ayudar mediante ejemplos a los profesores de ciencias, formadores de profesores de ciencia y escritores del plan de estudios de programas de ciencias, sin embargo, en esta investigación solo se muestra el diseño de la actividad y cómo se va llevando a cabo mediante ejemplificaciones. No se realiza la capacitación ni se evalúa el impacto de las actividades de diferentes niveles en los participantes.

El mismo autor en uno de sus artículos del 2011, incluye un apéndice en el cual se muestra una secuencia de actividades con distintos niveles de indagación sobre diversos contenidos de física: péndulo, trabajo y energía, oscilación del péndulo, rozamiento, movimiento circular. Los niveles sugeridos por el autor son: aprendizaje por descubrimiento, demostraciones interactivas, clases de indagación, laboratorios de indagación, e indagación hipotética, mencionando que el profesor mediante el tratamiento sistemático de estos diferentes niveles de investigación ayudaría a los estudiantes a desarrollar una gama más amplia de habilidades del proceso intelectual y científico. Detalla los pasos en cada nivel y como un tema puede ser tratado. Su estudio brinda otra manera de clasificar los niveles de indagación, así como buenos ejemplos de cómo llevar la actividad, no se analiza los efectos en el estudiante ni los resultados de las actividades (Wenning, 2011).

Banchi y Bell (2008) desarrollan una serie de propuestas para llevar al aula de clase. En una de ellas abordan el tema de la densidad mostrando cómo trabajarlo en el aula de tres maneras diferentes, secuenciando las actividades en diferentes niveles de indagación: indagación estructurada, indagación guiada e indagación abierta.

Como resultado de la actividad en indagación estructurada, donde se le proporciona al estudiante la pregunta y el procedimiento a seguir, se descubre que los estudiantes fueron capaces de explorar los conceptos específicos.

En el nivel guiado, donde la investigación fue facilitada a toda la clase con un sistema experimental, si bien cada estudiante no obtuvo de forma individual la manipulación de las variables, la dirección de la investigación incluido el procedimiento y análisis de datos fueron dirigidas por los estudiantes colectivamente.

En el nivel abierto, para que los estudiantes lleven a cabo sus investigaciones tienen que incluir su pregunta, una predicción y un plan detallado de cómo ellos van a llevar a cabo su investigación, así como una tabla de datos si es necesario. Los resultados en este nivel muestran que los estudiantes hacen la actividad de manera eficiente y con entusiasmo, sus explicaciones reflejan un razonamiento lógico y son apoyados por la evidencia que han recogido. Pero el autor hace alusión que es un proceso llegar a este nivel, ya que si no han pasado por los anteriores niveles no se obtendrían los mismos resultados. Además, acota que mientras los estudiantes no se encuentren en un callejón sin salida en sus investigaciones, todo el tiempo aprenden de la naturaleza de la investigación científica y la manera de resolver problemas.

Los autores mencionan que a medida que los estudiantes experimentan los múltiples niveles de indagación, van a desarrollando las habilidades y la comprensión de la investigación científica. Los estudiantes necesitan experimentar la ciencia a través de la experiencia directa, practicar de manera consistente las habilidades de investigación y la búsqueda de una comprensión más profunda del contenido de la ciencia a través de sus investigaciones. El logro de estos objetivos es factible una vez que se pueda identificar el nivel de la indagación los materiales curriculares de la ciencia, y que se revise cuando es necesario proporcionar a los estudiantes un rango de complejidad en sus experiencias de investigación.

Wheeler y Bell (2012), por su parte, explican cómo se puede llevar a cabo una actividad de indagación abierta sobre el tema de la reactividad de los metales en el aula de clase y proporcionan ejemplos de diferentes actividades de química distribuidas en niveles de indagación diferentes. El estudio se basa solo en el diseño curricular, incluyendo cómo se puede modificar las investigaciones sobre otros niveles de indagación para satisfacer las necesidades de los estudiantes. Sin embargo, no se analiza la efectividad de la actividad, así como los resultados obtenidos en los estudiantes con estas estrategias.

Kluger-Bell (2000) propone una secuencia de actividades para capacitar a profesores. En su propuesta, detalla la experiencia de trabajo en tres niveles diferentes de indagación: guiada, como un desafío y abierta, basada en la formación de espuma de un detergente, todas

las actividades se realizaron en pares. La actividad no sólo da la información de cómo utilizar mejor los diferentes niveles, sino que también les proporciona algunas ideas sobre los efectos que dichos niveles tienen en el aprendizaje de los alumnos.

Los resultados muestran que en el nivel en el que se les proporciona una guía estructurada, los participantes centran su discusión en como completar la tarea asignada siguiendo las instrucciones y completando la hoja de trabajo que les ha entregado el profesor, no hay mucho diálogo entre los pares y al finalizar todos los equipos han realizado la misma experiencia. El autor menciona que este nivel de actividad puede ser justo lo necesario cuando se desea ilustrar un hecho particular o enseñar una habilidad específica.

Por otro lado, en la actividad denominada desafío por Kluger-Bell, dado que solo se les brinda a los participantes el objetivo y que ellos mismos deben encontrar el método, se puede observar que hay mayor interés y predisposición al desarrollar la actividad, intentado de diferentes maneras lograr el objetivo pedido, reflexionando en cada intento fallido y obteniendo gran satisfacción al conseguir la meta. Un comentario puntual de un participante que no logró el reto respecto a la ciencia: “Yo nunca podría hacer ciencia de todos modos” (p. 42), a lo que el profesor indica que la ciencia consiste en aprender mediante la interacción directa con los materiales y fenómenos, no sólo del éxito del experimento. El autor afirma que este nivel de actividad es una buena manera de involucrar a los estudiantes al principio de una unidad, o que puede ser útil para evaluar la capacidad de aprendizaje de los alumnos al final de una unidad.

Por su parte, Kluger-Bell menciona que el profesor anima en un principio a los participantes a discutir ideas sobre el tema planteado en la actividad con indagación abierta; luego como el profesor solo les brinda materiales primarios y secundarios sin explicarles qué deben hacer, cada grupo va encontrando su propio camino de investigación ya que los participantes van utilizando diferentes materiales y obteniendo diferentes hallazgos, al finalizar comparten la información entre los grupos. El profesor cumple un papel de facilitador y ayuda. Kluger-Bell indica que la indagación abierta puede utilizarse cuando los estudiantes están familiarizados con el trabajo práctico y han aprendido a ser autónomos.

Kluger-Bell comenta que todas las actividades implican un cierto grado de práctica de indagación, siendo el nivel abierto el de mayor grado y el guiado el de menor grado. Asimismo, una señal importante de indagación es el nivel de control que los estudiantes tienen en los diversos aspectos de la experiencia del aprendizaje, control en la pregunta investigable, en el diseño de la investigación y quién decide si es una respuesta aceptable.

El punto de partida y de llegada también lo dicta el nivel de indagación, así como la discusión que se genera ante las actividades, el uso de los materiales y el papel que tiene el profesor.

Si bien el trabajo realizado por Kluger-Bell, detalla la manera cómo se lleva cada actividad en cada nivel de indagación y los resultados en ese momento, el autor participa como espectador sin entrar en más detalle, por tanto, no se logra medir en los participantes el impacto real de las actividades a diferentes niveles.

Los estudios anteriores son importantes en el sentido que muestran un punto de partida interesante para los profesores que empiezan a llevar la indagación en el aula de clase, si bien es cierto en su conjunto proporcionan un buen abanico de posibilidades de actividades no detallan cómo los profesores pueden incorporar estos cambios a otras actividades, las limitaciones y los retos que deben asumir para hacerlo pues solo muestran ejemplos, el diseño, cómo se llevó a cabo y los resultados de las actividades en ese momento sin ahondar en un estudio cualitativo o cuantitativo del impacto sustancial de estas actividades en los participantes. En su mayoría se relata el ambiente de trabajo y las reacciones de los participantes ante la actividad dada, pero no se evalúan a los participantes para saber si lograron el nivel de indagación requerido.

2.4. Necesidad de la preparación del profesor para la implementación de actividades con indagación en el aula de clase

Algunas investigaciones resaltan la importancia de una preparación adecuada de los profesores en el contenido conceptual como un requisito importante para implementar las actividades con indagación en el aula de clase, a continuación se describirán algunas de ellos.

McDermott, Shaffer y Constantinou (2000) proponen un curso para formar profesores donde detallan la manera de diseñar una actividad sobre circuitos eléctricos; se trabaja el tema de los circuitos eléctricos como una ilustración y también como una indagación guiada para comparar resultados respecto al entendimiento del tema. En sus resultados reconoce la importancia de que los profesores estén preparados tanto en el contenido conceptual como en la metodología de enseñanza para lograr afrontar el reto de adaptar su enseñanza con el nivel de sus estudiantes. Asimismo, encuentran que los profesores sienten más seguridad cuando logran una comprensión conceptual del contenido de la ciencia que se espera que enseñen, aumentando en gran medida la confianza en su capacidad para hacer frente a situaciones inesperadas en el aula. A pesar que el estudio detalla la actividad, solo describe

la ayuda de un solo nivel de indagación y como la información en guías para los maestros es por lo general insuficiente.

Khan (2009) desarrolla, en una escuela de Pakistán, actividades de indagación sobre el calor y la temperatura con 30 estudiantes de noveno grado. Sus estudios demuestran que dichas actividades pueden favorecer que los estudiantes adquieran los contenidos conceptuales sobre el calor y la temperatura. Analiza los retos que supone realizar una actividad de indagación, tales como las ideas abstractas mediante la indagación, la cobertura del plan de estudios mediante la enseñanza por indagación, la diversidad de los estudiantes en el aula, el tiempo, los recursos y la gestión del aula y principalmente la motivación de los estudiantes hacia la enseñanza de la investigación.

El estudio de Khan reveló que existían factores que facilitaron la enseñanza y ayudaron a afrontar los retos identificados, sin embargo, se identificó que había una fuerte relación entre la preparación de las actividades prácticas, la propia comprensión en profundidad de los conocimientos de contenidos por parte del profesor, y la comprensión del plan de estudios. El estudio presenta resultados de las actividades y el análisis de los factores, sin embargo, no analiza el impacto de las actividades o mide la adquisición de los contenidos conceptuales.

Estos estudios muestran que es importante que los profesores estén preparados tanto en el contenido conceptual como en la metodología de enseñanza, teniendo una comprensión profunda de los conocimientos a impartir. Por tanto, es importante visualizar el panorama respecto al contenido que tienen los libros de texto para la enseñanza de las ciencias y la manera que plantean las actividades experimentales ya que son base para los profesores.

2.5. Los libros de texto para la enseñanza de las ciencias

2.5.1. Las actividades experimentales propuestas en los libros de texto.

Se ha considerado importante hacer una revisión de las investigaciones que se han realizado de los libros de texto utilizados en la enseñanza de las ciencias, especialmente en el tipo de actividades experimentales que plantean. Las razones que nos llevaron a realizar esta revisión se señalan a continuación: el uso del libro de texto en las clases de ciencias está muy extendido en las aulas (Valladares, De Dios, & Perales, 2001), muchas veces es utilizado por los profesores como un recurso didáctico primordial (Calvo & Martín, 2005), en la planificación de actividades de aprendizaje (Duarte, 1999) y para la preparación de las clases (Aslan, 2015). Algunos autores han clasificado las diversas actividades que incluyen

los libros de texto en categorías. En esta línea, Pardo (2004) clasifica las diversas actividades en cinco categorías entre las que se encuentran las actividades experimentales. Un estudio realizado por Leite (2006) encontró que el libro de texto es empleado como una guía para seleccionar las actividades experimentales que llevan al aula de clase.

Algunos investigadores han realizado estudios sobre los recursos utilizados para enseñar ciencias en varios lugares del mundo, en diferentes contextos y etapas educativas, poniendo el foco de atención en los tipos de actividades experimentales y los niveles de indagación propuestos tanto en los libros de texto como en las sesiones de clase, a continuación, señalamos algunas de ellas.

En esta línea, Tamir y García (1992), utilizando la rúbrica propuesta por Herron (1971), realizaron un análisis de las actividades experimentales propuestas en los libros de texto de secundaria de Cataluña, encontrando que más del 90.0% de los trabajos prácticos de los libros de texto eran de nivel 0 o confirmatorio.

Asimismo, Fernández y Catalán (2001) analizaron los 30 libros de Biología y Geología más utilizados correspondientes al primer y segundo ciclo de la Secundaria Obligatoria y Bachillerato de España, revisando un total de 166 prácticas de laboratorio. Sus resultados muestran que las prácticas están formuladas de tal manera que no muestran la naturaleza de la ciencia.

Análogamente, Figueiroa (2003) a partir del análisis realizado de 12 manuales de laboratorio y de las entrevistas con 11 autores de los mismos, tomando en cuenta los criterios propuestos por Leite (2001), concluyó que la mayor parte de actividades experimentales propuestas eran de naturaleza confirmatoria, de verificación o de ilustración de la teoría, existiendo muy pocas investigaciones. En las actividades analizadas, no se propicia que los alumnos planteen hipótesis o elaboren su diseño experimental. En cuanto al nivel de indagación propuesto, se considera que es bajo correspondiendo en su mayoría a un nivel de indagación estructurado.

Asimismo, Fay et al. (2007) aplicaron su propia rúbrica en manuales universitarios encontrando que el 65.0% de las actividades estaban centradas en los niveles 0 y 1, es decir, confirmatorio y de indagación estructurada. De igual manera, Buck et al. (2008) encontraron que más del 90.0% se hallaba distribuida entre confirmatorio y de indagación estructurada. En Argentina, Mordeglia, Cordero y Dumrauf (2006) revisaron 14 libros de texto de los cursos de Física, Geología, Biología, Físico-química y Química utilizados en el tercer ciclo

de la EGB. En cuanto a los temas conceptuales trabajados, los tipos de actividades propuestas y el nivel de indagación propuesto, sus resultados muestran que predominan las actividades que corresponden al nivel de indagación estructurado. Asimismo, Kim y Liu (2012) analizaron 4 libros de texto utilizados para enseñar ciencias en China y en Corea y concluyeron que las actividades experimentales estaban propuestas en el nivel 1 y 2 de indagación de acuerdo con la rúbrica de Bell, Smetana y Binns (2005).

Por otra parte, López y Guerra (2013), tomando en cuenta las categorías propuestas por García y Martínez (2003), revisaron un total de 66 actividades de aprendizaje propuestas en dos libros de Ciencias Naturales de quinto y sexto grado (los dos últimos de primaria) utilizados en México, encontrando que el número de actividades que promueven la indagación es mínima y que las habilidades científicas que más predominan son la observación y la interpretación.

Asimismo, Crisafulli y Villalba (2013) analizaron una sesión de Física que fue aplicada en alumnos de último año de secundaria en Venezuela. Su investigación muestra que el trabajo práctico realizado se puede considerar dentro de un enfoque tradicional, con el objetivo de ilustrar y verificar un determinado fenómeno.

A su vez, Dunne, Mahdi y O'Reilly (2013) revisaron varios libros de texto utilizados en Irlanda concluyendo que cuentan con actividades que pueden adaptarse para hacer indagación, pero que ello dependerá principalmente de la formación del profesor.

Por su parte, Fernández (2014) hizo una revisión de 23 libros de texto utilizados para la enseñanza de la biología en los tres primeros años de secundaria de la ciudad de Ushuaia (Argentina). La investigación abarcó 156 actividades de laboratorio y su análisis se focalizó en los temas planteados y el nivel de indagación propuesto. Hallaron que el nivel predominante era el estructurado, dando especial importancia al procedimiento a seguir y en algunos casos mostrando al estudiante los resultados que obtendrá.

Chabalengula y Mumba (2012) analizaron 6 libros de texto de Física y Biología utilizados en Zambia. Los resultados evidencian que las actividades estaban propuestas en nivel confirmatorio y estructurado.

A su vez, Aldahmash, Mansour, Alshamrani y Almohi (2016) hicieron el análisis de 12 libros de texto y 12 cuadernos de trabajo utilizados en las escuelas de Arabia Saudita para la enseñanza de la ciencia durante el año 2013. Sus resultados muestran que las actividades propuestas no propician que los estudiantes adquieran las habilidades adecuadas para hacer

investigación, ya que están propuestas de manera que se da prioridad a la búsqueda de evidencias y a la formulación de explicaciones, pero no se promueve la generación de preguntas de parte de los estudiantes, la conexión con los contenidos conceptuales, aspectos importantes a tomarse en cuenta en la indagación científica.

También, en esta línea se debe tener presente que la literatura recoge que muchas de las actividades propuestas en los libros de texto tienen una estructura del tipo “recetas de cocina” (Colburn, 2000, p. 42; Furman & De Podesta, 2009, p. 125) en la que se sigue unas instrucciones para llegar finalmente a un resultado, lo cual significa que están propuestas en un nivel de indagación bajo. De otra parte, los libros de texto presentan actividades experimentales meramente demostrativas (Godoy, Segarra, & Di Mauro, 2014). A veces sin tomar en cuenta otros niveles de indagación (Banchi & Bell, 2008) o el desarrollo de habilidades científicas (Tamir & García, 1992). Aún peor, algunas actividades de los libros de texto se logran resolver con escasos esfuerzos, sin más que volver a releer lo que dice el libro (Perales & Vílchez, 2012).

2.5.2. Evaluación de habilidades de proceso científico en libros de texto utilizados para la enseñanza de las ciencias.

En esta sección se hará un análisis de las investigaciones realizadas por diversos autores que se dedicaron a investigar sobre las habilidades de proceso científico que se promueven en los libros de texto que se utilizan en la enseñanza de las ciencias.

Germann, Haskins y Auls (1996), utilizando la rúbrica propuesta por Tamir y Lunetta (1978), hicieron un estudio descriptivo de las habilidades básicas e integradas que se promueven en nueve manuales de laboratorio utilizados para la enseñanza de la biología en secundaria. Sus hallazgos muestran que raramente en las 90 actividades analizadas se les piden a los estudiantes que utilicen sus conocimientos y experiencia para plantear preguntas, resolver problemas, investigar los fenómenos naturales o construir respuestas o generalizaciones. Además, encontraron que la mayor parte de actividades estaban planteadas como “recetas de cocina”, es decir en un nivel estructurado.

Aziz y Zain (2010) compararon las habilidades del proceso científico incluidos en el contenido de libros de física de los grados 10, 11 y 12 utilizado en las escuelas de Yemen. Sus resultados muestran que la habilidad que más se promueve en los libros es la de la observación. Las habilidades de proceso científico integradas muestran diferentes proporciones de acuerdo al grado, los porcentajes más altos se encuentran en los siguientes

casos: la experimentación presenta el porcentaje más elevado en los libros del décimo grado (41.0%), la interpretación de datos, en el grado undécimo (35.5%) y las definiciones operacionales, en el décimo segundo (46.0%). Tanto la formulación de hipótesis como el control de variables presentan un porcentaje menor al 5.0%.

Zeitoun y Zeina (2015) analizaron las habilidades de proceso científico en los libros de texto de ciencia nacionales usados en el Líbano en los grados 7, 8 y 9, de acuerdo a las materias de física, química y biología. Encontraron que en general se propiciaban en mayor porcentaje las habilidades básicas que las integradas. También hallaron diferencias entre las habilidades de acuerdo a la materia en estudio, así “observar”, “inferir” y “experimentar” son las habilidades más incidentes en la química; “observar”, “inferir”, “predecir” y “experimentar” son los más destacados en la física y “predecir”, “inferir” y “comunicar” son los más destacados en la biología.

Aslan (2015) analizó 653 actividades científicas propuestas en los libros de texto utilizados en Turquía para la enseñanza de las ciencias del 5° al 8° grado. Concluyó que en los libros analizados se encuentran en muy baja proporción las habilidades de formulación de hipótesis, control de variables y diseño de experimentos.

En las investigaciones realizadas por los diversos autores –mencionadas líneas arriba–, se encuentran una serie de coincidencias. Las actividades prácticas del tipo experimentos o experiencias son las que se encuentran en mayor proporción, las actividades investigativas o que favorecen la indagación no se incluyen en los libros de texto analizados. En cuanto a las habilidades que se promueven con dichas actividades, están focalizadas en la observación, no se incluye la elaboración de hipótesis y si se lo hace no se genera un espacio para que los alumnos comprueben sus hipótesis. Raramente en los casos analizados se solicita a los alumnos elaborar el diseño experimental ni tampoco formular la pregunta de investigación. De otra parte, se evidencia que en las actividades experimentales propuestas en su mayoría se incluyen guiones estructurados para que los alumnos los utilicen, lo cual limita las habilidades de proceso científico que pueden ser llevadas al aula de clase.

2.6. Evaluación de habilidades de proceso científico en alumnos de secundaria

En esta sección se hace una revisión de la literatura relacionada con las habilidades de proceso científico que se llevan al aula de clase para el nivel secundario, para lo cual se sintetizan algunos estudios en los que se han analizado las habilidades de proceso científico que tienen los estudiantes. Es importante hacer énfasis y describir las investigaciones

respecto a las habilidades en este nivel, ya que la presente investigación se enmarca en la capacitación de profesores para un nivel secundario.

Diversos autores (Ahmed & Siddiquee, 2013; Akinbobola & Afolabi, 2010; Ongowo & Indoshi, 2013; Öztürk et al., 2010; Rauf, Rasul, Mansor, Othman & Lyndon, 2013; Sukarno et al., 2013) realizaron estudios en diferentes contextos y grados de educación secundaria y primaria, en los cuales determinaron los porcentajes de habilidades básicas e integradas que ponían en juego los estudiantes, encontrando que en la mayoría de casos el mayor porcentaje correspondía a las habilidades de proceso científico básicas y en menor, a las integradas.

Akinbobola y Afolabi (2010) analizaron las habilidades de proceso científico en exámenes prácticos para la obtención del Certificado de Escuela Secundaria Superior de África Occidental (WASSSC) en Nigeria a lo largo de 10 años (1998-2007). Los resultados indicaron un 63.0% de habilidades básicas de proceso científico frente a un 37.0% de habilidades integradas.

Por su parte, Ahmed y Siddiquee (2013) analizaron las habilidades de proceso científico en exámenes teóricos, para obtener el certificado en Biología en la escuela secundaria de Bangladesh (SSCBTE) en un período de 10 años (2002-2012). Sus resultados revelaron un alto porcentaje de dominio de las competencias básicas del proceso científico (74.2%) en comparación con las habilidades integradas (25.8%).

A su vez, Ongowo e Indoshi (2013) también encontraron un alto porcentaje de las competencias básicas del proceso científico (73.7%) en comparación con las habilidades integradas de proceso científico (26.3%) al analizar las habilidades del proceso científico en los exámenes prácticos de Biología en Kenya, para obtener el Certificado de Educación Secundaria (KCSE) durante 10 años (2002-2012).

Sukarno et al. (2013) en un estudio sobre las SPS a cerca de 322 alumnos de octavo grado de 10 escuelas en la ciudad de Jambi en Indonesia, encontraron que las habilidades relacionadas con la inferencia y la predicción son las que más les cuestan a los alumnos, pero que poseen más facilidad en las de observación y clasificación.

Rauf et al. (2013) realizaron un estudio en dos escuelas de Malasia, con 24 alumnos de dos profesores diferentes, para analizar las habilidades de proceso científico que se promovían a lo largo de las sesiones de clase. En su investigación encontraron que las habilidades que más se inculcaban en los alumnos eran la observación, la medición y el uso de los números y la comunicación.

Las investigaciones realizadas muestran que los estudiantes en su mayoría conocen y dominan las habilidades de proceso científico básicas, sin embargo las integradas constituyen un menor porcentaje. Estas investigaciones constituyen un punto de partida interesante ya que dan cuenta de la necesidad de llevar al aula de clase las habilidades de proceso científico integradas y la necesidad de formar a los profesores para que promuevan la adquisición de las mismas.

2.7. Resumen de la literatura revisada

La literatura consultada muestra diversos aspectos de los programas de formación de profesores, especialmente en la adquisición de habilidades de proceso científico y en la comprensión de lo que significa llevar la indagación con diversos niveles de apertura al aula de clase. En esta revisión se ha encontrado muy poca literatura que evalúe a nivel cuantitativo la adquisición de las habilidades de proceso científico en los profesores y el impacto en la transformación de las actividades experimentales que llevan al aula de clase después de un programa de formación, pues no se realiza una comparación entre los resultados obtenidos por los profesores al culminar los programas de capacitación con el estado inicial del profesor para poder medir el desarrollo de estas habilidades de proceso científico ni se evalúan estas habilidades dentro del programa de capacitación.

Tampoco se ha encontrado trabajos de investigación que hagan referencia a la forma en que se llevan las actividades experimentales en el Perú ni cómo se presentan estas en los libros de texto.

Capítulo III

Diseño de la Investigación

3.1. Introducción

Se denomina diseño de la investigación al proceso de plantearse preguntas de investigación, elegir las técnicas y los instrumentos más pertinentes para recoger los datos, luego analizarlos e interpretarlos, para finalmente llegar a unas conclusiones.

3.2. Enfoque y fundamentación

De acuerdo con Latorre, Rincón y Arnal (1996), hay tres paradigmas de la investigación educativa: positivista, interpretativo y sociocrítico. A partir del análisis de esta clasificación, se puede determinar que la presente investigación se identificaría con el paradigma interpretativo, ya que una parte de ella se focaliza en interpretar la realidad, analizando la manera en la cual se llevan las actividades experimentales al aula de clase.

También, según las modalidades de la investigación educativa, proporcionadas por Nieto (2010), la investigación a realizar se podría ubicar en relación con distintos criterios:

- Según el carácter de medida: se puede considerar una parte de la investigación como investigación cualitativa, al realizar la categorización de las sesiones de clase, y otra parte como investigación cuantitativa, cuando se trabaje en la elaboración de los patrones y se realice el test de medias.
- Según el marco en que se lleva a cabo: se puede considerar una investigación de campo, ya que se realizará en la propia aula de clase de la Especialización.
- Según la dimensión o espacio temporal: se puede considerar una investigación descriptiva.

3.3. Preguntas de la investigación

Para iniciar la investigación, se considera oportuno plantearse tres preguntas:

Pregunta principal uno (PP1): ¿Qué conocimientos y experiencias sobre el modelo didáctico de enseñanza por indagación tenían los profesores antes de participar en la Especialización?

Pregunta principal dos (PP2): ¿Cómo se desarrollaron las sesiones de aprendizaje durante la capacitación? ¿Qué logros se alcanzaron, qué dificultades se tuvieron?

Pregunta principal tres (PP3): ¿Qué cambios produjo la propuesta en la manera de llevar las actividades experimentales al aula del profesor participante en la Especialización?

3.4. Contexto de la investigación y población

En el año 2011, la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Piura es designada por concurso público (Ministerio de Educación, Perú) como ente ejecutor del proceso de Especialización de los profesores de ciencias. El programa de Especialización estuvo dirigido a docentes de todas las regiones del país que habían participado de la Evaluación Censal, aplicada por el Ministerio de Educación, provenientes de instituciones educativas públicas de la EBR (Educación Básica Regular) castellano hablantes y bilingües. En el caso de la Universidad de Piura, la Especialización se focalizó en los profesores del departamento de Piura.

La Especialización comprendía cuatro semestres académicos, al final de los cuales los profesores debían desarrollar un trabajo de investigación. Las clases se impartieron en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Piura, los días sábados, en las cuales participaban 109 profesores inscritos en la Especialización, distribuidos en dos grupos (A y B), diferenciados por la fecha de inicio de las clases.

El plan de estudios dirigido a los profesores de secundaria, provenientes de distintas escuelas públicas de la región, debía ser elaborado por cada ente ejecutor de acuerdo a los lineamientos propuestos por el PRONAFCAP. Sus contenidos se organizaron en cursos de contenidos conceptuales, de estrategias metodológicas específicas del área, de investigación y de práctica pedagógica. La Especialización en ciencias se llevó a cabo durante dos años, en dos modalidades: presencial y a distancia. La investigadora participó como docente capacitadora de los dos primeros cursos relativos a estrategias metodológicas, por lo que tuvo la oportunidad de contar con un grupo de profesores, de secundaria, durante un periodo extendido de trabajo y, por tanto, con la posibilidad de que aplicaran lo desarrollado en la Especialización en su aula de clase.

Con la finalidad de lograr que la enseñanza de las ciencias se apoye en la investigación, las Orientaciones para el Trabajo Pedagógico (OTP), alcanzadas por el Ministerio de Educación del Perú (2010) y que sirvieron de base para estructurar los contenidos de los cursos, proponían como una estrategia clave la enseñanza de las ciencias basada en la indagación. La intención era conseguir que los profesores diseñen sus sesiones de aprendizaje según estos lineamientos metodológicos.

Para efectos del presente trabajo no se detallarán todos los contenidos de los cursos desarrollados a lo largo de la Especialización, se focalizará la atención en aquellos que

forman el contexto de la investigación: El primer curso se denominó “Didáctica de las Ciencias I”, con una duración de 51 horas, estuvo organizado en cinco unidades didácticas (ver Tabla 3.1) y el segundo curso se denominó “Didáctica de la Química”, con una duración de 61 horas, estuvo organizado de cinco unidades didácticas (ver Tabla 3.2).

Tabla 3.1

Unidades didácticas del curso Didáctica de las Ciencias I

Unidades	Título de la unidad	Número de horas
Unidad I	Enfoque de la enseñanza del área de CTA en el marco del DCN	18
Unidad II	Análisis de estrategias metodológicas para la enseñanza de las ciencias	15
Unidad III	Indagación científica escolar	9
Unidad IV	Laboratorio experimental	6
Unidad V	Técnicas para el trabajo de campo en el proceso de investigación científica	3

Tabla 3.2

Unidades didácticas del curso Didáctica de la Química

Unidades	Título de la unidad	Número de horas
Unidad I	La utilización de recursos tecnológicos en la enseñanza de la Química.	15
Unidad II	Los experimentos de química	21
Unidad III	La Evaluación en la enseñanza de las ciencias	7
Unidad IV	Materiales y recursos utilizados en la enseñanza de las ciencias	15
Unidad V	Proyecto de investigación	3

En el caso de la presente investigación, la población está formada por todos los profesores inscritos en los cursos de Estrategias Metodológicas y Didáctica de la Química, dictados en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Piura, que corresponden al primer y segundo ciclo, respectivamente, de la Especialización.

En cuanto a la muestra objeto de la investigación, está constituida por 35 profesores (N=35), los cuales forman parte del tercer grupo participante en la Especialización, denominado grupo B. Este grupo fue el último en empezar la Especialización, por lo que la docente investigadora tuvo 8 meses para planificar el trabajo de investigación a realizar con ellos, con el desarrollo de las asignaturas. Además, la selección de este grupo atiende a que lo constituyen todos los profesores matriculados en los dos ciclos académicos que dura la intervención docente de la investigadora.

Los años de experiencia en la enseñanza de cursos de Ciencia Tecnología y Ambiente (CTA) varía entre los 3 y los 26 años, con una media de 13 ($\sigma=6.23$ años). La Figura 3.2 muestra los años de experiencia de los profesores.

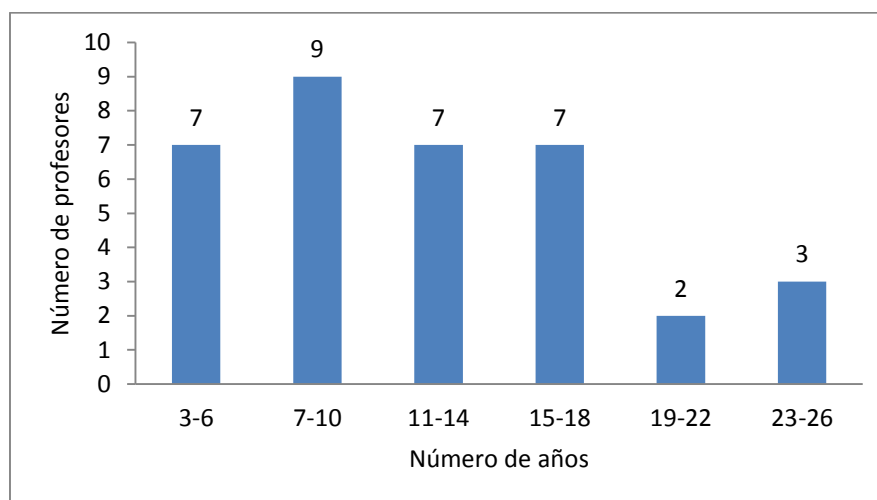


Figura 3.2. Relación entre el número de profesores y los años dictando cursos de ciencias en secundaria.

En el Perú los profesores que enseñan en el área de Ciencia Tecnología y Ambiente (CTA) generalmente han sido formados en un contenido específico de dicha área, vale decir física, química o biología. En este contexto la formación específica de los profesores era diversa: en Física y Química 6 (17.0%), Biología y Química 26 (74.0%), Ciencias Naturales 2 (6.0%), Matemáticas Física y Computación 1 (3.0%).

3.5. Objeto de la investigación

La investigación que se pretende desarrollar estará focalizada en el análisis de un aspecto de la práctica docente de los profesores que participan en la Especialización: las actividades experimentales que estos llevan al aula.

3.6. Organización de la investigación

Considerando que la investigadora participará como docente de dos cursos en la Especialización y que este contexto le permitirá recabar información y participar como observadora en el proceso de apropiación del modelo didáctico, se ha considerado conveniente que el proceso de investigación se organice en tres fases: diagnóstica, de proceso y autónoma, haciendo referencia al momento en el cual se analizan los datos de la investigación y las circunstancias en que se recogen. Además, cada profesor será identificado con un código P1, P2...P35 para guardar la confidencialidad de los datos, asimismo a lo

largo del discurso de la tesis se utilizará solamente el término profesor a pesar que los trabajos serán realizados por profesores y profesoras.

Fase Diagnóstica	Fase de Proceso	Fase autónoma
<ul style="list-style-type: none">•Análisis propuesto: Actividades experimentales aplicadas en el aula por los profesores antes de participar en la Especialización.	<ul style="list-style-type: none">•Análisis propuesto: Actividades experimentales desarrolladas en el aula por los profesores durante la Especialización.•Efecto de las sesiones de clase en las actividades experimentales planteadas.•Habilidades de proceso científico que los profesores ponen en juego cuando desarrollan las actividades experimentales	<ul style="list-style-type: none">•Análisis propuesto: Actividades experimentales propuestas por los profesores -que pueden ser aplicadas en el aula de clase -al finalizar cada semestre académico de la Especialización.•Comparación entre las actividades propuestas de manera autónoma y las actividades de los respectivos semestres académicos.

Figura 3.3. Fases en las cuáles se planificó la investigación.

En esta sección se plantearán los diseños para realizar el análisis de las actividades experimentales que los profesores llevan al aula de clase en los tres momentos antes descritos. De acuerdo a la bibliografía consultada, las dimensiones que se considerarán importantes de evaluar en cada fase de la investigación (ver Figura 3.3) serán: las preguntas incluidas en las actividades diseñadas por los profesores, el nivel de indagación y las habilidades de proceso científico involucradas en el desarrollo de las mismas.

Cada fase descrita anteriormente tiene un rol importante en el contexto de la investigación propuesta y los instrumentos aplicados y el análisis implicado podría ser diferente, por ello se ha visto conveniente planificarlos de manera independiente.

3.7. Diseño de la investigación de la fase diagnóstica

3.7.1. Justificación del diseño propuesto.

Para iniciar la investigación, es necesario contar con un punto de partida sobre lo que los profesores saben acerca del modelo didáctico y cómo lo aplican en el aula de clase. En consecuencia, es necesario, en primer lugar, conocer el tipo de trabajo experimental que llevan al aula: si era de tipo ejercicio, experimento o una investigación guiada o abierta de acuerdo a la clasificación de Caamaño (2011), luego identificar el nivel de indagación propuesto en la actividad experimental de acuerdo a los niveles de indagación tipificados por Banchi y Bell (2008).

El análisis del conocimiento inicial del modelo didáctico de parte de los profesores quedaría inconcluso si no se dedica también atención al análisis de las preguntas investigables que el profesor propone en su actividad experimental y a la manera como propicia en sus alumnos el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, concretamente la elaboración de diseños experimentales.

3.7.2. Pregunta de investigación.

Tomando en cuenta los aspectos antes mencionados, se propone un diseño del análisis de las actividades experimentales, el cual se presenta a continuación, para resolver la pregunta de investigación planteada en la fase diagnóstica:

¿Qué conocimientos y experiencias sobre el modelo didáctico de enseñanza por indagación tenían los profesores antes de participar en la Especialización?

Para resolver esta pregunta, se subdividió la pregunta en dos:

- a. ¿Qué tipo de actividades empíricas basadas en experiencias prácticas llevaban los profesores al aula de clase ante de la Especialización?
- b. ¿Cómo identificaban los profesores el modelo didáctico de enseñanza por indagación en los experimentos que llevaban a clase y en qué se basaban?

3.7.3. Instrumentos de recogida de datos a utilizar.

Para recoger la información sobre el tipo de actividades experimentales que llevaban al aula los profesores antes de participar en la Especialización y de esta manera poder responder a la pregunta “a”, se plantea utilizar como instrumento un cuestionario, el cual se aplicará antes de empezar el tema de la enseñanza basada en la indagación. Dicho cuestionario (ver Anexo A) -que se puede considerar semiestructurado- consta de una pregunta abierta cuyo texto se transcribe a continuación:

Recordar y narrar por escrito dos actividades experimentales que propusieron en su aula de clase, detallando las preguntas que formularon a sus alumnos durante el desarrollo de las mismas. También deberán explicar qué les solicitaron a los alumnos que hicieran durante la actividad, por ejemplo, si les pidieron que planteen hipótesis, realicen mediciones, hagan gráficos, etc.

De esta manera se les pedirá a los profesores que recuerden dos actividades experimentales que habían llevado a su aula de clase, detallando las preguntas que formularon a sus alumnos durante el desarrollo de las mismas. También se les pedirá que

expliquen qué les solicitaron a los alumnos que hagan, por ejemplo, que planteen hipótesis, realicen mediciones, hagan gráficos, etc.

El criterio en la elección de una pregunta abierta se plantea porque sería un medio para que los profesores pudieran contar con sus propias palabras lo que estaban haciendo en su propia aula de clase a nivel experimental. A su vez la información recogida permitirá extraer más datos, necesarios para hacer el diagnóstico de la situación inicial, como el tipo de preguntas que hacían, cómo lo planteaban en el aula, el material que utilizaban, etc. Se determina que el cuestionario se responderá por escrito y se aplicará durante la primera sesión de clase, la cual empezará con el tema de la enseñanza por indagación, los profesores tendrán treinta minutos para realizarlo, después del cual se comentarán las respuestas a través de la participación en un diálogo con la docente, al final del mismo se recogerán los documentos.

Para responder a la pregunta “b”, se formulará una pregunta abierta al inicio de la Especialización (ver Anexo B):

Recuerde una clase con experimentos, redáctela y explique cómo aplicó el modelo didáctico por indagación.

El análisis del contenido de las respuestas a la pregunta abierta y de los documentos oficiales del Ministerio de Educación Peruano, permitirán conocer tanto las ideas de los profesores respecto al modelo didáctico como las orientaciones en las cuales se apoyan en su trabajo.

3.7.4. Análisis de datos.

Cuando se plantean las estrategias que se seguirán para realizar el análisis de datos, un primer punto que se debe afrontar es tomar en cuenta que la solución de una pregunta abierta puede presentarse con estructuras diferentes. Al utilizar como instrumento un cuestionario, se plantea que se podrá utilizar como técnica el análisis de contenido del documento donde se da respuesta al cuestionario, ya que este puede servir para valorar las realizaciones que se han producido en la realización didáctico-educativa (como pueden ser las composiciones, maquetas, etc.) (Gento, 2004). También, Pérez (2007) comenta que a partir del análisis de contenido se podrán obtener categorías de datos, para clasificarlos y luego tabularlos. Además para complementar el análisis, se realiza una revisión de las orientaciones impartidas en los documentos oficiales del Ministerio de Educación del Perú para conocer

la fuente de donde los profesores se basan para elaborar el diseño de sus actividades experimentales.

Se plantea, entonces, que será necesario considerar una serie de pasos para realizar el análisis de cada una de las actividades experimentales que presentarán los profesores. Se hace un diseño del proceso de obtención de la información, que quedará de la siguiente manera (los puntos del (a) al (d) se esquematizan en la Figura 3.4):

- a) En primer lugar, se realizará una clasificación de las actividades propuestas por los profesores en actividades experimentales y no experimentales. En dicha clasificación se deberá tomar en cuenta que se considerarán actividades no experimentales aquellas que se resuelven acudiendo a libros, revistas o internet y no requieren la realización de experimentos.
- b) Se clasificarán las actividades experimentales de acuerdo al nivel de indagación. Para realizarlo, se tendrán en cuenta los niveles que proponen Banchi y Bell (2008). De acuerdo con ellos, en el nivel de indagación de tipo confirmatorio el profesor le presenta al alumno la pregunta de investigación, le indica el procedimiento a seguir y el resultado a obtener, mientras que en el nivel de indagación estructurada el profesor les presenta a los alumnos la pregunta a investigar, el procedimiento a seguir y el alumno debe obtener los resultados. En el nivel de indagación guiada, el profesor sólo les indica a los alumnos la pregunta a resolver y en el de indagación abierta los propios alumnos eligen la pregunta a resolver.
- c) Se clasificarán las actividades experimentales propuestas por los profesores de acuerdo a los objetivos que persiguen con las mismas, para lo cual se ha escogido la clasificación que propone Caamaño (2011), quien las clasifica en tres tipos: experiencias (perceptiva, interpretativa, ilustrativa), ejercicios prácticos (para aprender destrezas, para ilustrar la teoría) e investigaciones.
- d) En cada una de las actividades experimentales propuestas por los profesores se analizarán las habilidades de proceso científico que deberán realizar los alumnos. Para realizar este análisis, se tomará en cuenta el inventario de procedimientos diseño por Tamir y Lunetta (1978), citado por Sanmartí (2002). Dicho inventario de procedimientos considera cuatro categorías: planificación de la hipótesis, aplicación de técnicas, anotación de resultados, utilización de aparatos y realización de cálculos numéricos. Asimismo, se identificarán si en las actividades experimentales se promueve la observación de tipo cualitativo o cuantitativo.

- e) Un análisis de las categorías que se repitan en el análisis de las diferentes actividades experimentales permitirá elaborar una rejilla para vaciar los datos recogidos.
- f) Con la información recogida a partir de estos datos anteriores y que representan el análisis de cada actividad experimental, se elaborará una matriz de datos o tabla datos.
- g) Luego se procederá a la búsqueda de patrones, es decir, de regularidades en las actividades experimentales propuestas en cuanto al nivel de indagación, tipo de actividad experimental y habilidad de proceso científico que promueven. Cada criterio tiene su codificación la cual se presenta en la Tabla 3.3. Se determina que las letras mayúsculas serán equivalentes a la presencia del criterio establecido y las minúsculas a la no presencia.

Tabla 3.3

Codificación de criterios para patrones

Criterio	Descripción
A	Experiencias perceptivas.
B	Experiencias interpretativas
C	Experiencias ilustrativas
D	Ejercicios para aprender destrezas
E	Ejercicios ilustrativos
F	Observaciones cualitativas
G	Observaciones cuantitativas
H	Formula hipótesis
I	Utiliza aparatos para hacer mediciones o aplica técnicas
J	Consiga resultados
K	Realiza cálculos numéricos
L	Nivel de indagación estructurado

- h) Para ilustrar la identificación de patrones, se presenta el caso hipotético de los resultados de las actividades experimentales propuestas por cuatro profesores, los cuales se representan en la Tabla 3.4. Se puede apreciar que hay una similitud en las propuestas de los profesores P1 y P4, igualmente habría una similitud en las propuestas de los profesores P2 y P3, esto daría lugar a dos patrones: FHJL (en el caso de P1 y P4) y GIKL (en el caso de P2 y P3).
- i) Se realizará el análisis de implicantes a través del programa AQUAD-7 para todo el conjunto de datos recogidos en esta fase de la investigación, se podrá elaborar un conjunto de patrones. Estos permitirán evidenciar el tipo de actividad planteada por los profesores, el nivel de indagación y las habilidades de proceso científico involucradas. Las condiciones en el análisis estarían constituidas por: el tipo de trabajo

práctico, las habilidades de proceso científico involucradas y el nivel de indagación.

El criterio se irá estableciendo de acuerdo al patrón que se quiera encontrar.

Tabla 3.4

Ejemplo hipotético del análisis de patrones

<u>Casos</u>	<u>Condiciones</u>						
	F	G	H	I	J	K	L
P1	x		x		x		x
P2		x		x		x	x
P3		x		x		x	x
P4	x		x		x		x

- j) Luego de encontrar los patrones se realiza una revisión de los documentos oficiales del Ministerio de Educación del Perú.

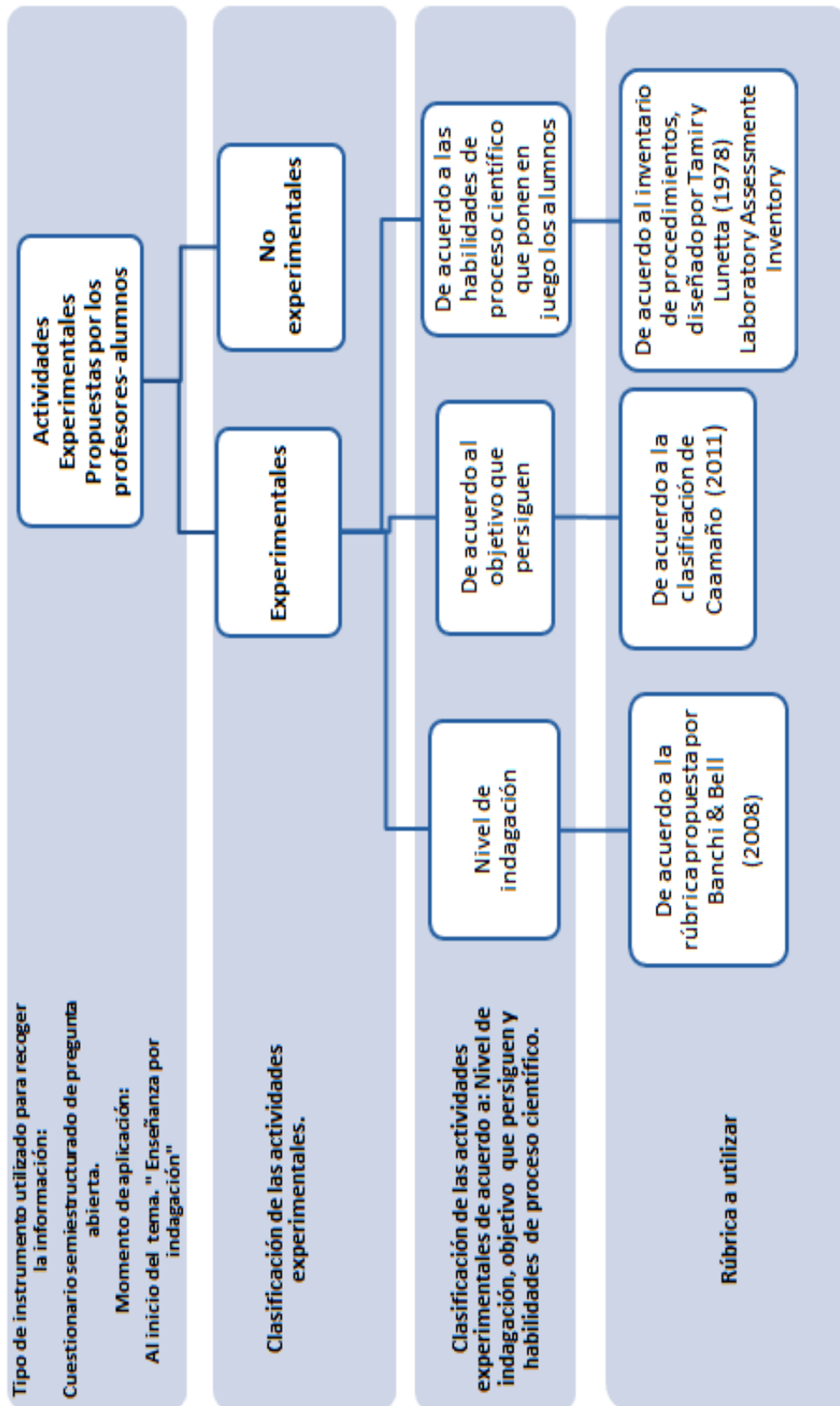


Figura 3.4. Esquema del proceso a seguir para la clasificación de las actividades experimentales propuestas por los profesores.

3.8. Diseño de la investigación de la fase de proceso

La fase de proceso comprende las sesiones de clase preparadas para formar a los profesores, así como los resultados que se obtengan a partir de dicha intervención docente en la formulación de las actividades experimentales. Dado que son contenidos distintos los que se relacionan, se ha considerado conveniente dividir el diseño de investigación de esta fase en cuatro temas:

- a. Diseño de las sesiones de clase.
- b. Análisis de las actividades experimentales propuestas en las sesiones de clase.
- c. Determinación de los elementos de las sesiones de clase que influyen en los resultados obtenidos.
- d. Comparación de las actividades experimentales propuestas en el primer y segundo semestre académico.

3.8.1. Diseño de las sesiones de clase de la Especialización.

3.8.1.1. *Justificación del diseño.*

En el diseño de las sesiones de clase se ha considerado que se deben tener en cuenta diversos aspectos que se consideran importantes –y que han sido extraídos de la bibliografía– para que un profesor en ejercicio pueda formarse y luego llevar al aula actividades experimentales en las cuales se promueva la indagación científica.

En consecuencia, se han seleccionado las características más importantes que deben estar presentes en una clase por indagación, mencionados por NRC (1996), NRC (2000); Bybee (2004); Chiappetta (2008); Worth, Duque y Saltiel (2009); Bybee (2010); Garritz (2010), ya que representan un cambio importante en la manera de llevar las actividades experimentales al aula de clase y es necesario que se incluyan en el programa de formación de los profesores:

- Identificar preguntas y conceptos que guíen las investigaciones, lo cual implica que los alumnos propongan una hipótesis que se pueda comprobar a nivel experimental y que propongan un diseño experimental que relacione los conceptos científicos involucrados con el método que están proponiendo.
- Diseñar y conducir investigaciones, que implica elegir el método más apropiado, el equipo a utilizar, las variables a controlar, analizar los resultados, compartir y argumentar los mismos.

Para poder lograr estas características en las actividades experimentales, se han propuesto una serie de puntos que deberán trabajarse en las sesiones de clase, los cuales se detallan a continuación:

(a) Interacción con el fenómeno: los profesores deberán tener experiencias que les permitan, interaccionar con el fenómeno a estudiar. Esta interacción con el fenómeno estudiado permitirá una mejor comprensión del mismo, como comentan Worth et al. (2009), lo que a su vez les ayudará en el proceso de plantear preguntas a investigar. En las sesiones de clase se deberá tomar en cuenta este aspecto y en todas ellas los profesores deberán tener a su disposición material e instrumentos para poder hacer pruebas, probar hipótesis etc.

(b) Selección de los temas a desarrollar en las actividades experimentales: en la selección de los fenómenos a estudiar durante la Especialización, se deberá tomar en cuenta que éstos formen parte del nivel secundaria del Diseño Curricular Nacional del Perú (ver Tabla 3.5).

De esta manera se escogieron ocho temas que cumplen con las condiciones expuestas en (a) y (b). Las cuales se identificarán con una S y el número de acuerdo al tema.

Tabla 3.5

Relación entre los temas de las sesiones de clase y el Diseño Curricular Nacional peruano

Sesión	Tema	Diseño Curricular Nacional de secundaria del Perú
S1	Reacciones Químicas	Reacciones químicas (Tercer grado)
S2	Levaduras	Microorganismos en la salud e industria (Segundo grado)
S3	Medida del tiempo de reacción	Sistema nervioso (Segundo y Cuarto grado)
S4	Polímeros	Macromoléculas (Tercer grado)
S5	Jabones y detergentes	Las sustancias químicas. Ciencia y tecnología. (Tercer grado)
S6	Pilas con frutas	Generación de electricidad. Reacciones químicas. (Tercer grado)
S7	Pila de Volta	Generación de electricidad. Reacciones químicas. (Tercer grado)
S8	Combustión	Efecto invernadero. (Tercer grado)

(c) Diversificación de la carga conceptual involucrada: a lo largo de las sesiones de clase, se promoverá la diversificación de la carga conceptual involucrada en las actividades experimentales a desarrollar, por lo que se realizarán actividades con una carga conceptual alta y otras con carga conceptual baja (ver Tabla 3.6). De esta manera se les mostrará a los profesores modelos que les permitan luego secuenciar sus propias actividades. Por otro lado, Cortés y De La Gándara (2007) proponen que cuando se planifiquen actividades experimentales para llevar al aula se trate de identificar y construir problemas dirigidos a

partir de hechos y fenómenos de la vida cotidiana. También Windschitl et al. (2008) hacen notar que a veces se presentan actividades en clase sin contenido conceptual, como por ejemplo determinar qué tipo de papel toalla absorbe más agua, y que no aportan sustancialmente en la construcción de conceptos de parte de los estudiantes. En la nueva generación de estándares de ciencia, de su sigla en inglés NGSS, se proponen los contenidos de ciencia y de práctica de ingeniería que los estudiantes deben aprender desde el nivel de Educación Inicial hasta acabar la Secundaria, dando especial importancia a los contenidos conceptuales que se desarrollan en las actividades experimentales. La relación entre la carga conceptual involucrada y la sesión de clase se puede observar en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6

Relación entre las sesiones de clase y la carga conceptual involucrada en las mismas

Sesión	Tema	Carga conceptual
S1	Reacciones Químicas	Alta
S2	Levaduras	Alta
S3	Medida del tiempo de reacción	Baja
S4	Polímeros	Baja
S5	Jabones y detergentes	Baja
S6	Pilas con frutas	Alta
S7	Pila de Volta	Alta
S8	Combustión	Alta

(d) Dominio del contenido conceptual a desarrollar en la actividad experimental: distintos autores, como Hodson (1994) y Hofstein y Lunetta (2004), señalan la importancia de la comprensión teórica del fenómeno involucrado en la actividad experimental. En el diseño de las sesiones de clase, especialmente en las de alta carga conceptual, se debe tener en cuenta la importancia de este aspecto y se suministrará el material adecuado que permita el abordaje de los contenidos conceptuales necesarios.

(e) Habilidades necesarias para hacer indagación científica: en diversos artículos, como en los de Bybee (2004), Garritz (2010), Harlen (2011) y Wenning (2011), se hace alusión a una serie de habilidades que se consideran indispensables para realizar una indagación científica. Una relación entre las habilidades de proceso científico y la indagación se encuentra en la propuesta que presentan los estándares de la NRC: “Se debe tomar en cuenta la ‘ciencia como proceso’, a través de la cual los estudiantes aprenden habilidades como la observación, la inferencia y la experimentación” (1996, p. 2).

Según Harlen (1999) y Shively y Yerrick (2014), las habilidades de proceso científico son muy importantes para los estudiantes de ciencias, ya que les permiten comprender los

conceptos de manera más profunda y poder aplicarlos de manera más efectiva. Algunos estudios han demostrado que –para formar a los alumnos– en primer lugar los profesores deben formarse en el dominio de dichas habilidades (Aka et al., 2010; Rauf et al., 2013), si los profesores no adquieren estas habilidades difícilmente podrán enseñárselas a sus alumnos (Cain, 2002, citado por Yakar, 2014.). En esta línea, Blanchard et al. (2008) hacen notar que no siempre los profesores están familiarizados con las habilidades de proceso científico, como, por ejemplo, hacer hipótesis; y de ahí la importancia que tiene que los profesores las adquieran y, en consecuencia, el que se les enseñe a desarrollarlas.

En el grupo en el cual se impartirá la Especialización, no todos los profesores han realizado estudios en universidades, lo que les podría haber dado experiencia en el desarrollo de una investigación con el trabajo de tesis; muchos de los profesores no han realizado investigaciones antes de la Especialización. El 91.0% han estudiado en un instituto pedagógico (instituciones de educación superior no universitaria) y el 9.0% cuenta con estudios universitarios, no todos han realizado una tesis, debido a que por la modalidad de las titulaciones los profesores podían seleccionar entre realizar un proyecto para su centro de estudios, una lección magistral o desarrollar una investigación es decir hacer una tesis.

En el diseño de las sesiones de clase, se ha previsto tener unas sesiones introductorias en las cuales se trabajarán con los profesores las habilidades básicas del proceso científico: observar, clasificar, medir, usar las relaciones tiempo-espacio, usar los números, hacer inferencias, comunicar, hacer predicciones (McComas, 2013; Sheeba, 2013). Paralelamente, se considera ir introduciendo a los profesores en la formulación de preguntas investigables.

La adquisición de la habilidad de la formulación de preguntas investigables será una prioridad a lo largo de toda la Especialización. Chin (2002a) comenta: la formulación de preguntas se encuentra en el centro de la indagación científica y constituye una magnífica oportunidad para propiciar el aprendizaje significativo, por esto se dará especial importancia al logro de esta habilidad y se trabajará en todas las sesiones de clase. Bybee (2004) enfatiza que una de las habilidades necesarias para realizar la indagación científica es la capacidad de identificar preguntas que se puedan responder a través de una investigación.

A medida que se vaya progresando en las sesiones de clase (ver Figura 3.5), se introducirán y se trabajarán con los profesores las habilidades integradas del proceso científico: “Identificación y definición de variables, recolección de datos, construcción de tablas de datos y gráficos, descripción de relaciones entre variables, interpretación de datos,

manipulación de materiales, formulación de hipótesis, diseño de investigaciones, formulación de las conclusiones” (Karamustafaoğlu, 2011, p. 26). También se ve oportuno que durante las sesiones de clase se trabaje con los contenidos conceptuales que están implícitos en las habilidades, creando el marco conceptual apropiado, es así que se ha planificado que en dichas sesiones de clase se trabajen contenidos específicos de las habilidades de proceso científico (ver Figura 3.6).

(f) Trabajo en grupo: en todas las sesiones de clase los profesores trabajarán en grupo, tanto para el planteamiento del diseño experimental como para la ejecución del mismo. Este trabajo colaborativo ya es mencionado por Cañal (2007) como una estrategia a llevar al aula cuando se hace investigación escolar.

(g) Nivel de autonomía en el desarrollo de la actividad experimental a trabajar durante la sesión de clase: Banchi y Bell (2008) encontraron que algunos alumnos necesitan realizar muchas actividades de bajo nivel de indagación antes de poder llevar a cabo indagaciones autónomas o abiertas. Los alumnos deben ir aprendiendo poco a poco los pasos de la investigación, especialmente si no están habituados a este tipo de actividades (Eick, et al., 2005; Furman & De Podestá, 2009). Tomando en cuenta esto, a lo largo de la Especialización se irá variando el nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas, pasando de una indagación guiada en las dos primeras sesiones a una indagación abierta, en la que sólo se asignará el título del tema a trabajar (ver Figura 3.5).

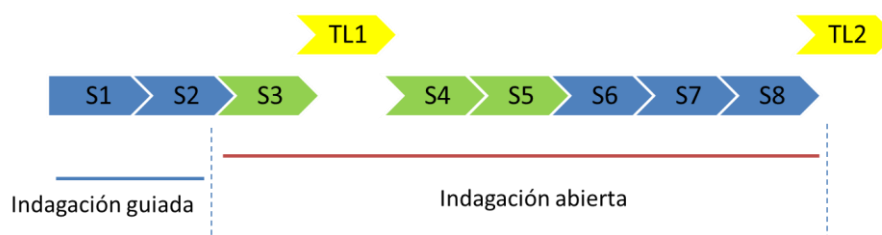


Figura 3.5. Nivel de indagación de las sesiones de clase.

	Formulación de la pregunta investigable	Elaboración de hipótesis	Elaboración de predicción	Elaboración del procedimiento a seguir	Identificación y definición de variables	Recolección de datos	Construcción de tablas de datos y gráficos	Interpretación de datos	Conclusiones
Sesión 1									
Sesión 2									
Sesión 3									
Sesión 4									
Sesión 5									
Sesión 6									
Sesión 7									
Sesión 8									

Figura 3.6. Identificación de las sesiones de clase en las cuales la docente impartirá contenido (coloreadas de anaranjado) sobre las habilidades de proceso científico.

3.8.1.2. Descripción de los parámetros a considerar en el diseño de las sesiones de clase

En la Figura 3.7 se muestran los parámetros que se usarán para describir las sesiones de clase, la descripción de cada uno de ellos se hará a continuación.



Figura 3.7. Esquema de los parámetros que se usarían en el diseño de las sesiones de clase.

A. Carga conceptual

En el análisis de la carga conceptual implicada en las distintas sesiones de clase se tomarán en cuenta dos aspectos que se consideran importantes: la carga conceptual y el momento en que el contenido conceptual se trabaja en la clase. Estos dos aspectos identificarán las sesiones de clase propuestas por la docente.

- *Carga conceptual involucrada en el desarrollo de la actividad experimental*

Como carga conceptual se entienden los conceptos teóricos involucrados a lo largo de la sesión y que forman parte de los contenidos que se trabajan a nivel experimental.

Se definirán dos niveles:

- *Carga conceptual alta*

En este nivel, el contenido conceptual se encuentra muy articulado con el desarrollo experimental. Suponiendo que en una actividad experimental propuesta la pregunta investigable es: ¿Influirá el ángulo de tiro en el alcance?, el diseño experimental que se proponga para resolverla y los resultados que se obtengan del mismo permitirán llegar a una fórmula matemática que relacione el ángulo de tiro con el alcance del objeto. Aquellas sesiones de clase en las cuales se presente esta situación se identificarán con una *A* mayúscula.

- *Carga conceptual baja*

Son aquellas actividades donde hay un contenido conceptual involucrado, pero los resultados del experimento tienen una aplicación del tipo práctico. Por ejemplo: en seleccionar cuál pañal absorbe más, hay un contenido involucrado que es el tema de los polímeros, pero el resultado del experimento aporta más en la línea de la absorción del pañal y no a la comprensión del funcionamiento del polímero en sí. Aquellas sesiones de clase en las cuales se presente esta situación se identificarán con una *a* minúscula.

- *Momento en cual se trabaja el contenido conceptual*

El momento en el cual la docente proporciona el contenido conceptual a los profesores es un factor importante a tomar en cuenta y, en el caso de las sesiones de clase, materia de la investigación, se ha pensado en dos maneras diferentes de hacerlo, las cuales se describirán a continuación.

- *Contenido conceptual dado previamente y/o durante la sesión de clase*

Este parámetro hace referencia al hecho de si el contenido conceptual ha sido trabajado previamente por la docente o se ha tratado en otro curso de la Especialización. También, toma en cuenta el hecho de que se desarrolle en forma paralela al desarrollo experimental, es decir, a lo largo de la sesión de clase. En aquellas sesiones de clase en las cuales se cumplan estas dos condiciones, se les identificará con una *B* mayúscula.

- *Contenido conceptual dado solamente durante la sesión de clase*

En caso de que el contenido conceptual sólo se trate durante la sesión de clase, ésta se identificará con una *b* minúscula.

B. Preguntas investigables

Focalizando la atención en los momentos en los cuales se formulan preguntas investigables a lo largo de las sesiones de clase, hay dos situaciones importantes a considerar en las cuales la intervención de la docente podría constituir un modelo para los profesores: (a) el momento en el cual la docente asigna la tarea a resolver durante la sesión (pregunta guía) y (b) los ejemplos de preguntas (pregunta modelo) que utiliza para orientar el trabajo de los profesores durante la misma.

- *Formulación de preguntas guía durante el desarrollo del experimento*

En el desarrollo de las sesiones de clase, se seguirá un esquema en el cual los profesores contarán con un espacio de tiempo para probar sus propuestas experimentales. En algunos casos, la pregunta a investigar será propuesta por la docente durante la sesión de clase –a esta pregunta se le denominará pregunta guía–, en cuyo caso la sesión se identificará con una *C* mayúscula.

En caso de que la docente no proponga preguntas guía durante la sesión de clase, ésta se identificará con la letra *c* minúscula.

- *Formulación de preguntas modelo a través de los ejemplos presentados*

A lo largo de las sesiones de clase la docente podrá ir presentando y haciendo participar a los profesores en la realización de pequeños experimentos como ejemplos, los cuales van acompañados de una pregunta investigable, a la que se denominará pregunta modelo. También se considerará dentro de esta categoría aquellas preguntas investigables formuladas a través de la proyección de un video o de ejemplos de experimentos explicados usando la pizarra y la tiza.

Aquellas sesiones donde se propongan preguntas modelo se identificarán con la letra *D* mayúscula y aquellas en las cuales no se propongan preguntas modelo se identificarán con la *d* minúscula.

C. Exposición de las actividades experimentales por los grupos.

Los profesores, después de elaborar sus diseños experimentales de manera individual o grupal, los exponen delante de sus compañeros. Cuando se expongan diseños

experimentales, las sesiones de clase se identificarán con una *E* y cuando no se expongan, con la *e* minúscula.

3.8.1.3. *Patrones de las sesiones de clase.*

A continuación, se mostrará un ejemplo de cómo quedaría un patrón de una sesión de clase (ver Figura 3.8): Según el diseño de dicha sesión, la carga conceptual sería alta (A), el contenido conceptual ha sido dado previamente y durante la sesión de clase (B), no se formularán preguntas guía del experimento (c) ni se formularán preguntas a manera de ejemplos (d) y sí se expondrán las actividades experimentales (E).

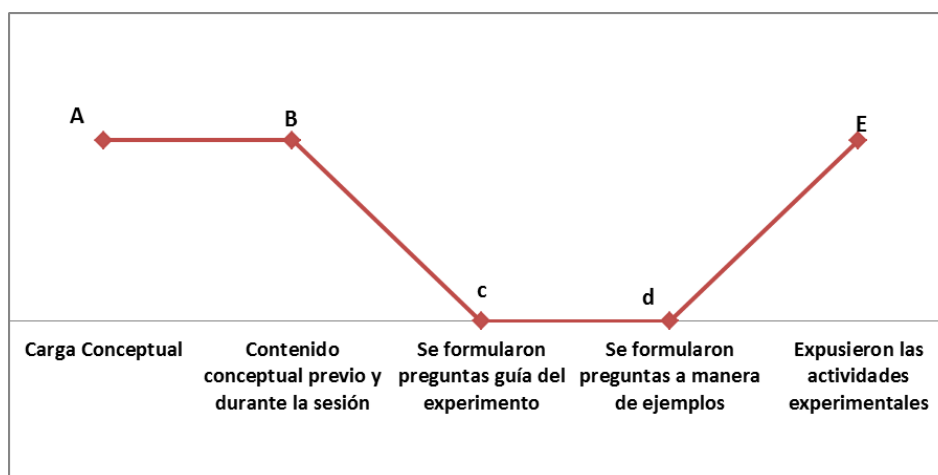


Figura 3.8. Ejemplo de un patrón de clase de una sesión hipotética.

Los patrones de las sesiones de clase se encuentran en el Anexo C.

3.8.2. **Diseño para el análisis de las actividades experimentales propuestas por los profesores durante las sesiones de clase.**

3.8.2.1. *Justificación del diseño propuesto.*

Para evaluar las actividades experimentales propuestas por los profesores a lo largo de la Especialización, se plantea que en primer lugar se debe tomar en cuenta a quién va dirigida la actividad experimental, es decir, al alumno. Desde este punto de vista, se tomará como base la propuesta que hace la NRC (2000) en la cual proporciona los componentes básicos del enfoque de indagación desde la perspectiva del que aprende, detallando las “características básicas de una investigación en el aula”:

Los alumnos deben poder plantear preguntas en que se les pueda orientar científicamente en la búsqueda de respuestas, la labor del profesor será de ayudar a definir estas preguntas de parte de los alumnos. Las preguntas formuladas de esta

manera pueden responderse consultando libros, internet y también a través de pequeñas investigaciones.

En la enseñanza de las ciencias se propiciará que los alumnos busquen dar prioridad a las evidencias, de esta manera se incluirá en el trabajo experimental el uso de instrumentos, mediciones, manipulación de equipos, la consulta de libros o al profesor, lo cual permitirá recoger datos e información que les será útil para responder a las preguntas planteadas.

Los alumnos, a partir de las evidencias recogidas, formularán explicaciones acerca de los fenómenos en estudio.

Los alumnos comunicarán y justificarán las explicaciones que propongan, de esta manera se conectarán las explicaciones de los estudiantes con los conocimientos científicos pertinentes (pp. 24-25).

También en la NRC (2000), se incluyen sugerencias sobre cómo abordar cada una de las características básicas en cuanto al nivel de indagación de las actividades propuestas en clase.

Por ejemplo, una de las características esenciales mencionada en los documentos de la NRC (2000) es: “se compromete a los alumnos con preguntas orientadas científicamente” (p. 24). Más adelante en este mismo documento, se presentan las variaciones sugeridas para esta característica los cuales van en un continuo: desde que el profesor asigne la pregunta, pasando por que el alumno la modifique, que el alumno seleccione entre varias preguntas, hasta el punto en el cual el propio alumno elabore la pregunta (NRC, 2000, p. 29).

El profesor, de acuerdo a las habilidades que desee promover en sus alumnos, puede diseñar desde actividades estructuradas hasta abiertas. Por ejemplo, el profesor puede asignarles a los alumnos la pregunta a resolver y el procedimiento a seguir, pero les pide que organicen los datos y elaboren las conclusiones, con lo cual está promoviendo en sus alumnos estas habilidades. En cambio, si el profesor asignara la pregunta a resolver, pero les pidiera a los alumnos que elaboren el diseño experimental, estaría promoviendo las habilidades de proceso científico, como son: el control de variables, el registro de los datos, etc.

3.8.2.2. *Pregunta de investigación.*

La pregunta de investigación principal que se plantea para esta parte de la investigación es:

¿Qué cambios se producen en la formulación y en el desarrollo de las actividades experimentales propuestas por los profesores en las sesiones de clase de los dos semestres académicos y qué factores influyen en los mismos?

Para resolver esta pregunta, se subdividió en:

- a. ¿Cómo varía el porcentaje de preguntas investigables (respecto del total de las preguntas incluidas en las actividades) planteadas por los profesores durante el primer y segundo semestre académico?
- b. ¿Qué aspectos de las sesiones de clase influyen en los resultados obtenidos en la redacción de las preguntas investigables entre el primer y segundo semestre?
- c. ¿Qué tipos de preguntas investigables plantearon los profesores durante el primer y segundo semestre académico?
- d. ¿Qué relación habrá entre el tipo de pregunta investigable planteada por los profesores y la carga conceptual involucrada en la sesión?
- e. ¿Cómo varió el nivel de indagación de las actividades propuestas en el primer y segundo semestre académico?
- f. ¿Cómo variaron las habilidades de proceso científico de los profesores en el primer y segundo semestre académico?

3.8.2.3. Instrumentos de recogida de los datos utilizados.

El instrumento elegido como más adecuado para poder recoger la información que se necesita para evaluar el avance en la elaboración de los diseños de las actividades experimentales de parte de los profesores, lo constituirá el informe individual de cada profesor sobre la actividad experimental que propondrá. Este documento será una guía de la actividad experimental realizada, de tal manera que aportará la información suficiente para ser replicada por otro profesor, es decir, deberá contener los pasos que se deberán seguir en la actividad, la pregunta investigable a plantear, cómo se interactuará con los alumnos, el material a usar, el tipo de habilidad a promover en los alumnos, etc. Además, se deberá redactar un solucionario de dicha actividad experimental, que incluirá, por ejemplo, las hipótesis y predicciones, el procedimiento a seguir, los resultados, las conclusiones, etc.

En base a esta propuesta, se plantea que, en cada una de las ocho sesiones de clase dedicadas a trabajar con actividades experimentales, se les pedirá a los profesores elaborar el informe de una actividad experimental de manera individual, acerca del tema que se estaba desarrollando en la sesión en cuestión. Esta actividad deberá partir de una pregunta

investigable y describir de manera clara y detallada cómo la llevarían a cabo en su aula de clase.

Al utilizar como instrumento los informes, se plantea que se podrá utilizar como técnica el análisis de contenido de los informes de las sesiones de clase donde se presentan las actividades experimentales diseñadas por el profesor acerca de cada tema desarrollado en cada sesión. Estas actividades se toman como ejemplos para profundizar en el análisis de los casos presentados.

3.8.2.4. Análisis de datos.

Teniendo en cuenta que las actividades experimentales propuestas pueden presentarse con estructuras diferentes, se determina que será necesario considerar una serie de criterios para realizar el análisis de las actividades experimentales que elaborarán los profesores. Para cada una de estas actividades, se realizará análisis de acuerdo a las sub preguntas a resolver:

- a) ¿Cómo varía el porcentaje de preguntas investigables (respecto al total de las preguntas incluidas en las actividades) planteadas por los profesores durante el primer y segundo semestre académico?

Se hará una clasificación de estas en actividades experimentales y no experimentales. Se deberá tomar en cuenta que como actividades no experimentales se considerarán aquellas que se resuelven acudiendo a libros, revistas o internet y no requieren la realización de experimentos. En este caso, se prestará especial atención en la formulación de la pregunta investigable a partir de la cual se realizará la actividad experimental. Se clasificarán las preguntas formuladas en investigables y no investigables.

- b) ¿Cómo varió la redacción de la pregunta investigable entre el primer y segundo semestre académico?

Se evaluará la redacción de cada una de las preguntas investigables planteadas, de acuerdo a la adaptación de la rúbrica de Graves y Rutherford (2012).

- c) ¿Qué tipos de preguntas investigables plantearon los profesores durante el primer y segundo semestre académico?

Para lo cual se clasificarán las preguntas investigables formuladas de acuerdo a la tipología de Chin (2002b).

- d) ¿Qué relación habrá entre el tipo de pregunta investigable planteada por los profesores y la carga conceptual involucrada en la sesión?

Para lo cual se analizará el tipo de pregunta investigable y el tipo de carga conceptual involucrada en la sesión de clase.

- e) ¿Cómo varió el nivel de indagación de las actividades propuestas en el primer y segundo semestre académico?

Se clasificarán las actividades experimentales de acuerdo al nivel de indagación. Para realizarlo, se tendrán en cuenta los niveles que proponen Banchi y Bell (2008). De acuerdo con estos autores, en el nivel de indagación de tipo confirmatorio el profesor le presenta al alumno la pregunta de investigación, le indica el procedimiento a seguir y el resultado a obtener, y en el nivel de indagación estructurada el profesor le presenta al alumno la pregunta a investigar, el procedimiento a seguir y el alumno debe obtener los resultados. En el caso de una indagación guiada, el profesor sólo proporciona la pregunta investigable y los alumnos elaboran el diseño experimental y analizan los resultados obtenidos. En el caso de una indagación abierta, es el alumno quien plantea la pregunta investigable, el diseño experimental para resolverla y extraer las conclusiones.

- f) ¿Cómo variaron las habilidades de proceso científico de los profesores en el primer y segundo semestre académico?

En cada uno de los desarrollos de las actividades experimentales propuestas por los profesores, se analizarán las habilidades de proceso científico propuestas, por lo que se evaluarán los siguientes puntos: formulación de hipótesis, procedimiento a seguir y control de variables.

A partir de estos criterios, se recogerán los datos extraídos en los puntos (a) al (e) (ver Figura 3.9) –del análisis de las diferentes actividades–, en la rejilla de la Figura 3.10.

Con la información obtenida a partir de estos datos recogidos y que representa el análisis de cada actividad experimental, se elaborará una matriz de datos o tabla de datos (ver Figura 3.11). Esta tabla constituirá la base para dos análisis que se harán: la búsqueda de patrones y el análisis estadístico.

Se procederá a la búsqueda de patrones para cada sesión, las cuáles permitirán evidenciar el tipo de actividad experimental planteada por los profesores, el nivel de indagación y el diseño experimental planteado. La determinación de patrones se hará con el programa AQUAD-7. Las condiciones estarán constituidas por: el tipo de pregunta investigable planteada, el diseño experimental propuesto y el nivel de indagación. El criterio se irá estableciendo de acuerdo al patrón que se quiera encontrar a medida que el análisis progrese.

Se determinará el criterio “mejor diseño experimental”; a manera de ejemplo se plantea cómo se podría determinar dicho criterio. Para ello se tomarán en cuenta los datos recogidos en la tabla de datos (ver Tabla 3.7) y se seleccionarán las columnas relativas a formulación de hipótesis (a), procedimiento a seguir (b) y variables a controlar (c). Estos datos se llevarán a una tabla y se generará una nueva columna a la que se denominará suma de valores, en la cual se sumarán los valores de las tres columnas anteriores. En una nueva columna, se incluirán los valores que definirán el criterio, en este caso se asignará el valor de uno en aquellos casos en los cuales la suma de valores sea tres y se asignará cero en aquellos donde la suma sea menor a 3. Según lo pensado por el investigador, el asignar este criterio permitirá encontrar los patrones en aquellas actividades experimentales en las cuales el diseño experimental esté correctamente formulado.

Tabla 3.7

Determinación del criterio diseño experimental

Código del profesor	Formulación de las hipótesis (a)	Procedimiento a seguir (b)	Variabes a controlar (c)	Suma de los valores (a+ b +c)	Criterio: “mejor diseño experimental”
P1	0	1	1	2	0
P2	1	1	1	3	1
P3	1	0	0	1	0

También se plantea que en la actividad propuesta la redacción de la pregunta investigable debe estar correcta, por lo tanto se buscarán aquellos patrones en los cuales se cumpla también esta condición, y se denominará “mejor actividad” (ver Figura 3.12).

A partir de esta clasificación de los patrones que cumplan la condición de “mejor actividad”, se podrá hacer un análisis comparativo del número de estos entre los dos semestres académicos.

Se realizará el análisis estadístico para determinar si existen diferencias significativas en los resultados de los dos semestres académicos.

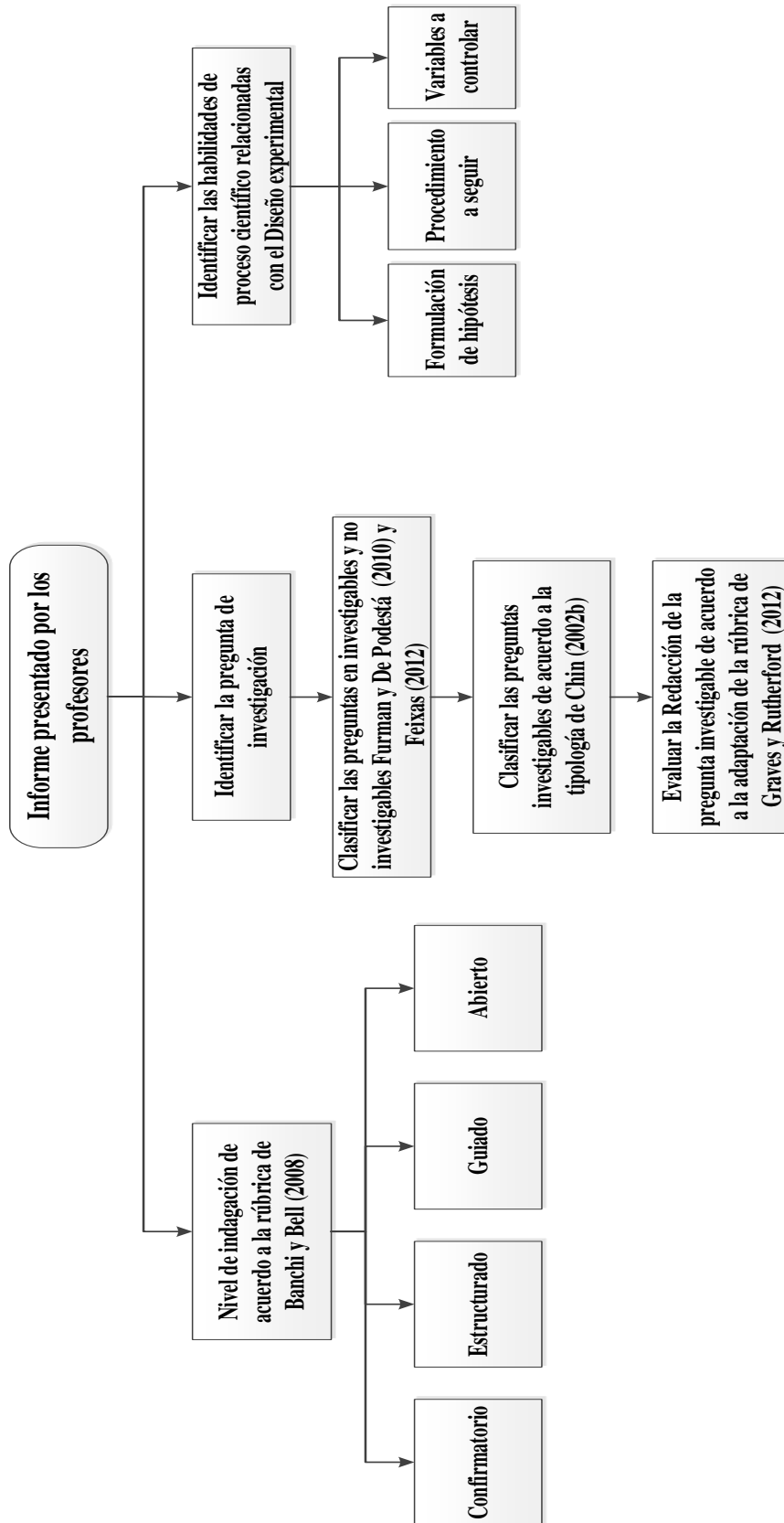


Figura 3.9. Esquema del diseño propuesto para obtener la información de las actividades experimentales.

Ficha para el análisis de la actividad experimental													
Materia			Código de identificación del Profesor										
Texto de la actividad propuesta													
Tipo de pregunta planteada						Habilidades de proceso científico						Nivel de indagación	
No investigable	Si	Tipo predicción	Tipo comparación	Tipo causa-efecto	Tipo exploratoria	Tipo de observación propuesta	Formulación de la hipótesis	Redacción de la pregunta	Procedimiento o a seguir	Variables a controlar	Nivel de indagación propuesto	Confirmatorio	Estructurado
		Si	No	Si	No	Si	No	Cualitativa	Cuantitativa	Bien			
							Bien	Bien	Bien	Bien			
							Mal	Mal	Mal	Mal			

Figura 3.10. Rejilla para colocar los datos del análisis de las actividades experimentales.

Tabla de datos de la Sesión:													
Código del profesor	Preguntas investigables					Diseño experimental				Nivel de indagación			
	Tipos de preguntas investigables					Redacción de Tipo de la pregunta observable investigable	Formulación de la hipótesis a seguir	Procedimiento a seguir	Variables a controlar	Confirmatorio	Estructurado	Guiado	Abierto
	No investigable	Predicción	Comparación	Causa-efecto	Exploratoria								
P1													
P2													
P3													
P4													
Total													

Figura 3.11. Tabla de datos a partir de la información recogida de la rejilla de la Figura 3.9.

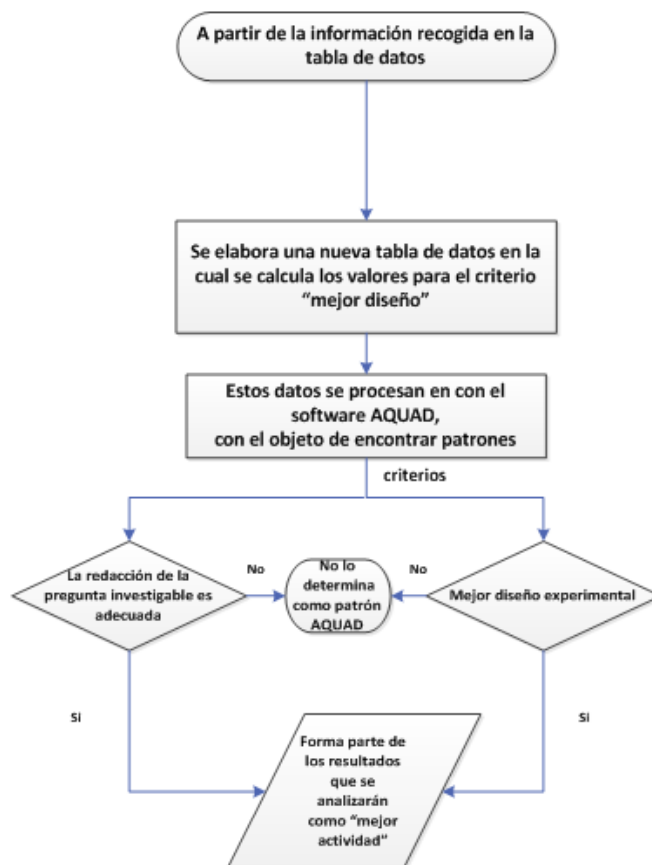


Figura 3.12. Esquema del procedimiento que se seguiría para el análisis de los datos.

3.8.2.5. Descripción de los parámetros a considerar en la evaluación de las actividades experimentales propuestas por los profesores.

A. Total de preguntas investigables y sus tipos

En cada una de las sesiones desarrolladas en la Especialización, los profesores tendrán la tarea de diseñar actividades experimentales, las cuales tendrán como condición el hecho de que deben partir de una pregunta investigable (ver Anexo D).

B. Caracterización de las preguntas investigables

Para determinar si esta pregunta es investigable o no, se utilizarán las definiciones dadas por Furman y de Podestá (2009) y Feixas (2012), es decir, una pregunta se considerará como investigable si su respuesta se puede encontrar mediante la realización de experimentos. En esta línea si se trabaja con el tema de óxidos, una pregunta del tipo: ¿cómo se llama el polvo marrón que se deposita sobre el clavo?, se considerará no investigable, dado que la respuesta a esta pregunta se encuentra en los libros de texto o en internet. En cambio, si se plantea la siguiente pregunta: ¿qué factores influyen en la oxidación de un clavo?, la pregunta se

considerará como investigable ya que se puede resolver a través del diseño de un experimento.

La identificación del tipo de las preguntas investigables formuladas por los profesores se realizará según la tipología propuesta por Chin (2002b), por considerar que abarca un espectro más amplio en los tipos de preguntas investigables que pueden llevarse al aula de clase. Las preguntas planteadas por los profesores se clasificarán de acuerdo a la tipología propuesta por Chin, y para facilitar la comprensión se añade un resumen de lo tratado con mayor amplitud en el capítulo del marco teórico en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8

Resumen del tipo de pregunta

Tipo de pregunta	Descripción	Ejemplificaciones
Comparación	Son aquellas donde se determina el criterio -con respecto a las propiedades o atributos- que se desea comparar, y luego se identifica los elementos que reúnan este criterio. También son aquellas que comparan las propiedades de varias sustancias y se agrupan en categorías sobre la base de algunas características observables o comprobables	¿En cuál de las dos situaciones se alarga más el resorte, con 10 Kg o con 5 Kg?
Causa - Efecto	Son aquellas que buscan encontrar las relaciones entre variables. Ello implica que los alumnos seleccionen cuál será la variable dependiente, para luego ir variando la variable independiente	¿Influirá la temperatura en la velocidad de reacción?
Exploratorias	Son aquellas que permiten tener una visión más amplia de los factores que influyen en un determinado fenómeno. Podrían considerarse como un conjunto de preguntas del tipo causa-efecto.	¿Qué factores afectan la velocidad de las reacciones químicas?
Predicción	Son aquellas que se formulan con las siguientes estructuras: ¿qué pasaría si...? ¿Cómo (variable independiente) afecta a (variable dependiente)?, ¿cuál sería el efecto de (variable independiente) en la (variable dependiente)?	¿Qué sucedería si aumentamos el peso con la longitud del resorte?

C. Redacción de la pregunta investigable

Para evaluar la calidad de la pregunta investigable, se tomará en cuenta la rúbrica propuesta por Graves y Rutherford (2012), la cual se ha adaptado a la investigación. Dicha rúbrica toma en cuenta la redacción de la pregunta investigable y asigna tres criterios de

puntuación, en el caso de la presente investigación, se han reducido a dos (ver Tabla 3.9).

Tabla 3.9

Rúbrica utilizada para evaluar la redacción de una pregunta investigable

Puntaje	Redacción	
	Descripción	Ejemplificaciones
1	La pregunta formulada es una pregunta investigable y está bien redactada es decir: la pregunta no tiene errores gramaticales y especifica los parámetros de la investigación, las relaciones entre las variables de causa / efecto.	¿La masa del péndulo influirá en el período de oscilación?
0	La pregunta es investigable, pero debe modificarse debido a: <ul style="list-style-type: none"> - La pregunta tiene algunos errores gramaticales (es decir, la redacción de la pregunta debe mejorarse). - O la pregunta no especifica los parámetros de la investigación o no toma en cuenta la relación de causa /efecto. 	¿La masa que se coloca en el resorte hace que se estire más? Debió colocarse: ¿La cantidad de masa que se coloca en el resorte influye en el cambio de longitud del mismo? ¿En el movimiento del péndulo influirá la longitud? No indica en qué aspectos del movimiento del péndulo: período, amplitud, frecuencia influye la longitud.

Nota: adaptada de Graves y Rutherford (2012, p. 48).

D. Nivel de indagación de la actividad propuesta

Para clasificar las actividades experimentales propuestas, se tomarán en cuenta los niveles de indagación propuestos por Banchi y Bell (2008), quienes consideran cuatro niveles de indagación: indagación confirmatoria, indagación estructurada, indagación guiada e indagación abierta. La diferencia entre uno y otro nivel radica en la autonomía que va adquiriendo el alumno en el planteamiento y ejecución de la investigación (ver Tabla 3.10).

E. Diseño experimental

Para la evaluación del diseño experimental propuesto en las actividades experimentales de los profesores se tomará en cuenta el hecho de que los alumnos deberán poner en práctica las habilidades necesarias para hacer indagación científica, como comenta Harlen (2011): “conocer las habilidades no es lo mismo que saber usarlas (...) una meta de la enseñanza de las ciencias es complementar este conocimiento con la capacidad para usar habilidades al realizar una investigación” (p. 40).

Tabla 3.10

Niveles de indagación de las actividades experimentales

Nivel de indagación	Pregunta	Procedimiento	Resultado
Nivel confirmatorio	Dada por el profesor	Dado por el profesor	Dado por el profesor
Nivel estructurado	Dada por el profesor	Dado por el profesor	Encontrado por el alumno
Nivel guiado	Dada por el profesor	Diseñado por el alumno	Encontrado por el alumno
Indagación abierta	Planteado por el alumno	Diseñado por el alumno	Encontrado por el alumno

Nota: Adaptado de Banchi y Bell (2008, p. 27).

Dentro de lo que se ha denominado diseño experimental, se considerarán los siguientes aspectos: formulación de hipótesis, control de variables y procedimiento a seguir.

- *Formulación de hipótesis*

En la formulación de hipótesis, se considera el hecho de que éstas deben tomar en cuenta el efecto de la variable que se va a cambiar sobre la variable de la cual se espera una respuesta. Tomando en cuenta esta definición, se considerará con valor cero (0) la hipótesis mal redactada. También se considerará con este valor si la hipótesis planteada no tiene relación con la pregunta investigable propuesta.

En el caso de que se plantee al menos una hipótesis y esté correctamente formulada, se asignará el valor de uno (1). En la Tabla 3.11 se presenta una ejemplificación.

- *Variables a controlar*

Las variables son aquellos factores del experimento que se pueden variar o cambiar. En el caso de las actividades experimentales propuestas por los profesores, se considerarán los siguientes aspectos: (a) identificación de la variable dependiente, (b) identificación de la variable independiente, (c) identificación de las variables de control.

Si en las actividades experimentales propuestas no se define alguna de estas variables, se le asignará el valor de cero (0). En cambio, si están correctamente definidas se les asignará el valor de uno (1).

A manera de ejemplo se describirá el movimiento de un péndulo, siendo la pregunta investigable: ¿Influirá la longitud del péndulo en la frecuencia de su movimiento?, para lo cual las variables de control serán: la masa del péndulo y el ángulo desde dónde empieza a oscilar el mismo. La variable dependiente será la frecuencia y la independiente la longitud. En este caso se asignará el valor de 1. Si al momento de designar las variables se hubiera

planteado que la dependiente era la longitud y la independiente era la frecuencia el valor asignado hubiera sido cero.

Tabla 3.11

Ejemplo de redacción de pregunta investigable

Puntaje asignado	Pregunta investigable formulada	Ejemplos
1	¿Influirá la concentración en la velocidad de reacción del vinagre con el bicarbonato?	Pensamos que si la concentración del vinagre aumenta la velocidad de reacción también aumentará, por ello si comparamos dos reacciones una con menor concentración de vinagre y otra con mayor concentración, en la de mayor concentración el CO ₂ ocupará el volumen del globo más rápido.
0	¿Cuál clavo se oxidará primero: el que está al ambiente o el que está con aceite? ¿Cuál cubo de hielo se derretirá más rápido el que está hecho de agua con sal o el que no tiene sal?	Si creemos que el aceite impide la oxidación del clavo, entonces si ponemos un clavo dentro de un vaso con aceite se oxidará menos, que dentro del agua en un mismo período de tiempo. El cubo de hielo se derretirá en menos de media hora. En esta hipótesis no se hace referencia a cual cubo de hielo, se da un dato general.

- *Procedimiento a seguir*

En el caso del procedimiento a seguir se les pedirá a los profesores que – independientemente del nivel de indagación con el que planteen sus actividades experimentales–, detallen los pasos que seguirían en el desarrollo de la actividad experimental y que lo representen en un esquema. Se considerará que, si el procedimiento a seguir está completo, y es adecuado a la pregunta investigable propuesta, se asignará el valor de uno (1); en caso contrario, se le asignará el valor de cero (0).

Por ejemplo, si se está tratando de resolver la siguiente pregunta investigable: ¿la masa del carro influirá en el tiempo que demora recorrer un plano inclinado?, se deberá detallar en el procedimiento que se señalará el punto de partida y de llegada, además cómo se usará el cronómetro, es decir en qué momento se activa y en qué momento se para, cuántas veces se harán las mediciones. Si estas indicaciones no están claramente explicitadas o faltan de manera que se pueden introducir errores se asignaría el valor de cero.

3.8.3. Diseño para analizar la relación entre el modelo de la sesión de clase y las preguntas investigables propuestas.

3.8.3.1. Justificación del diseño.

Encontrar una relación entre el modelo de la sesión de clase, los elementos que se incorporan en ella (ver Figura 3.13) y el efecto que produce en la formulación de las actividades experimentales de parte de los profesores, aportará indicios sobre qué tipo de estrategias, recursos y secuencias son las más adecuadas para implementar en el proceso de formación docente.

3.8.3.2. Pregunta de investigación.

La pregunta de investigación que se plantea para esta fase de la investigación es la siguiente:

¿Qué elementos de las sesiones de clase favorecerán la elaboración de preguntas investigables de parte de los profesores?

3.8.3.3. Instrumentos de recogida de datos utilizados.

Para recoger la información, se usarán cuestionarios semiestructurados que permitirán recoger las percepciones que tienen los profesores acerca de los elementos de las sesiones de clase que les ayudan en la elaboración de las actividades experimentales, así como aquellos que no. También se hará uso del análisis de los audios y videos de las sesiones de clase.

3.8.3.4. Análisis de datos.

Para el análisis de las respuestas a los cuestionarios se utilizará la teoría fundada *grounded theory* (Glaser & Strauss, 1967), buscando patrones emergentes en los testimonios de los docentes que den cuenta de los factores que habían influido, desde su percepción, en los cambios observados.

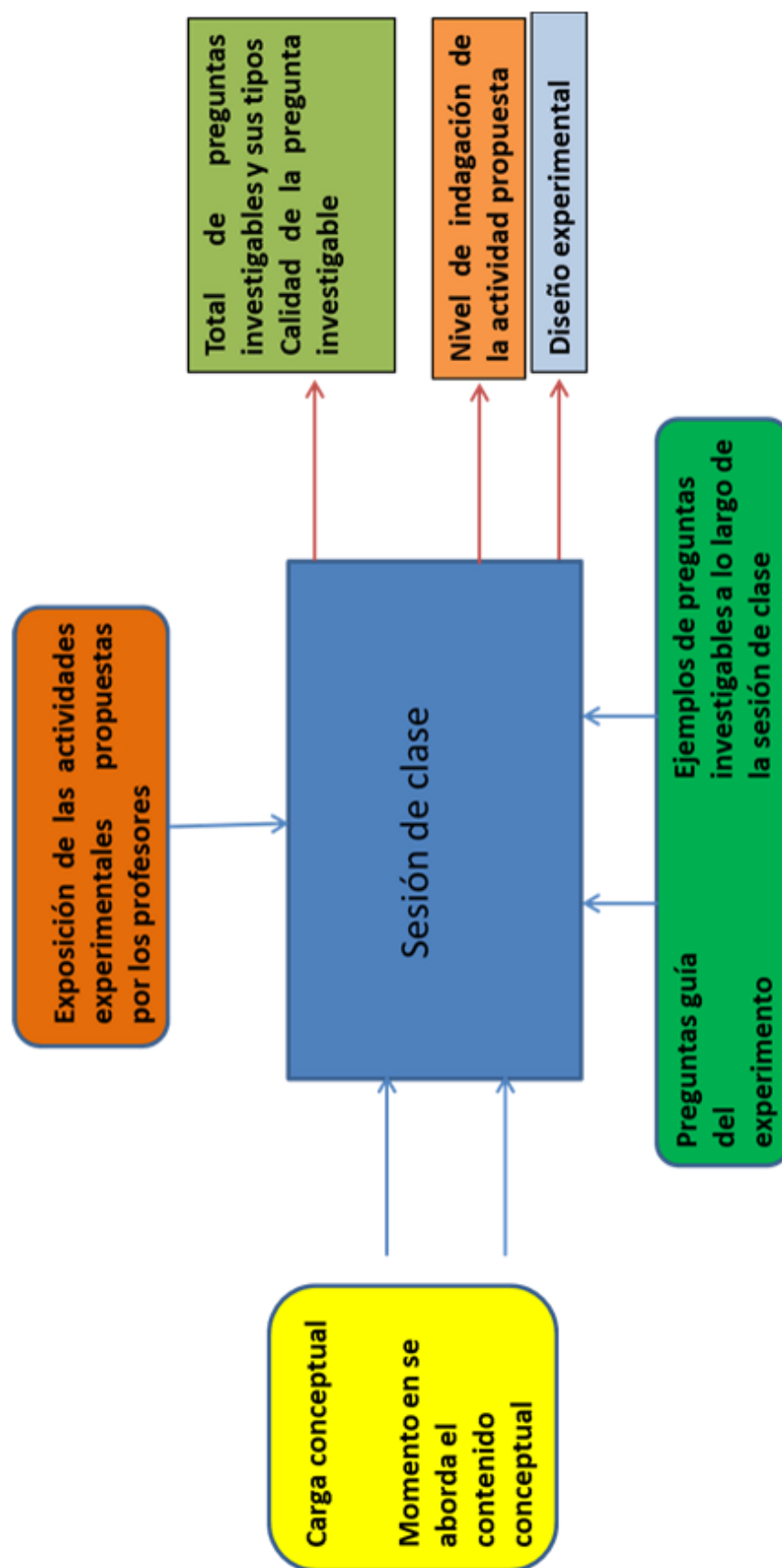


Figura 3.13. Relación entre los elementos que caracterizan a una sesión de clase y los parámetros a considerar en las actividades experimentales propuestas por los profesores.

3.8.4. Diseño del análisis de impacto de la Especialización en el nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas.

Para analizar el impacto de la Especialización, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los niveles de indagación de las actividades experimentales que proponen los profesores del nivel Secundaria en su aula de clase antes de comenzar el curso de desarrollo profesional?

Para resolver esta primera pregunta, se partirá de los datos extraídos en la fase de diagnóstico, acerca de los niveles de indagación de las actividades propuestas.

- ¿En qué medida varían los niveles de indagación de las actividades experimentales propuestas por los profesores a lo largo del curso?

Esta pregunta se plantea resolver considerando las dos partes cronológicas de la Especialización, el primer semestre académico y el segundo. Los datos obtenidos de la fase proceso se compararán tomando en cuenta este criterio.

- ¿Qué aspectos desarrollados en las sesiones de clase y en la propia práctica docente en las escuelas contribuyen a dicha variación?

Para resolver esta pregunta, se aplicarán dos instrumentos de recolección de datos para conocer las percepciones de los profesores respecto de las actividades propuestas y su proceso de aprendizaje en el curso: (a) un cuestionario semiestructurado al finalizar cada una de las sesiones de clase y (b) un cuestionario semiestructurado aplicado al final de los semestres académicos. Las preguntas formuladas se detallan a continuación (ver Anexo E):

- ¿Qué aprendí hoy?
- ¿Cambió en algo lo que ya sabía? ¿En qué?
- ¿Cómo cambiaría mi práctica docente a partir de lo que hemos visto en clase?

El segundo cuestionario estará destinado a conocer la percepción de los profesores acerca de los contenidos impartidos, la metodología empleada por el docente capacitador y los cambios producidos en su propia práctica docente. A continuación, se detallan las preguntas planteadas (ver Anexo F).

- ¿Qué aprendí en el curso?
- ¿Cambió lo que pensaba al principio respecto a cómo enseñar ciencias en el aula de clase? ¿Por qué?

- ¿Qué es lo que más me llamó la atención del curso?
- ¿Cómo lo he ido aplicando en mi práctica docente?
- Algunos de los temas desarrollados en el curso quizás no los hayan aplicado aún, quizás por el hecho de que considera difíciles de llevar a su aula de clase. Si fuera así, ¿qué dificultades tendría en aplicar lo aprendido en mi salón de clase?

Para el análisis de las respuestas a los cuestionarios, se utilizará la teoría fundada *grounded theory* (Glaser & Strauss, 1967), buscando patrones emergentes en los testimonios de los docentes que den cuenta de los factores que habían influido, desde su percepción, en los cambios observados. Las respuestas se procesarán a través del *software* AQUAD-7, cuyos resultados permiten hacer un análisis de la frecuencia con la cual los profesores hacían referencia a una u otra palabra clave, lo cual daría un indicio de lo que fue más significativo para cada pregunta formulada.

3.9. Diseño del análisis de las actividades experimentales propuestas por los profesores como trabajos libres en la Especialización

3.9.1. Justificación del diseño.

Un aspecto importante que se plantea tomar en cuenta es la elaboración de actividades experimentales de parte de los profesores sin contar con la ayuda de la docente y que se puedan aplicar en su propia clase.

3.9.2. Pregunta de investigación.

La pregunta de investigación que se plantea es: ¿qué cambios en la formulación de las actividades experimentales que llevaban a su aula de clase se produjeron en los profesores?

3.9.3. Instrumentos de recogida de datos utilizados.

El instrumento elegido como más adecuado para poder recoger la información que se necesita para evaluar el avance en la elaboración de los diseños de las actividades experimentales de parte de los profesores, lo constituirá el informe individual de cada profesor sobre la actividad experimental que propondrá (ver Anexo G). Dicho informe será como una guía de la actividad experimental realizada, de tal manera que aportará la información suficiente para ser replicada por otro profesor, es decir, deberá contener los pasos que se deberían seguir en una actividad, la pregunta investigable a plantear, cómo se interactuará con los alumnos, el material a usar, el tipo de habilidad a promover en los alumnos, etc. Además, se deberá redactar un solucionario de dicha actividad experimental,

que incluirá, por ejemplo: las hipótesis y predicciones, el procedimiento a seguir, los resultados, las conclusiones, etc.

En base a esta propuesta se plantea que, al finalizar cada semestre académico, se les pida a los profesores elaborar el informe de una actividad experimental de manera individual, acerca de un tema que puedan desarrollar en su propia aula de clase. Esta actividad deberá partir de una pregunta investigable y describir de manera clara y detallada cómo la llevarían a cabo en su aula de clase.

Al utilizar como instrumento los informes, se plantea que se podrá utilizar como técnica el análisis de contenido de ambos informes donde se presentan las actividades experimentales diseñadas por el profesor sin ayuda del docente. Estas actividades se toman como ejemplos para profundizar en el análisis de los casos presentados.

3.9.4. Análisis de datos.

Para contestar la pregunta de investigación planteada en esta sección, se tomará en cuenta lo siguiente:

El período académico en el cual se desarrollará la investigación comprenderá dos semestres, separados por un período vacacional. Durante este tiempo los profesores estarán dictando clases en sus respectivos colegios.

Tomando en cuenta este dato, se plantea como tarea de fin de semestre (ver Figura 3.14) solicitar a los profesores la elaboración de una actividad experimental que pueda aplicarse en su aula de clase. A dichas actividades se les denominará TL1: Trabajo Libre 1, y TL2: Trabajo Libre 2. Se plantea dar la denominación de trabajo libre porque la tarea encomendada tendrá como característica que los profesores de manera individual elegirán el tema y el año escolar en el cual cada quien diseñará la actividad.

En dichos trabajos que se presentarán a manera de un informe, se les solicitará a los profesores que en su desarrollo tengan en cuenta los siguientes puntos (ver Anexo G): (a) debe relacionarse con los contenidos conceptuales que se imparten en la escuela peruana, (b) en dicho trabajo deben explicar: los conceptos teóricos involucrados, el procedimiento a seguir (qué les pedirán hacer a los alumnos), quiénes plantean la pregunta investigable, quiénes el diseño experimental, etc., es decir, deberán señalar explícitamente, por ejemplo, si el profesor plantea la pregunta de investigación o lo hace el alumno, (c) si la pregunta investigable es formulada por el alumno, deben incluir en su trabajo una alternativa posible,

igualmente si el diseño experimental lo realizará el alumno. En el trabajo los profesores deben realizar su respectiva propuesta. De esta manera, se podrá contar con la información suficiente para evaluar la pregunta investigable, el diseño experimental, las hipótesis propuestas, etc.

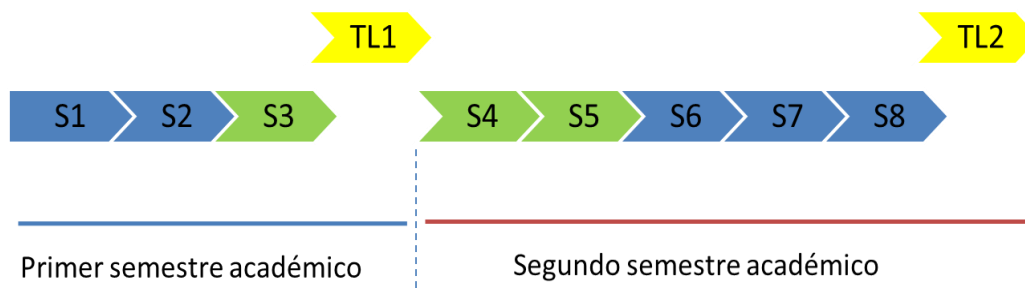


Figura 3.14. Ubicación de los trabajos libres uno y dos en el contexto de las sesiones de clase.

Con las actividades experimentales desarrolladas en cada sesión de clases agrupadas por semestre académico y los trabajos libres, se realizarán 3 tipos de análisis:

- Comparar las actividades experimentales propuestas en el primer semestre académico (Sesión 1, 2 y 3) y TL1.
- Comparar las actividades experimentales propuestas en el segundo semestre académico (Sesión 4, 5, 6, 7 y 8) y TL2.
- Comparar las actividades experimentales propuesta en TL1 y TL2.

El análisis de los datos será similar al descrito para las actividades experimentales propuestas en la Especialización (ver Figura 3.9).

3.9.4.1. Cambios en el primer semestre académico y TL1.

Para evaluar la evolución en el planteamiento de las actividades experimentales entre el primer semestre y TL1, se realizará el mismo análisis planteado para TL1 y TL2, siendo el primer semestre las sesiones 1, 2 y 3. Además se hace uso del análisis de contenidos de las actividades experimentales planteadas en ambos casos.

3.9.4.2. Cambios en el segundo semestre académico y TL2.

Para evaluar la evolución en el planteamiento de las actividades experimentales entre el segundo semestre y TL2, se realizará el mismo análisis planteado para TL1 y TL2, siendo el segundo semestre, las sesiones 4, 5, 6, 7 y 8. Además se hace uso del análisis de contenido de las actividades experimentales planteadas en ambos casos.

3.9.4.3. Cambios en las propuestas entre TL1 y TL2.

Para evaluar la evolución en el planteamiento de las actividades experimentales entre los trabajos libres 1 (TL1) y 2 (TL2), se plantea un análisis estadístico de los datos obtenidos procesándolos con el software estadístico STATA, con el fin de comparar la media de dos muestras y determinar si existen diferencias entre ellas para luego analizar un patrón “CD” (buena redacción y diseño experimental adecuado), por tanto, se pretende:

- a) Hacer una comparación de la cantidad de preguntas investigables o no en cada trabajo libre.
- b) Hacer una comparación de acuerdo al tipo de pregunta investigable planteada.
- c) Hacer una comparación de acuerdo al nivel de indagación propuesto, según los niveles determinados por Banchi y Bell.
- d) Evaluar la redacción de las preguntas investigables planteadas en cada trabajo libre comparando los resultados para evaluar si existe diferencia estadísticamente significativa. Para evaluar la redacción de las preguntas se utilizará la adaptación de la rúbrica propuesta por Graves y Rutherford (2012).
- e) Evaluar los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales planteadas por los profesores en los trabajos libres.
- f) Analizar el diseño experimental propuesto en las actividades experimentales planteadas por los profesores en ambos trabajos, evaluando la formulación de hipótesis, el procedimiento a seguir, el control de variables y el análisis global del diseño experimental.

Analizar el número de actividades experimentales que tienen un mismo patrón en los diferentes niveles de indagación, cuidando de que se considere que parten de una pregunta investigable, que se encuentra bien redactada y, además, que el diseño experimental propuesto es el adecuado. Cuando se cumplen todos estos criterios se determina la actividad como “mejor actividad desarrollada”.

Capítulo IV

Resultados: Fase

Diagnóstica

4.1. Introducción

La fase diagnóstica constituyó la etapa previa a la Especialización, en la cual se planteó resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿qué conocimientos y experiencias sobre el modelo didáctico de enseñanza por indagación tenían los profesores antes de participar en la Especialización?

Para resolver la pregunta, se le subdividió en dos:

- a. ¿Qué tipo de actividades experimentales llevaban los profesores al aula de clase antes de la Especialización?
- b. ¿Cómo identificaban los profesores el modelo didáctico de enseñanza por indagación en los experimentos que llevaban a clase y en qué se basaban?

Para responder a la pregunta (a), se analizaron los registros narrativos de los profesores sobre dos actividades experimentales que hubiesen llevado adelante en el aula de clase. Cada profesor participante debió elegir y narrar detalladamente dos sesiones de clases realizadas anteriormente en su escuela en las que hubiera propuesto a sus alumnos realizar actividades experimentales. La consigna asignada fue:

Recordar y narrar por escrito dos actividades experimentales que propusieron en su aula de clase, detallando las preguntas que formularon a sus alumnos durante el desarrollo de las mismas. También deberán explicar qué les solicitaron a los alumnos que hicieran durante la actividad, por ejemplo, si les pidieron que planteen hipótesis, realicen mediciones, hagan gráficos, etc.

Para responder a la pregunta (b) se realizó un análisis de las respuestas a una pregunta abierta formulada al inicio de la Especialización:

Recuerde una clase con experimentos, redáctela y explique cómo aplicó el modelo didáctico por indagación.

Además, este análisis se complementó con una revisión de las orientaciones impartidas en los documentos oficiales del Ministerio de Educación del Perú para conocer la fuente de donde los profesores se basaban para elaborar el diseño de sus actividades experimentales.

A continuación, se describen los hallazgos obtenidos para cada una de las preguntas formuladas.

4.2. ¿Qué tipo de actividades experimentales llevaban los profesores al aula de clase antes de la Especialización?

4.2.1. Actividades experimentales y actividades no experimentales.

Si bien en la consigna se les pidió a los profesores que relataran actividades experimentales realizadas en sus clases previo a la Especialización, del análisis de las actividades propuestas por los profesores se ha encontrado que solo el 80.0% de las mismas corresponden a actividades experimentales, mientras que el 20.0% corresponden a actividades no experimentales (ver Figura 4.1). Como actividades experimentales se han definido aquellas que implican la realización de un experimento, es decir, una actividad cognoscitiva mediante la cual se busca responder a una pregunta investigable, contrastando una o varias hipótesis relacionadas con un determinado fenómeno, para establecer el posible efecto de una causa que se manipula (Zimmerman, 2007). Así, no se incluyeron otras actividades empíricas como las demostrativas (para probar algo que se conoce de antemano), de medición de una magnitud (pero que no implican conocer el efecto de otras variables), o de simple observación.

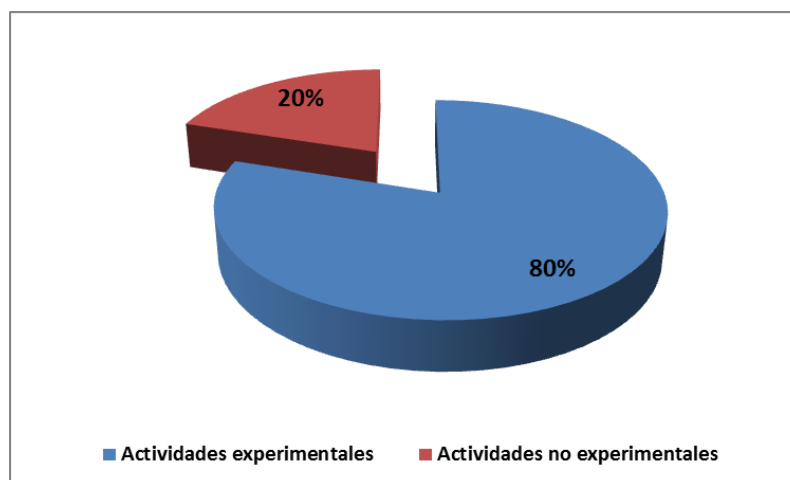


Figura 4.1. Distribución de las actividades experimentales y no experimentales propuestas por los profesores al inicio de la Especialización.

Los resultados obtenidos muestran que los profesores antes de empezar la Especialización tenían dificultades para diferenciar el concepto mismo de actividad experimental. Así, un análisis de las actividades no experimentales propuestas por los docentes (identificadas por ellos como actividades experimentales) muestra que el 85.7% de las mismas están planteadas como situaciones de búsqueda de información que siguen las propuestas plasmadas en la OTP (Ministerio de Educación del Perú, 2010), en las cuales se plantean una serie de

preguntas que los alumnos deben resolver acudiendo a libros, o a internet. Este resultado también podría ser una consecuencia del hecho de que en la OTP (Ministerio de Educación del Perú, 2010) se menciona como dos capacidades a desarrollar en los alumnos la “Indagación y la experimentación” (p. 9), lo cual puede originar confusión entre los profesores.

Como ejemplo de una actividad no experimental se puede citar la siguiente: “Primero pregunto a los alumnos: ¿cómo se llama nuestro planeta?; ¿nuestro planeta realiza movimientos?; ¿qué origina esos movimientos?” (P5)- Tema: Movimientos de la tierra. En este caso se consideró como actividad no experimental, ya que, para encontrar la solución de las preguntas planteadas, los alumnos deberían acudir a libros, revistas o internet, no siendo necesario la realización de experimentos para dar una respuesta.

4.2.2. Habilidades de proceso científico que pondrían en juego los alumnos al desarrollar las actividades experimentales propuestas por los profesores.

Uno de los objetivos de esta primera parte de la investigación era indagar sobre las habilidades de proceso científico que los alumnos debían poner en juego cuando desarrollaban las actividades experimentales propuestas por los profesores, como modo de caracterizar las actividades experimentales que los profesores de la Especialización proponían al inicio del programa.

De acuerdo a los resultados encontrados, dentro de las actividades descritas por los profesores se identifica que en general se proponen observaciones cualitativas en un 89.3% de actividades y observaciones de tipo cuantitativo en un 10.7%. Además, se identifica que los profesores les piden a los alumnos que planteen hipótesis en un 16.1%, utilizan aparatos de medida o aplican técnicas para desarrollar la actividad en un 37.5%, les piden a los alumnos que anoten los resultados en un 100% y en un 5.4% de las actividades se les solicita realizar cálculos numéricos.

Con la finalidad de identificar cómo concebían las actividades experimentales los profesores en función de las habilidades de proceso científico, se analizaron las habilidades propuestas en las actividades experimentales de los profesores a través del software AQUAD-7 con el objeto de buscar patrones de habilidades. Los resultados obtenidos muestran los siguientes patrones: en el 10.7% de las actividades experimentales propuestas se promueven las observaciones cualitativas, se les plantea a los alumnos que elaboren hipótesis y que anoten resultados; en un 25.0% de las actividades experimentales se les

solicita que hagan observaciones cualitativas, apliquen técnicas y anoten resultados, en un 1.8% los alumnos hacen observaciones cualitativas, aplican técnicas, anotan resultados y plantean hipótesis, en un 51.8% los alumnos sólo hacen observaciones cualitativas y anotan resultados, en un 3.6% los alumnos hacen observaciones cuantitativas, plantean hipótesis, utilizan aparatos y anotan resultados, en un 5.4% de las actividades los alumnos hacen observaciones cuantitativas, utilizan aparatos o aplican técnicas, anotan los resultados y realizan cálculos numéricos, por último en un 1.8% los alumnos hacen observaciones cuantitativas, utilizan aparatos y anotan resultados (ver Figura 4.2). Estos resultados nos dan indicios de que la mayor parte de los profesores tienen, al inicio de la Especialización, una concepción de las actividades experimentales focalizadas en que los alumnos realicen observaciones cualitativas y anoten los resultados obtenidos, y que resta fortalecer el trabajo con otras habilidades tales como el planteamiento de hipótesis, la elaboración del diseño experimental, el control de variables.

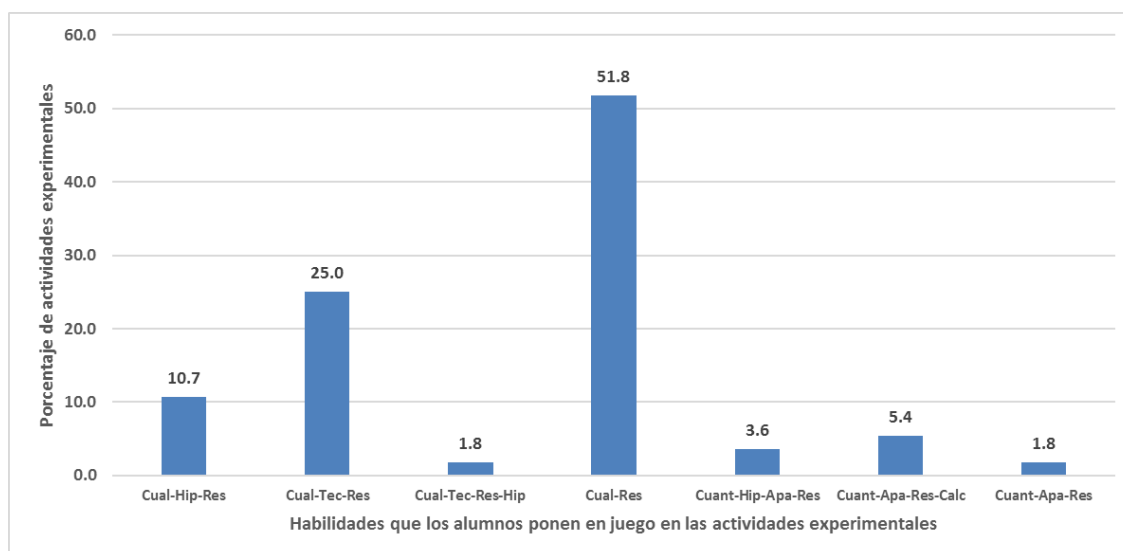


Figura 4.2. Porcentaje de las actividades experimentales de acuerdo a las habilidades de proceso científico que pondrían en juego los alumnos al desarrollarlas. Nota: Cual: observaciones cualitativas; Hip: plantean hipótesis; Tec: aplican técnicas; Res: anotan resultados; Cuant: observaciones cuantitativas; Apa: utilizan aparatos; Calc: hacen cálculos numéricos.

También se observa que las actividades experimentales descritas por los docentes eran dirigidas por el docente mismo, y que en ellas los alumnos tenían un rol de espectadores pasivos. No se les pedía a los alumnos que formularan preguntas investigables, ni se planteaba que el diseño experimental fuera hecho (ni siquiera parcialmente) con o por los alumnos. No se identificó ningún experimento dirigido fundamentalmente a ayudar a los alumnos a adquirir habilidades de pensamiento científico como poner a prueba hipótesis, o

plantearse preguntas a resolver. También faltaba un trabajo centrado en la recolección y el análisis de datos cuantitativos. La mayor parte de experimentos que se hacían eran de tipo cualitativo, y las habilidades que se propiciaban eran rudimentarias del tipo observación y anotación de resultados, como puede apreciarse en los patrones encontrados.

4.2.3. Nivel de indagación de las actividades propuestas

Otro aspecto a considerar en la caracterización de las actividades experimentales previas a la Especialización lo constituye el nivel de indagación o nivel de apertura con el cual se llevan al aula de clase. Por ello resultó importante evaluar en qué nivel de indagación proponían al inicio las actividades experimentales los profesores.

Del análisis de las actividades propuestas por los profesores al inicio de la Especialización se ha encontrado que el 12.5% propone actividades de nivel de indagación 1 (tipo confirmatorio) y el 87.5% propone actividades de nivel de indagación 2 (nivel de indagación estructurado), confirmando lo descrito en el apartado anterior sobre el rol de los alumnos como implementadores de experimentos ya diseñados completamente por el docente. No se observaron ejemplos de niveles de indagación guiada o abierta. En la Figura 4.3 se puede observar la representación gráfica de la distribución de las actividades experimentales propuestas.

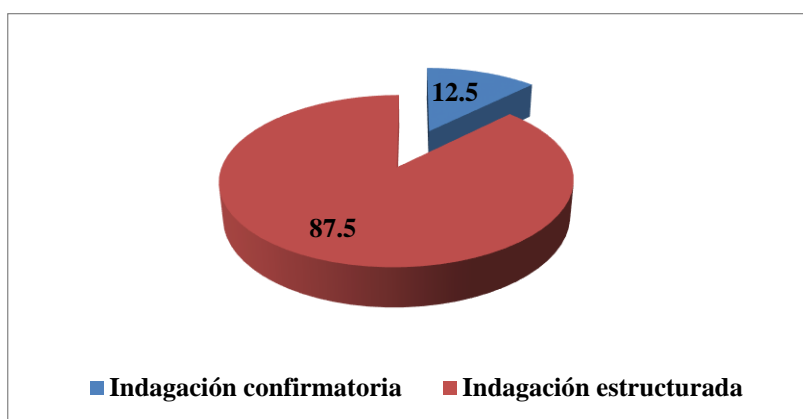


Figura 4.3. Distribución de los niveles de indagación de las actividades experimentales propuestas por los profesores al inicio de la Especialización.

Estos resultados dan indicios de que se antes de la Especialización los profesores daban un especial énfasis a la descripción del procedimiento a seguir y no se le da mucha importancia al tratamiento de la ciencia como proceso de construcción de conocimiento. Esto implica que, al inicio, los profesores conciben a la experimentación como un proceso donde los alumnos deben verificar ideas que los profesores ya les han presentado de

antemano. Así, la experimentación juega el rol de demostrar las ideas teóricas, y no constituye un camino para desarrollar modos de pensamiento asociados a la generación de conocimiento nuevo. La mayor parte de profesores planteó indagaciones estructuradas, en las que los alumnos siguen un protocolo completamente pautado, pero sin que la conclusión de la experiencia esté dada de antemano. Como se observa, ningún profesor planteó, al inicio de la Especialización, que hubiera realizado actividades en el aula en las que los alumnos tuvieran que planificar modos de responder preguntas, o incluso formular preguntas propias, lo que sería propio de aquellas actividades propuestas en un nivel guiado o abierto.

4.2.4. Tipos de actividades experimentales.

También interesó identificar qué tipos de actividades experimentales se llevaban al aula de clase, para lo cual se categorizaron las actividades experimentales propuestas por los profesores al inicio de la Especialización de acuerdo a la clasificación de Caamaño (2011).

Se encontraron la siguiente distribución de acuerdo al tipo de actividad: experiencias perceptivas 17.8%, experiencias interpretativas 25.0%, experiencias ilustrativas 35.7%, ejercicios prácticos para aprender destrezas 7.2% y ejercicios prácticos ilustrativos 14.3%. No se encontraron actividades experimentales investigativas (ver Figura 4.4).

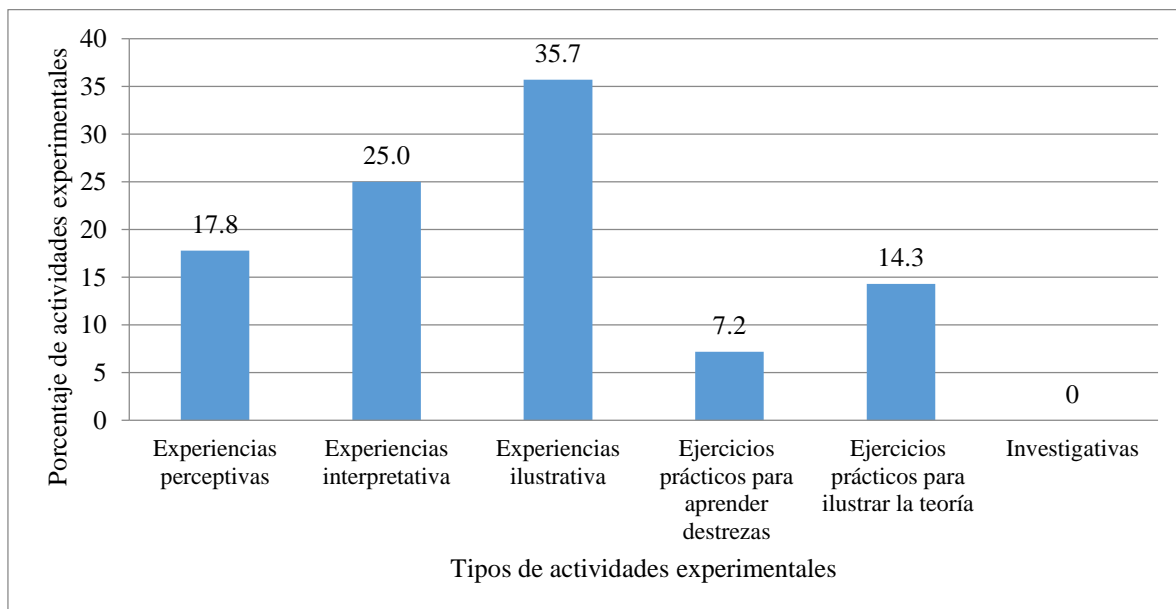


Figura 4.4. Distribución de los tipos de actividades experimentales de acuerdo con Caamaño (2011) propuestas por los profesores al inicio de la Especialización.

Estos resultados nos muestran que los profesores utilizaban en mayor proporción las actividades experimentales para ilustrar la teoría (50.0%) ya sea como una experiencia ilustrativa o como un ejercicio práctico, de otra parte, los trabajos investigativos en los que

se incluían experimentos para responder preguntas cuya respuesta no fuera conocida por los alumnos de antemano no eran llevados al aula de clase antes de la Especialización.

4.2.5. Determinación de patrones que relacionen el tipo de actividad experimental propuesta con el nivel de indagación y las habilidades de proceso científico que se deben poner en juego los alumnos.

Para continuar profundizando en la descripción de las actividades experimentales que los docentes proponían al comienzo de la Especialización e integrar los dos apartados anteriores, después de haber categorizado cada actividad experimental propuesta por los profesores, se procesaron los datos en AQUAD-7 para la determinación de patrones que relacionaran el tipo de actividad experimental propuesta con el nivel de indagación y las habilidades de proceso científico que se deben poner en juego los alumnos. Para una mayor claridad y facilidad en la lectura de los patrones obtenidos se muestra en primer lugar la codificación de los criterios en la Tabla 4.1. Y se determina que las letras mayúsculas serán equivalentes a la presencia del criterio establecido y las minúsculas a la no presencia.

Tabla 4.1

Codificación de criterios para patrones

Criterio	Descripción
A	Experiencias perceptivas.
B	Experiencias interpretativas
C	Experiencias ilustrativas
D	Ejercicios para aprender destrezas
E	Ejercicios ilustrativos
F	Observaciones cualitativas
G	Observaciones cuantitativas
H	Formula hipótesis
I	Utiliza aparatos para hacer mediciones o aplica técnicas
J	Consiga resultados
K	Realiza cálculos numéricos
L	Nivel de indagación estructurado

Se ilustra a través del siguiente ejemplo el significado de las letras mayúsculas y minúsculas, en la Tabla 4.1, en la primera columna se muestra la letra F, la cual tiene como criterio asociado que se realicen observaciones cualitativas, si en el patrón se encuentra una efe (F mayúscula) el significado es que si se realizan y si en el patrón se encuentra una efe (f minúscula) es que no se realizan las observaciones cualitativas. En el caso del valor de L, la lectura a realizar es la siguiente: “L” representa que la actividad se realiza en el nivel de indagación estructurado y “l” representa el nivel de indagación confirmatorio.

4.2.6. Determinación de patrones de las habilidades puestas en juego por los alumnos en las actividades experimentales con nivel de indagación estructurado, propuestas por los profesores.

4.2.6.1. Actividades experimentales del tipo experiencias perceptivas.

Según Caamaño (2011), las experiencias perceptivas son “actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva de los fenómenos” (p. 148).

A. Evidencias encontradas

A continuación, se ejemplificarán algunas de las evidencias encontradas en las actividades propuestas por los profesores. En una clase de reacciones químicas el profesor (P25) les plantea a los alumnos el tema a trabajar. Les comenta -según el análisis de los documentos presentados- que: “estudiarían cómo identificar si ocurría una reacción química, por los cambios de color, o desprendimiento de gases que se originarían cuando se mezclaran los reactivos”. Posteriormente va dándoles instrucciones y les entrega el material con el cual trabajarán, les proporciona una tiza, jugo de limón, agua y vasos descartables. Les indica que deben partir la tiza en dos partes, colocar en un vaso el jugo de limón y en el otro el agua y luego agregar la tiza.

En las líneas anteriores se evidencia como el profesor les da a sus alumnos las indicaciones del proceso a realizar. Además, textualmente les indica: deben observar y hacer anotaciones de los resultados obtenidos. Del análisis del contenido, se puede concluir que la actividad experimental descrita corresponde a una experiencia perceptiva, ya que los alumnos hacen uso del sentido de la vista para observar la formación de burbujas, se puede añadir que por el tipo de observación realizada es de tipo cualitativa. En cuanto al nivel de indagación de esta actividad, se puede considerar como estructurado, dado que el profesor les plantea el tema a resolver, les suministra las indicaciones y finalmente, les propone que encuentren los resultados y elaboren las conclusiones. Una actividad de este tipo tiene importancia cuando se está introduciendo el tema de reacciones químicas y cumple con el objetivo de que los alumnos se familiaricen con el fenómeno, que reconozcan cómo se transforman los reactivos en productos. Las habilidades que se promueven con la misma son básicas: de observación y anotación de resultados obtenidos.

Este mismo esquema se encuentra en la actividad propuesta por el profesor identificado como (P7), el cual al tratar en el curso de química el tema de la oxidación, utiliza como recurso un clavo. Les indica a sus alumnos el proceso que deben seguir y luego les pide que

observen y anoten en su cuaderno: “Les llevé a clase un clavo sin oxidar y les dije: ¿por qué creen que se oxida un clavo? Luego lo dejé en agua y en aceite y les dije que observaran y anotaran en su cuaderno”.

Este tipo de actividades también se evidencian cuando los profesores desarrollan temas de física, como en la actividad propuesta por el profesor (P2) que, tratando los tipos de fuerza, propone la siguiente actividad:

En la clase de fuerzas, se realizó diversos experimentos para identificar las clases de fuerza: a contacto y a distancia. Primero realizábamos el experimento y luego planteábamos interrogantes, por ejemplo, si acerco un imán a un clavo o a un clip, ¿qué tipo de fuerza es? a través de las cuales ellos descubrían a qué nos referíamos con el experimento. Tenían que apuntar sus observaciones en el cuaderno.

Se puede deducir a partir de su narración, que el profesor a través de una serie de indicaciones conduce a los alumnos a “sentir” la fuerza que ejerce un imán cuando se acerca a un clavo o a un clip, contrastando esta observación con lo explicado en clase. Al tener que identificar el tipo de fuerza, los alumnos deben elaborar sus propias conclusiones.

B. Patrón FghJkL

Se ha encontrado un patrón FghJkL (ver Figura 4.5) en diez casos [2, 4, 7, 13, 14, 15, 16, 19, 25, 36] –que representan el 14.3% del total de actividades analizadas– en el cual los profesores plantean experiencias perceptivas.

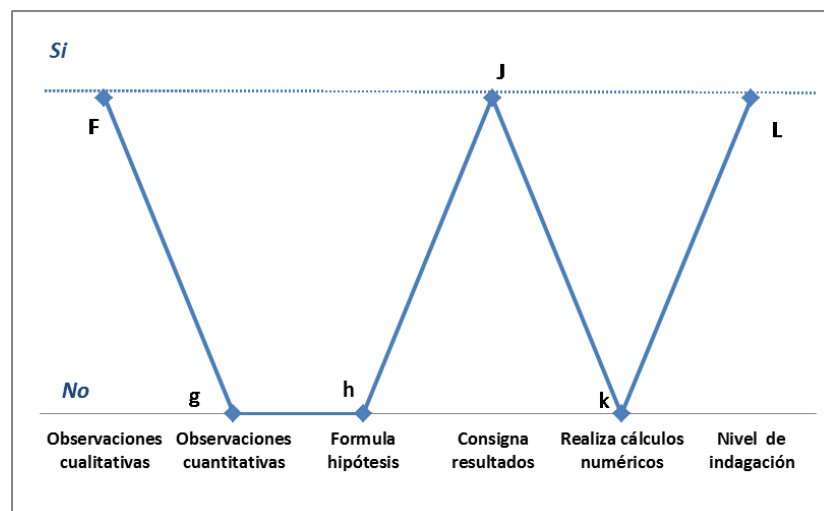


Figura 4.5. Representación gráfica del patrón FghJkL.

Cuando los alumnos desarrollen las experiencias que tienen este patrón harán observaciones de tipo cualitativo, no harán observaciones cuantitativas, no formularán

hipótesis, independientemente si utilizan aparatos o técnicas, consignarán resultados y no realizarán cálculos numéricos; el nivel de indagación de las actividades propuestas es del tipo estructurado.

4.2.6.2. Actividades experimentales del tipo experiencias interpretativas

Las experiencias interpretativas tienen como objetivo promover que los alumnos emitan hipótesis de lo que observan e interpreten lo que sucede a partir de sus propias ideas del fenómeno en cuestión (Caamaño, 2011; White & Gunstone, 1992).

A. Evidencias encontradas

Otro grupo de actividades propuestas por los profesores invita a los alumnos a predecir un resultado e interpretar lo que observan a través de la experimentación. Es el caso de profesor (P9), quien propone como actividad experimental la observación de la llama de una vela:

Llevé a clase una vela, vasos de vidrio y platos. Luego, les pedí que colocaran la vela sobre el vaso, dejando caer cera en el mismo. Cuando pegaron la vela al plato, les pedí que colocaran encima un vaso de vidrio cristalino. Pero, antes les pregunté: ¿qué creen que pasará?, ellos comentaron lo que creían que sucedería y luego, colocaron el vaso encima de la vela encendida. En pocos segundos, la vela se apagó y anotaron en su cuaderno lo que observaron. Luego les pedí que expliquen por qué creían que sucedía esto.

Como se puede apreciar, en la descripción de su actividad experimental, el profesor les suministra a los alumnos las indicaciones a seguir, pero a diferencia de las actividades comentadas en las líneas precedentes, antes de ejecutar el experimento les invita a plantear una predicción. Posteriormente, los pone en contacto con el fenómeno, para luego pedirles que intenten dar una explicación a lo que han observado. En esta actividad, se promueve que los alumnos relacionen la teoría con lo que observan, lo cual enriquece la experiencia.

En esta misma línea, se puede citar otra actividad experimental planteada por el profesor (P35), quien describe cómo llevó a cabo su actividad experimental cuando trató el tema de la permeabilidad de los suelos. En sus anotaciones se puede recoger lo siguiente:

En una clase estábamos tratando el tema de los suelos, cogimos varias muestras de arena, tierra de jardín y arcilla. Luego, les pregunté: ¿cuál tipo de suelo creen ustedes que retenga más agua?; ¿por qué creen esto? Luego les dibujé en la pizarra el esquema

de cómo se haría el experimento, con botellas, tela y embudos. Los alumnos hicieron sus comparaciones, luego anotaron sus resultados, los compararon con sus predicciones y llegaron a sus conclusiones.

De manera similar a la actividad descrita anteriormente, el profesor les plantea el tema a estudiar, les indica el procedimiento a seguir y los alumnos llegan a conclusiones, pero en este caso se pide que tengan en cuenta las predicciones que hicieron. En cuanto a la autonomía del alumno para llevar a cabo la actividad, se puede inferir que corresponde a una indagación estructurada.

B. Patrón FgiJkL

Se ha encontrado el patrón (ver la Figura 4.6) FgiJkL en once casos [3, 6, 8, 12, 38, 44, 54, 56, 57, 68, 70] –que representan el 15.7% del total de actividades analizada– en los cuales los profesores plantean actividades experimentales de tipo interpretativo, las cuales promueven que los alumnos hagan observaciones cualitativas, no promueven que los alumnos realicen observaciones cuantitativas, independiente de si plantean o no hipótesis, no se utilizan aparatos ni se aplican técnicas en las actividades, sí se les solicita a los alumnos consignar resultados, pero no se realizan cálculos numéricos, y la actividad presenta un nivel de indagación que corresponde a una indagación estructurada.

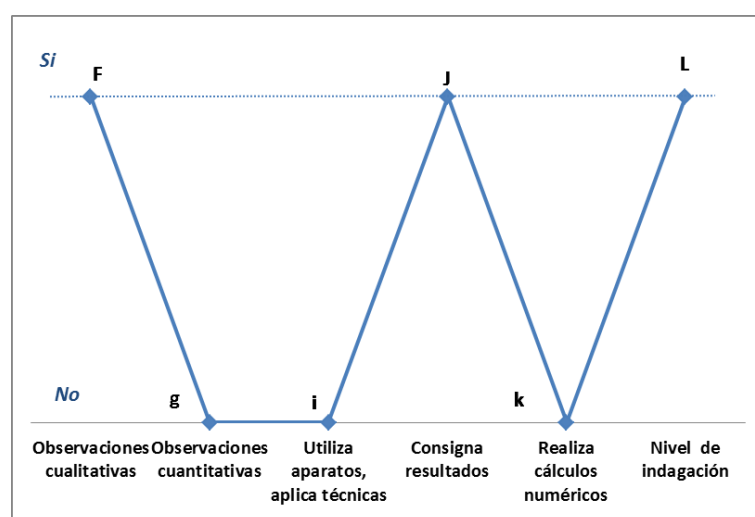


Figura 4.6. Representación gráfica del patrón FgiJkL.

4.2.6.3. Actividades experimentales del tipo experiencias ilustrativas

Según Caamaño (2011), las experiencias ilustrativas son aquellas “destinadas a ilustrar un principio o una relación entre variables” (p. 148).

A. Evidencias encontradas

Del análisis de las actividades propuestas por los profesores se ha encontrado otro grupo de actividades que están más focalizadas en ilustrar una relación entre variables o ilustrar un fenómeno. Por ejemplo, se pueden citar los siguientes casos referidos a temas de física y de biología.

El profesor (P21) en una clase sobre circuitos eléctricos, para explicar el tema del voltaje generado por las pilas, realiza la siguiente actividad:

Para explicar el voltaje que se producía cuando se asociaban pilas en serie, les pedí que cada grupo llevara dos pilas de igual tipo (AA, AAA) nuevas. Del kit de electricidad, usamos, cables, focos y porta bombillas. Luego, les dibujé en la pizarra cómo conectar las pilas. Primero, conectarían el foco con una pila, luego con dos. Basándose en el brillo de los focos, anotarían los resultados en su cuaderno y plantearían sus conclusiones.

En esta actividad, el profesor les plantea a los alumnos el tema a desarrollar, les da a los estudiantes las indicaciones del procedimiento a seguir, les pide que anoten los resultados. Los estudiantes en base a sus resultados, llegan a conclusiones relacionadas con el voltaje generado por cada pila. A partir de esta información, se puede deducir que el nivel de indagación es estructurado, y que las habilidades que promueve se concretan en la observación del brillo del foco en las dos situaciones propuestas.

En otro caso el profesor emplea la actividad experimental para ilustrar el fenómeno de la ósmosis. Los alumnos, contando con las indicaciones del profesor (P5), realizan los pasos que éste les indica, anotan los resultados obtenidos y elaboran sus conclusiones:

Luego de realizar el tema de la membrana celular se les pidió que realizaran el experimento de la papa con azúcar y poner agua en la parte externa y luego después de un tiempo se les pidió que explicaran la ósmosis realizada por la membrana celular.

B. Patrón FghJkL

Se ha encontrado un patrón FghJk en 19 casos [10, 21, 22, 23, 26, 27, 29, 32, 37, 39, 40, 45, 46, 47, 55, 59, 60, 62, 63] –que representan el 27.2% del total de actividades analizadas– en los cuales los profesores plantean actividades experimentales del tipo experimentos ilustrativos, promoviendo observaciones de tipo cualitativo, en estas actividades no se hacen observaciones cuantitativas, no se elaboran hipótesis, independientemente si los alumnos

utilizan aparatos o aplican técnicas, se les indica a los alumnos que deben consignar resultados y no se realizan cálculos numéricos, independiente si la indagación es confirmatorio o estructurada.

Adicionalmente, tomando como criterio positivo que la actividad esté planteada en el nivel de indagación estructurado se ha encontrado (ver la Figura 4.7) un patrón FghJkL en 13 casos [21, 22, 27, 32, 40, 45, 46, 47, 55, 59, 60, 62, 63] –que representan el 18.6% del total de actividades analizadas– donde los profesores plantean actividades experimentales del tipo experimentos ilustrativos, promoviendo observaciones de tipo cualitativo, los alumnos no hacen observaciones cuantitativas, no elaboran hipótesis, independientemente si utilizan aparatos o aplican técnicas, deben consignar resultados y no realizan cálculos numéricos, estando la actividad propuesta en un nivel de indagación estructurada.

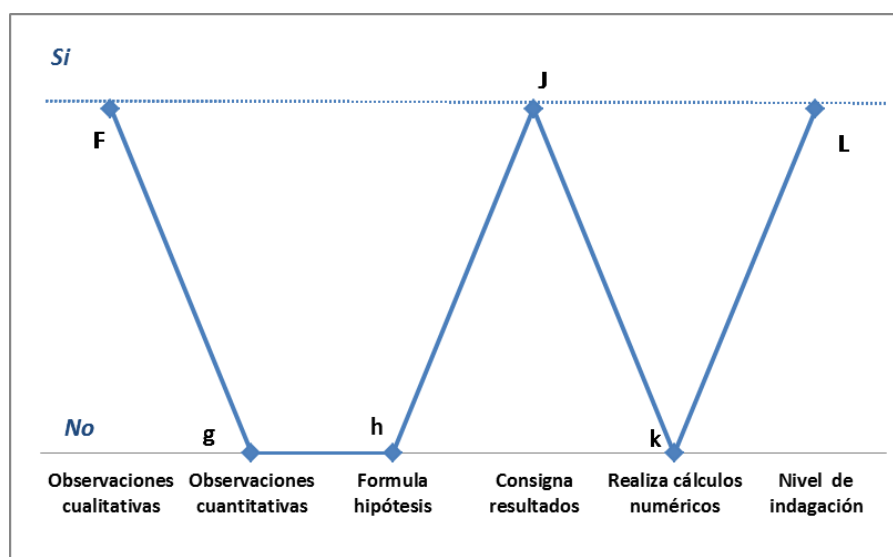


Figura 4.7. Representación gráfica del patrón FghJkL.

4.2.6.4. Actividades experimentales del tipo: Ejercicios prácticos para aprender destrezas

Algunas actividades experimentales de este tipo, permiten que los alumnos desarrollen una serie de habilidades intelectuales que les permitirán luego realizar investigaciones (De Pro, 1998a; Caamaño, 2011). Otras de estas actividades están orientadas a adquirir una destreza en el uso de una técnica y otras a adquirir habilidades de comunicación (Caamaño, 2011).

A. Evidencias encontradas

En este tipo de actividades, se promueve que los alumnos adquieran una destreza o apliquen una técnica. Se han encontrado algunas actividades experimentales propuestas por los profesores que se pueden catalogar dentro en esta categoría, así se tiene el siguiente caso. Un profesor (P32) describe una clase de mezclas y las técnicas de separación (filtración, magnetización, decantación, evaporación) que les enseñó a sus alumnos:

Llevé a clase agua, limaduras de fierro, aceite y sal. Les pregunté: ¿esta es una mezcla homogénea o heterogénea? Armamos varios equipos con embudos, papel toalla, cocina eléctrica y separamos los componentes de las mezclas que fuimos haciendo. Ellos observaban y tomaban nota de los procedimientos que se seguían.

Como se puede apreciar, la actividad experimental es de nivel estructurado. El profesor les plantea el problema y les da las indicaciones, los alumnos ejecutan el procedimiento a seguir y anotan los resultados obtenidos. El objetivo fundamental de la actividad se podría concretar en la aplicación de una serie de técnicas de separación de mezclas.

Otro ejemplo representativo se ilustra en la siguiente actividad desarrollada por uno de los profesores (P34):

En una clase hicimos un indicador ácido base. Les llevé col morada y la hicimos hervir. Luego con ese extracto, le pusimos unas gotas a un poco de vinagre y observaron lo que sucedía. Pusimos unas gotas a un poco de agua y a otra muestra con NaOH. Y luego ellos apuntaron en su cuaderno los colores de los tres frascos. Luego les pregunté: ¿Cómo podríamos saber si el jugo de ciruela es un ácido? Ellos añadieron las gotas del indicador al jugo de ciruela y determinaron si era ácido.

De esta manera, el profesor les muestra a los alumnos, en primer lugar, la técnica de preparación del indicador de pH, para luego aplicarlo en la determinación de la acidez de un jugo de fruta. En este caso, el nivel de indagación de la actividad es estructurado y la actividad está centrada en la observación cualitativa de la acidez, neutralidad o basicidad de una sustancia.

B. Patrón FgIJKL

Se ha encontrado un patrón (ver la Figura 4.8) FgIJKL en seis casos [1, 11, 18, 43, 58, 64], –que representan el 8.6% del total de actividades analizadas– donde los profesores plantean actividades experimentales del tipo experimentos prácticos para aprender destrezas.

En dichas actividades los profesores proporcionan situaciones para que los alumnos realicen observaciones cualitativas, no se hacen observaciones cuantitativas, independientemente si los alumnos plantean o no hipótesis, sí se consignan resultados, utilizan aparatos o aplican técnicas y no realizan cálculos numéricos. El nivel de indagación propuesto en dichas actividades es de una indagación estructurada.

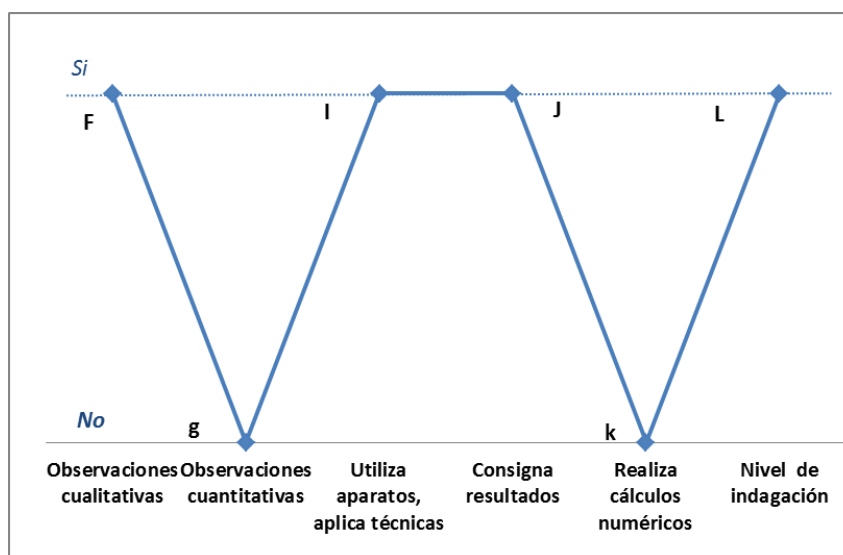


Figura 4.8. Descripción gráfica del patrón FgIJKL.

4.2.6.5. Actividades experimentales del tipo: Ejercicios prácticos ilustrativos

Según Caamaño (2011), los ejercicios prácticos para ilustrar la teoría son actividades centradas en la determinación de propiedades o relaciones entre variables, diseñadas para comprobar aspectos teóricos presentados previamente, en cuya realización se aprenden también destrezas prácticas, intelectuales y de comunicación” (p. 151)

A. Evidencias encontradas

Se han encontrado actividades experimentales entre las que proponen los profesores en las cuales se promueve que los alumnos encuentren una relación entre las variables a través de la realización de varias mediciones. A manera de ejemplo se describen dos de ellas. La primera corresponde a un tema de física en la cual los alumnos deben cambiar varias veces la altura del plano inclinado y medir el desplazamiento del vaso descartable. A partir de estos datos, llegan a conclusiones que les permiten relacionar las transformaciones de energía que se producen. El profesor (P23) comenta su actividad:

La clase era sobre el movimiento en un plano inclinado. Cada grupo contaba con un carrito de juguete, canicas, un vaso descartable, una tabla y varios libros para cambiar

la altura del plano. Les entregué una guía para que monten el equipo. Luego dejaban caer el carrito a través de la rampa y con una tiza anotaban hasta donde el carrito movía el vaso descartable. De esta manera, encontraban una relación en la transformación de la energía que se producía y la altura del plano inclinado.

Este tipo de actividad se encuentra también en la propuesta de otro profesor (P18) con un tema de química, quien comenta lo siguiente:

Estábamos trabajando el tema de las reacciones químicas, concretamente la velocidad de reacción. Les comenté que el tamaño de la partícula era un factor que influía en la velocidad de reacción, para ello les llevé pastillas efervescentes de Alka-Seltzer, vinagre y vasos descartables. Les pedí que colocaran en cuatro vasos descartables igual cantidad de vinagre. Luego, numeraron los vasos descartables, en un vaso colocaron la pastilla entera, dividida por la mitad en otro vaso dividida en cuatro partes y por último la pastilla molida. Luego observaron en cual vaso la pastilla desaparecía más rápido, para ello dejaban caer las pastillas a los vasos al mismo tiempo. Anotaron sus resultados y plantearon sus conclusiones.

Como se puede apreciar en las dos actividades propuestas por los profesores, los alumnos tenían que hacer varias observaciones para llegar a elaborar sus propias conclusiones.

Ambos casos, corresponden a una indagación estructurada donde el profesor les plantea a sus estudiantes el tema a trabajar y les proporciona el procedimiento a seguir, los alumnos anotan los resultados y plantean sus conclusiones.

B. Patrón FghJkL

Se ha encontrado un patrón (ver la Figura 4.9) FghJkIL en 4 casos [9, 17, 67, 69], –que representan el 5.7% del total de actividades analizadas– en el cual los profesores promueven actividades experimentales del tipo ejercicios prácticos ilustrativos. En estas actividades los profesores proporcionan situaciones para que los alumnos realicen observaciones cualitativas, no hacen observaciones cuantitativas, los alumnos no plantean hipótesis, sí consignan los resultados y no realizan cálculos numéricos. El nivel de indagación propuesto en dichas actividades es de una indagación estructurada.

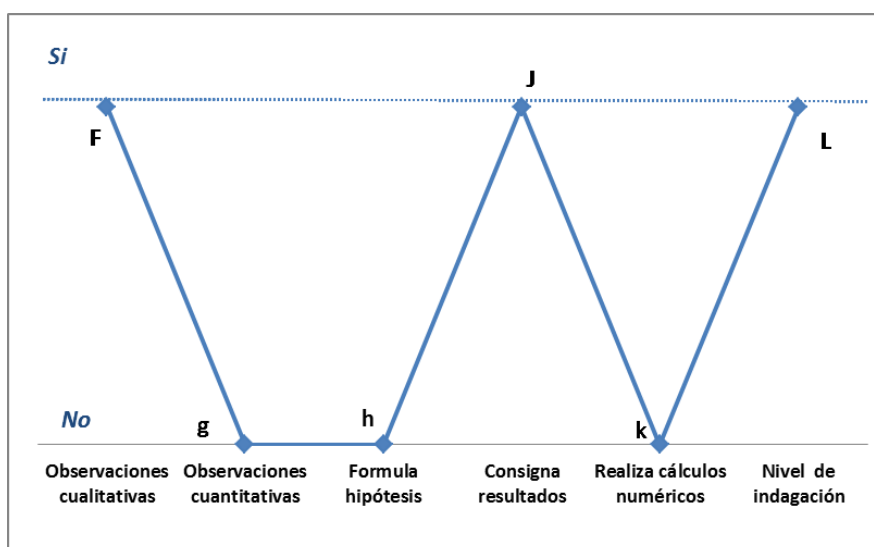


Figura 4.9. Descripción gráfica del patrón FghJkL.

4.2.7. Determinación de patrones en los que se ve favorecido el planteamiento de actividades de indagación de tipo confirmatorio.

4.2.7.1. Actividades experimentales del tipo: Experimentos ilustrativos.

A. Evidencias encontradas

Se ilustra este tipo de actividad experimental a través de la propuesta del profesor (P4), el cual trabaja con el tema de hidróxidos. Dicho profesor, les muestra a los alumnos el material con el que van a trabajar, les entrega una guía donde se explica el procedimiento a seguir para luego comentarles que deben verificar que el producto obtenido sea un hidróxido –con un indicador ácido-base–, de esta manera los alumnos sólo verifican el resultado obtenido. En palabras del profesor:

Primero coloqué todos los materiales en la mesa, y les entregué una guía experimental, ellos fueron desarrollando paso a paso, pero con indicaciones mías. Primero quemé una cinta de Mg y recogí la ceniza en una luna de reloj. Luego colocaron la ceniza en un matraz y le agregaron agua destilada y para comprobar si era hidróxido le agregaron gotas de fenolftaleína.

La propuesta anterior da cuenta de una actividad en la que los alumnos tienen un grado muy bajo de autonomía y quien tiene un rol predominante en la definición del problema y en la elaboración del diseño experimental es el profesor, correspondiendo a un nivel confirmatorio. Los alumnos se limitan a verificar lo que el profesor ya les ha enunciado como resultados esperados. Además, como sugieren Chinn y Malhotra (2002), aunque los

alumnos se planteen otras preguntas sobre el fenómeno que han observado, no pueden probarlas; la investigación está limitada a lo que el profesor ha presentado.

B. Patrón FghJkl

Se ha encontrado un patrón (ver la Figura 4.10) FghJkl en 6 casos [10, 23, 26, 29, 37, 39], –que representan el 8.6% del total de actividades analizadas– donde los profesores plantean actividades experimentales del tipo experimentos ilustrativos, promoviendo observaciones de tipo cualitativo, los alumnos no hacen observaciones cuantitativas, no elaboran hipótesis, independientemente si utilizan aparatos o aplican técnicas, además el profesor les indica a los alumnos que deben consignar resultados pero no realizan cálculos numéricos, el nivel de la indagación de la indagación es confirmatoria.

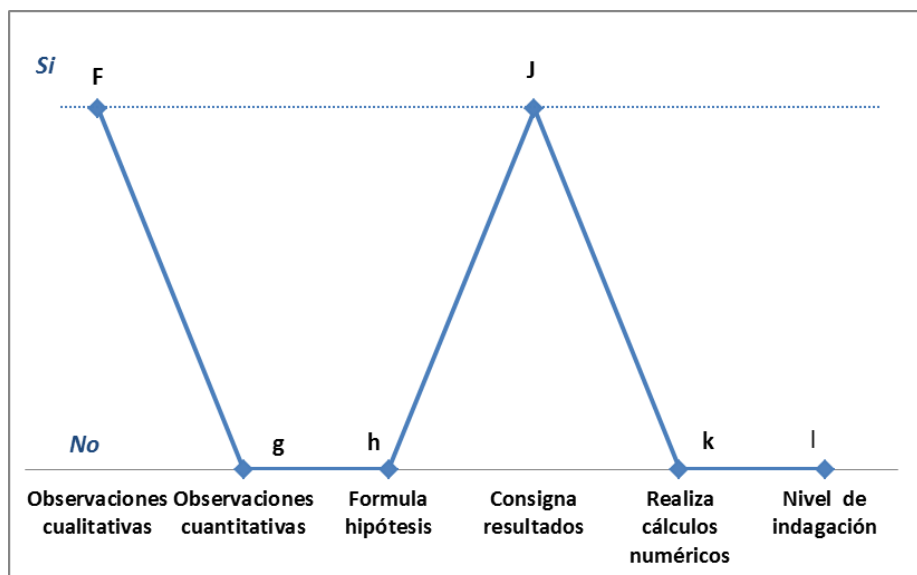


Figura 4.10. Descripción gráfica del patrón FghJkl.

En síntesis, retomando la primera pregunta que guio nuestra investigación: ¿Qué tipo de actividades experimentales llevaban los profesores al aula de clase antes de la Especialización?, los resultados muestran que los profesores llevaban al aula actividades con un nivel de indagación estructurado y confirmatorio y promovían habilidades de proceso científico básicas especialmente la observación.

En los párrafos siguientes se focalizará la investigación para responder a la segunda sub pregunta planteada en la etapa de diagnóstico.

4.3. ¿Cómo aplicaban el modelo didáctico de enseñanza por indagación los profesores en los experimentos que llevaban a clase y en qué se basaban?

4.3.1. Análisis de los documentos en los que se basan los profesores para elaborar el diseño de sus actividades experimentales.

Nuestra segunda pregunta buscó conocer las representaciones de los docentes acerca de la aplicación del modelo didáctico por indagación en sus clases, previo a la Especialización, considerando que dicho modelo es, como ya se mencionó, promovido por el Ministerio de Educación del Perú como enfoque didáctico a utilizar en la enseñanza de las Ciencias.


Por ello, en primer lugar, se realizó una revisión de las orientaciones impartidas en los documentos oficiales del Ministerio de Educación del Perú, los cuales sirven de guía a los profesores proporcionándoles las pautas a seguir para el diseño y planificación de sus sesiones de clase.

4.3.1.1. Actividades experimentales.

A manera de ilustración se recoge el modelo de experimento planteado en la OTP del año 2010. En cuanto al trabajo en el laboratorio en dicha OTP se plantea utilizar una guía para desarrollar los experimentos, la guía la proporciona el propio profesor y el alumno se limita a anotar sus observaciones, resultados y a redactar las conclusiones. Uno de los experimentos propuestos se muestra en la Figura 4.11 a manera de ejemplo; en dicha actividad, se plantea el procedimiento a seguir y como habilidades de proceso científico se le solicita al alumno que observe, describa y anote los resultados.

Continuando con el ejemplo anterior, en otra parte de la actividad experimental (ver Figura 4.12) se plantea estudiar el efecto de la temperatura en la velocidad de reacción, para ello se le suministra al alumno una tabla con los datos de las variaciones de la temperatura, el alumno deberá anotar en dicha tabla los resultados obtenidos.

También en la OTP del año 2010 se pueden encontrar ejemplos similares, relativos a Física y a Biología. En la actividad diseñada para abordar un tema de física, que se muestra en la Figura 4.13, se puede apreciar que se plantea que el alumno siga un guion estructurado, las habilidades de proceso científico que más se promueven son la observación y la descripción. También se le pide que anote los datos obtenidos y que construya un gráfico. En ninguno de los dos casos aparece una pregunta de investigación que dé sentido a la indagación que los alumnos deben realizar.

 **Ejemplo**

FACTORES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD DE LAS REACCIONES QUÍMICAS

APRENDIZAJE ESPERADO
 Analiza la influencia de factores externos en la velocidad de una reacción química.

MATERIALES

- Almidón
- Lugol
- Agua destilada
- Vasos de precipitación
- Cuentagotas
- Termómetro
- Cronómetro
- Luna de reloj
- NaCl
- AgNO₃
- HCl
- Granallas de Zn
- Dióxido de manganeso
- Agua oxigenada

PROCEDIMIENTOS

I. EL EFECTO DE LA NATURALEZA DE LAS SUSTANCIAS

- Coloca unos granos grandes de NaCl en una luna de reloj.
- Añade unos trocitos de AgNO₃.
- Observa y describe lo que ocurre.
- Coloca unos 5 ml de la solución de AgNO₃ en un tubo de ensayo.
- Añade unas gotas de la solución diluida de NaCl.
- Observa y dibuja lo que ocurre.
- Escribe la ecuación química.

Figura 4.11. Actividad experimental: Factores que afectan la velocidad de las reacciones químicas. Obtenido de *OTP* (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 67).

II. EL EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA VELOCIDAD DE UNA REACCIÓN

- Coloca 10 ml de solución de almidón en cada uno de los cuatro tubos de ensayo. Numéralos del 1 al 4.
- Prepara las soluciones con las temperaturas que indica el siguiente cuadro y colócalas en una gradilla.

TUBO	SOLUCIÓN DE	TEMPERATURA	OBSERVACIONES
1	Almidón	Ambiente	
2	Almidón	10 °C más	
3	Almidón	20 °C más	
4	Almidón	30 °C más	

- Añade dos gotas de lugol a cada tubo.
- Con un cronómetro, toma el tiempo de reacción del almidón.
- Anota y dibuja tus observaciones.

III. EL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE LAS SUSTANCIAS

- Coloca en cuatro tubos soluciones de HCl a diferentes concentraciones.
- Añade la misma cantidad de granallas de Zn a cada tubo.
- Observa y describe lo que ocurre.

IV. EL EFECTO DE CATALIZADORES

- Coloca 10 ml de agua oxigenada en dos tubos de ensayo y numéralos.
- Observa el tubo 1 y describe.
- Añade una pizca de dióxido de manganeso en el tubo 2.
- Describe lo que observas.

Figura 4.12. Actividad experimental: El efecto de la temperatura en la velocidad de reacción. Obtenido de *OTP* (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 67).

Ejemplo

MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME (MRU)


APRENDIZAJE ESPERADO
 Analiza el movimiento rectilíneo uniforme haciendo uso del tubo de Mikola

MATERIALES

- Tubo de Mikola
- Un cronómetro

PROCEDIMIENTOS

- **PROCEDIMIENTO 1**
 Observa el movimiento de la burbuja de aire cuando el tubo de Mikola está inclinado a diversos ángulos: ¿qué tipo de movimiento tiene? Para una inclinación fija, ¿varía la velocidad de la burbuja?
- **PROCEDIMIENTO 2**
 Instala el tubo de Mikola, como se muestra en la figura. Mantén el ángulo de inclinación durante todo el trabajo en 20°. Marca las distancias de 40, 80 y 120 cm.
- **PROCEDIMIENTO 3**
 Mide el tiempo que demora la burbuja en recorrer 40 cm, repite cinco veces y determina el promedio. Tabula los datos obtenidos en la tabla 1.
- **PROCEDIMIENTO 4**
 Repite el procedimiento 3 para las distancias de 80 y 120 cm.



d (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)	t_p (s)	$\frac{d}{t_p}$ (cm/s)
0-40							
0-80							
0-120							

● **PROCEDIMIENTO 5**
 Con los datos obtenidos en la tabla 1, grafica el movimiento de la burbuja en un sistema de coordenadas rectangulares.

TRABAJA CON MUCHA DEDICACIÓN.

Figura 4.13. Actividad experimental: Movimiento rectilíneo uniforme (MRU). Obtenido de OTP (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 61).

De manera similar en la OTP del año 2010 se encuentra la siguiente actividad experimental referida a la electricidad estática. En la actividad que se muestra en la Figura 4.14, se puede apreciar nuevamente que se plantea que el alumno siga un guion estructurado, sin una pregunta detrás, y las habilidades de proceso científico que más se promueven son la observación y la descripción. También se le pide que anote sus observaciones.

Ejemplo

ELECTRICIDAD

APRENDIZAJE ESPERADO
Comprende los fenómenos electrostáticos y de la corriente eléctrica

MATERIALES

- Globos
- Láminas de plástico
- Lata de gaseosa
- Tela de lana
- Vasos descartables
- Pilas grandes
- Cables eléctricos
- Fojitos para linterna
- Interruptor
- Láminas de cobre y zinc
- Tajador metálico
- Barritas de grafito
- NaCl
- HNO₃
- Tarjetas musicales

PROCEDIMIENTOS

I. ELECTROSTÁTICA

1. Infla un globo y frótalo enérgicamente contra un tejido de lana.
2. Cuélgalo de un marco con un hilo.
3. Acerca una lámina de plástico.
4. ¿Qué ocurre? Anota tus observaciones.
5. Coloca horizontalmente una lata vacía (por ejemplo, de bebida gaseosa) sobre una superficie lisa y espera hasta que se mantenga quieta.
6. Infla un globo como en el caso anterior y colócalo delante de la lata. ¿Qué ves?
7. Mueve el globo y observa qué pasa con la lata.
8. Vuelve a frotar el globo contra una tela de lana y sitúalo detrás del tarro. ¿Eres capaz de hacerlo retroceder hasta su posición inicial?
9. Busca un plano inclinado. Repite el experimento. ¿Logras el mismo efecto? ¿Por qué crees que sucede esto?
10. Gradúa un chorro fino de agua.
11. Acerca cuidadosamente el globo inflado como en los casos anteriores. ¿Qué ocurre? Anota tus observaciones.
12. Coloca unos papilitos picados sobre la superficie de una mesa.
13. Frota vigorosamente una lámina de plástico con una tela de lana.
14. Acerca horizontalmente la lámina a los papilitos.
15. Observa y describe lo que ocurre.

Figura 4.14. Actividad experimental: Electricidad Estática. Obtenido de OTP (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 62).

4.3.1.2. La Indagación como estrategia para la enseñanza de Ciencia Tecnología y Ambiente (CTA).

En la OTP del año 2010, se recogen algunos ejemplos en que se utiliza la indagación como una de las estrategias para enseñanza- aprendizaje de Ciencia Tecnología y Ambiente: (a) a través de la formulación de preguntas y (b) a través de la búsqueda de información y realización de experimentos.

A. Formulación de preguntas

Para ilustrar cómo se indica que se use la indagación a través de la formulación de preguntas, se muestran los ejemplos descritos en la Figura 4.15, en dicha figura se detallan las preguntas que representan lo que se denomina en la OTP situaciones de indagación. Se formulan una serie de preguntas que los alumnos deben resolver acudiendo a libros, revistas o a internet.

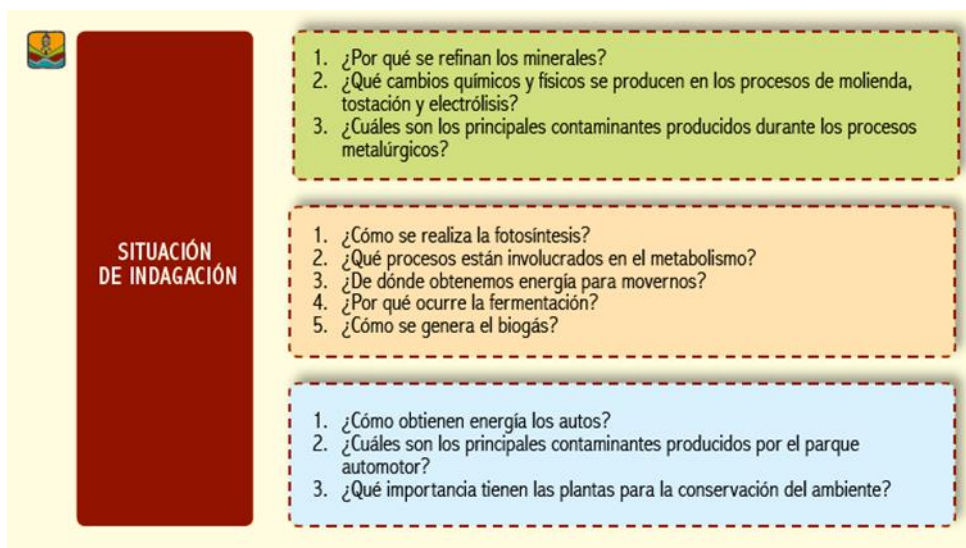


Figura 4.15. Situaciones de indagación. Obtenido de *OTP* (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 53).

B. A través de la búsqueda de información y realización de experimentos


En el caso en que la indagación se conduzca a través de la búsqueda de información y realización de experimentos, en la *OTP* del año 2010, se muestra el ejemplo detallado en la Figura 4.17. En este caso, el profesor presenta a los alumnos un fenómeno: el fototropismo. Para ello organizó las actividades que debían realizar los alumnos como se muestra en la Figura 4.16. Las actividades que planificó estaban relacionadas con la búsqueda y manejo de la información, incluían cuatro procesos cognitivos de “analizar”, los cuales eran recepción de la información, observación selectiva de la información, descomposición en partes de la información y por último interrelación entre las partes para explicar o justificar.

En la Figura 4.17, se muestra la manera en que el profesor planteó como se podría llevar la actividad al aula de clase, planteándoles a través de una figura el fenómeno del fototropismo. A partir de la observación de la figura les pidió a los estudiantes que planteen preguntas a resolver, mostrando una a manera de ejemplo que se detalla a continuación: ¿De qué manera influye la luz solar en el crecimiento de las plantas? Para resolver esta pregunta los alumnos acuden a la bibliografía, luego plantean una hipótesis y realizan algunos experimentos. Se indica que los experimentos que se realizan están relacionados con el crecimiento de las plantas, pero no se detalla están diseñados con la finalidad de probar las hipótesis planteadas.



Figura 4.16. Actividades de aprendizaje a realizar en el estudio del fenómeno de fototropismo. Obtenido de *OTP* (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 54).

El profesor presentó el siguiente fenómeno a los estudiantes:



1. Esta observación estimuló a los estudiantes a plantear algunas interrogantes, tales como ¿de qué manera influye la luz solar en el crecimiento de las plantas?

2. Puesto que para los estudiantes no resultaba satisfactorio quedarse sin respuesta, y debido a que nadie puede dar respuesta a algo que no conoce, buscaron información sobre por qué y cómo crecen las plantas.
3. Encontraron que existen sustancias llamadas "hormonas", como la auxina (hormona vegetal), que intervienen en el crecimiento de las plantas.
4. Mientras tanto, plantearon una respuesta tentativa (hipótesis) a la pregunta inicial: **"Las plantas crecen porque son favorecidas por la energía solar"**.
5. Luego, realizaron algunos experimentos con respecto al crecimiento de las plantas.




Figura 4.17. Presentación del fenómeno de fototropismo. Obtenido de *OTP* (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 54).

En cuanto al diseño experimental propuesto, no se explicita (ver Figura 4.18), si lo proporciona el profesor, lo hacen los alumnos o se elabora de forma conjunta. Los alumnos comprueban la hipótesis planteada a través de la información obtenida y plantean una nueva hipótesis esquematizando sus resultados en un cuadro.

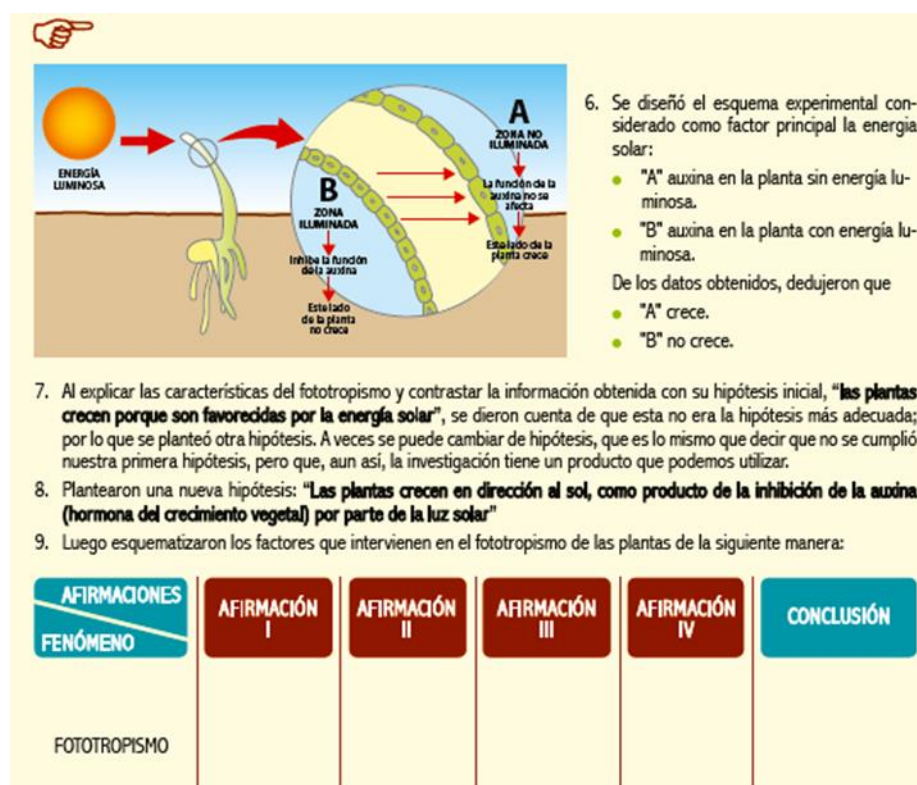


Figura 4.18. Diseño experimental en la actividad fototropismo. Obtenido de OTP (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 53).

En los ejemplos anteriores se puede observar cómo los materiales orientadores que proporciona el Ministerio de Educación Peruano ofrecen ejemplos de indagaciones estructuradas. En muchos casos, incluso, no aparecen preguntas de investigación sino solo procedimientos. Así, no sorprende que al inicio de la Especialización los profesores propusieran actividades de este tipo, en tanto no tenían otros modelos diferentes sobre los cuales basarse.

4.3.2. Identificación de parte de los profesores del modelo didáctico en los experimentos que proponen.

Como se mencionó, los ejemplos presentes en los documentos del Ministerio de Educación Peruano sirven como modelos a los profesores para proponer las actividades experimentales que llevan al aula de clase, por ello en muchos de los casos los profesores antes de la Especialización planteaban sus actividades experimentales con una guía estructurada.

A manera de ilustración se analizarán algunas de las actividades descritas por los profesores cuando se les solicitó dar respuesta a un cuestionario que constaba de la siguiente pregunta abierta (ver Anexo B):

Recuerde una clase con experimentos, redáctela y explique cómo aplicó el modelo didáctico por indagación.

El profesor (P5), plantea la siguiente actividad: “El tema que se trabajó fue la obtención del hidrógeno. Los estudiantes deben seguir los pasos señalados en la guía de prácticas. Los estudiantes debían anotar todo cuánto observaban y plantearse preguntas acerca del aumento de burbujas”.

Como se puede apreciar la actividad se está planteando en un nivel estructurado, a los estudiantes se les proporciona la guía a seguir sin que exista espacio para que ellos planifiquen alguna parte de la experiencia. Aunque se indica que los alumnos deben plantearse preguntas acerca del aumento de burbujas, según la guía del procedimiento a seguir, los alumnos deberán responder a una serie de preguntas que el profesor les señala en la misma. No se indica en el procedimiento seguido que los alumnos se planteen preguntas acerca de lo que observan, ni tampoco que planifiquen parte del experimento por sí mismos o en grupo. Las habilidades que se están desarrollando en este caso son las de observación y registro de resultados. Para resolver las preguntas planteadas los estudiantes deberán recurrir a sus resultados, que luego ampliarán con información de los libros de texto.

En la Figura 4.19 se detalla el procedimiento a seguir por los alumnos en la actividad experimental dada por el profesor (P5). Otro profesor anota:

El experimento se trataba de identificar alimentos ricos en almidón. Se les pidió a los estudiantes que por equipo de trabajo trajeran a la clase varios alimentos de su casa (papa, fideo, plátano, etc.) en el aula de clase se les entregó lugol (P24).

A continuación, añade:

Utilicé la indagación cuando en un inicio presenté a los alumnos una bolsita conteniendo chuño y otra con azúcar, entonces les pedí que observaran, que palparan las sustancias y les hice varias preguntas, entre ellas: ¿Cuál de las dos sustancias contiene almidón?

El profesor en esta parte del desarrollo del experimento, considera que la indagación está representada en la identificación de parte de los alumnos de los alimentos que contienen almidón, esta identificación los alumnos la realizarán a partir de la información que les había proporcionado anteriormente, como señala en el siguiente texto: “previo a esto ya se les había hablado de los carbohidratos y de su clasificación en la clase anterior”. Así, esa primera

pregunta del profesor, identificada por él como indagación, no apuntaba a que los alumnos sacaran conclusiones de sus observaciones, sino a que recuperaran saberes previos.

<p>Echar en un matraz 200 ml de agua y con mucho cuidado 1 precaución 100 ml de ácido muriático.</p> <ul style="list-style-type: none">- Anota lo observado: _____- ¿Por qué crees que sucede esto? _____ <p>Echar uno a uno los clavos en el matraz</p> <ul style="list-style-type: none">- Anota lo que observas _____- ¿Qué propiedades crees que tiene el clavo que genera burbujas? _____ <p>Agregar en el matraz un trozo de zinc</p> <ul style="list-style-type: none">- Anota lo que observas _____- ¿Qué propiedades tiene el Zn que genera mayor cantidad de burbujas _____- ¿Qué creen que está sucediendo? _____- ¿Por qué el globo se infla? ¿De qué está llenándose? _____ <p>Una vez inflado el globo retíralo con cuidado, amárralo con una pita y libéralo.</p> <ul style="list-style-type: none">- ¿Qué ocurrió? _____- ¿A qué crees que se debe? _____

Figura 4.19. Procedimiento a seguir otorgado por el Profesor (P5).

A continuación, les presenta una tabla con una lista alimentos, en la cual debían señalar cuáles contienen almidón y cuáles no a través de la aplicación del lugol, de esta manera el profesor desarrollaba en sus alumnos la “capacidad de identificación”. Nuevamente, aquí aparece una actividad de indagación estructurada, sobre una pregunta muy sencilla (¿"Tiene o no tiene almidón el alimento x?"). Este hecho de focalizar la actividad en la identificación se muestra también en un modelo de actividad experimental que se muestra en la OTP (ver la Figura 4.20), cuando se les solicita a los alumnos que identifiquen los estadios de la mitosis en los que se encuentran las células, tomando como referencia las fotografías.

Otra actividad formulada por el profesor (P20), hace referencia a un tema de biología, concretamente trabaja el tema de la célula vegetal. El profesor comienza explicando que su actividad trató sobre la observación de la estructura de una célula vegetal, especificando que se observarían sus partes: citoplasma, núcleo y membrana celular. A continuación, añade que “se les entrega una guía a los alumnos con el propósito de que sepan el procedimiento a seguir”. Esta manera de llevar la actividad experimental al aula de clase da indicios de que es una actividad que se trabaja en el nivel estructurado de indagación. Siguiendo con su relato comenta que los alumnos observaron la célula de la catáfila de una cebolla utilizando tres objetivos. A su vez les formuló una serie de preguntas que debían ser resueltas a partir

de las observaciones realizadas con el objetivo de mayor aumento: “¿dónde se encontraba el núcleo?, ¿cuál era la parte de mayor abundancia?, ¿qué limitaba a una célula de otra célula?”. No menciona si los alumnos comparten sus respuestas o si el profesor sintetiza las mismas. Para finalizar su relato explica que los alumnos plasman lo observado en un dibujo. Un análisis del discurso del profesor lleva a considerar que para él la indagación consiste en que los alumnos trabajen con una guía, que observen e identifiquen las partes de la célula y anoten y compartan sus resultados. La actividad experimental propuesta por el profesor guarda semejanza con la de la Figura 4.20.

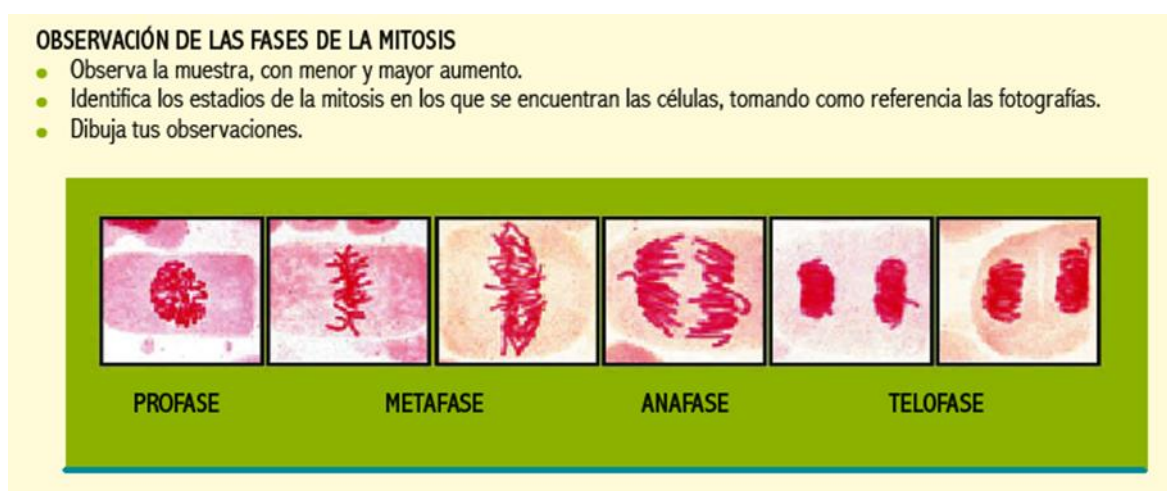


Figura 4.20. Actividad experimental: Mitosis. Obtenido de *OTP* (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 64).

Se analizará también el caso del profesor (P35), quien comenta la siguiente actividad: “Les llevé a clase bolitas de tecnopor, luego les pedí a los alumnos que frotraran su lapicero con su chompa de lana y lo acerquen a las bolitas de tecnopor”. A continuación, añade, “apliqué la indagación cuando les planteé una serie de preguntas como: ¿qué ocurrió?, ¿por qué las bolitas se pegan al lapicero?”. De esta manera el profesor relaciona las preguntas formuladas durante la observación del fenómeno de atracción electrostática a la indagación, no hace planteamientos acerca de qué habilidades de proceso científico va a promover en sus alumnos. Nuevamente, aquí el profesor identifica como pregunta de investigación una pregunta cuya respuesta requiere conocimiento previo de los alumnos, o ir a otras fuentes como textos, en tanto la respuesta a la pregunta formulada no podría ser respondida de la simple observación del fenómeno.

En síntesis, de las actividades relatadas por los profesores se observa que, al inicio de la Especialización, estos consideraban actividades de indagación a protocolos estructurados en los cuales los alumnos seguían una serie de pasos completamente dados por el docente, sin

espacio para planificar o pensar parte de la experiencia, o bien observaciones de fenómenos empíricos que los alumnos debían explicar apelando a conocimiento previo o buscando información en otras fuentes como libros de texto. Esto coincide con lo hallado en respuesta a la primera pregunta, y es consecuente con las recomendaciones de las Orientaciones Técnicas proporcionadas por el Ministerio de Educación Peruano.

Así, el punto de partida de los profesores en la Especialización planteaba el desafío de orientarlos a revisar su concepción de indagación y de actividad experimental, de modo de que pudieran, en el futuro, ofrecer actividades más desafiantes para sus alumnos en las que debieran planificar y discutir el diseño mismo de las experiencias a realizar.

Capítulo V

Resultados: Fase Proceso

5.1. Análisis del proceso: primer y segundo semestre académico

Con el objeto de contar con la información necesaria para comparar el planteamiento de las actividades experimentales propuestas por los profesores en el primer y segundo semestre académico, se analizó primero cada semestre de manera independiente y luego se compararon los resultados obtenidos.

Para poder evaluar el avance en la elaboración de los diseños de las actividades experimentales de parte de los profesores, se tomó el informe individual de cada profesor como se describió en el capítulo de metodología. Además, los profesores incluyeron en el informe el desarrollo de dicha actividad experimental, es decir detallaron cómo los alumnos debían resolverla, mostrando por ejemplo, las hipótesis y predicciones, el procedimiento a seguir, los resultados, las conclusiones, etc.

El informe de las actividades experimentales propuestas y desarrolladas por los profesores fue analizado en varios aspectos: las preguntas formuladas en dichas actividades, los niveles de indagación de las actividades propuestas y finalmente las habilidades de proceso científico que pusieron en juego los profesores al momento de resolver la actividad experimental (es decir cuando explicaron cómo deberían resolverla los alumnos).

5.2. Preguntas investigables y no investigables

La primera pregunta de investigación a resolver fue: ¿cómo varía el porcentaje de preguntas investigables (respecto del total de las preguntas incluidas en las actividades) planteadas por los profesores durante el primer y segundo semestre académico?

5.2.1. Resultados obtenidos en el planteamiento de preguntas investigables y no investigables.

En el primer semestre académico se analizaron los informes presentados en tres sesiones de clase, las cuales estuvieron dedicadas al estudio de las reacciones químicas, la actividad de las levaduras y a la medida del tiempo de reacción. En el segundo semestre académico se analizaron los informes presentados en cinco sesiones de clase: polímeros, jabones y detergentes, pilas con frutas, pila de Volta y combustión (ver Figura 5.1).



Figura 5.1. Distribución de las sesiones de clase en los semestres académicos.

Los resultados obtenidos del análisis de los informes de las actividades experimentales presentadas por los profesores muestran que en el primer semestre académico el 87.6% de las actividades planteadas los profesores partieron de preguntas investigables, mientras que en el segundo semestre académico fueron el 89.7%, a pesar de haber una diferencia de dos puntos porcentuales la diferencia no es significativa pues el valor p es mayor a 0.01 (ver Tabla 5.1).

Tabla 5.1

Test de medias de las preguntas investigables propuestas en el primer y segundo semestre académico

Criterio	Primer semestre académico	Segundo semestre académico	T	P-Value
Investigable	0. 8762	0. 8971	-0.53928	0.590124

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

Estos resultados nos muestran que ya en el primer semestre académico la gran mayoría de preguntas propuestas por los profesores eran investigables y este porcentaje se sostuvo durante el segundo semestre académico. Los resultados nos muestran también que a pesar del tiempo transcurrido en el desarrollo de la Especialización aún algunos profesores (un porcentaje pequeño pero relevante) presentaron dificultades para diferenciar una pregunta investigable de la no investigable.

5.2.2. Limitaciones en el planteamiento de preguntas investigables.

Si bien la mayor parte de los profesores pudo proponer preguntas investigables en sus informes, de las conversaciones informales sostenidas con ellos durante las sesiones de clase surgió la preocupación de que los profesores consideraban desafiante el uso de este tipo de preguntas en el aula real. Con el objeto de conocer las limitaciones que encontraban los profesores respecto a la formulación de preguntas investigables para ser utilizadas en el marco de actividades realizadas con sus propios alumnos, al inicio del segundo semestre

académico se aplicó otro instrumento de recolección de datos, una pregunta abierta, que permitió conocer las dificultades que los profesores percibían.

El texto de la pregunta abierta se muestra a continuación (ver Anexo H):

¿Qué dificultades encuentra para plantear preguntas investigables en las actividades a realizar con sus alumnos en sus clases?

Las respuestas, algunas de las cuales se muestran a continuación, hacen referencia a aspectos del contexto institucional a tomar en consideración para posteriores capacitaciones. Cuando se realiza el análisis de contenido se encuentra que hay coincidencia en las respuestas proporcionadas por los profesores, lo cual permite agruparlas en tres categorías: la disponibilidad de materiales en la escuela, cambiar la forma de llevar las actividades experimentales al aula de clase y comprensión de lo que conlleva plantear una pregunta investigable en la experimentación. En las líneas siguientes se describirán las categorías encontradas y los resultados obtenidos.

5.2.2.1. Disponibilidad de materiales en la escuela.

A través de los comentarios a la pregunta planteada, un 21.0% de los profesores encuentran difícil plantear la pregunta investigable que vaya en relación al material con que cuentan. De una parte, les demanda tiempo elaborarla, ya que la solución de la pregunta investigable tiene que ir de la mano del material con que cuenta. Así se tiene que un profesor anota: “La dificultad que encuentro para plantear preguntas investigables es que se necesita de bastante tiempo ya que primero tengo que ver con qué tipo de materiales cuento” (P2). Si se analiza el contexto en el cual desarrollan su labor docente estos profesores, en algunas escuelas no hay un laboratorio, o son de zonas rurales donde carecen de materiales para realizar los experimentos, por ello su preocupación estaba centrada en el hecho de si podrían desarrollar a nivel experimental las preguntas planteadas, y de ahí la limitación en el uso de este tipo de preguntas en sus clases.

5.2.2.2. Cambiar la forma de llevar las actividades experimentales al aula.

Los profesores, tanto en su formación docente como en sus años escolares, han utilizado siempre guías de nivel de apertura muy bajo (Herron, 1971) para desarrollar las actividades experimentales. Por tanto, este cambio en la forma de plantear las actividades experimentales y de elaborar sus propias guías experimentales les representa a un 35.0% de los profesores un grado de dificultad alto. Un profesor anota: “El estar acostumbrado a enseñar de una forma y de pronto cambiar tu forma de enseñar, se me hace difícil formular preguntas

investigables” (P25), señalando de esta manera que para él supone una manera diferente de enseñar ciencias, al no haber estado acostumbrado a formular preguntas investigables se le hace difícil. Otro añade: “Aún no me adapto a realizar este tipo de preguntas investigables” (P34). En palabras de otro profesor: “No estaba acostumbrado a dirigir las sesiones de clase utilizando preguntas investigables” (P15). En estas dos últimas respuestas se puede deducir que los profesores se dan cuenta de que deben realizar cambios en su forma de enseñar y esto les supone un reto en su labor docente.

5.2.2.3. Comprensión de lo que conlleva plantear una pregunta investigable en la experimentación.

Relacionada con la anterior dificultad un 42.0% de profesores ha señalado como dificultad conceptualizar qué se entiende por una pregunta investigable. Un profesor escribe: “Las preguntas investigables las planteaba como si fuera un trabajo externo que se iba a responder sólo haciendo uso de la bibliografía” (P5). Pero esta visión también se encuentra en el documento Orientaciones para el Trabajo Pedagógico del Área de Ciencia, Tecnología y Ambiente (Ministerio de Educación del Perú, 2010), ya que en él se dan ejemplos para elaborar situaciones de indagación a partir de preguntas del tipo: “¿Cómo obtienen energía los autos?; ¿por qué se refinan los minerales?” (p. 53), que hacen alusión a contenidos teóricos difícilmente investigables a través de un proceso experimental. Es posible que la falta de familiarización con el término y la interpretación de lo que significa una pregunta investigable -relacionada con la realización de un experimento- sea una de las causas de las dificultades detectadas. Por tanto, no es de extrañar que los profesores planteen preguntas que consideran investigables del tipo: “¿La levadura es un hongo?” (P2, S2), “¿Cómo se llama la parte del pañal que absorbe el agua?” (P1, S4), cuestiones que se pueden resolver acudiendo a libros o a información extraída de Internet.

De otra parte, un 25.0% de los profesores manifestó que al llevar las preguntas investigables al aula de clase tenían duda si los alumnos estarían en capacidad de analizar las variables involucradas en el diseño experimental, lo cual da indicios de que implícitamente ya hay una comprensión de lo que conlleva plantear una pregunta investigable en un aula de clase, se podría decir que los profesores que hacen estos comentarios se encuentran en un segundo nivel de comprensión de lo que es una pregunta investigable. Esto se puede visualizar en el comentario del profesor (P18): “Los alumnos no han estado familiarizados con este tipo de preguntas y tampoco saben determinar las variables, creo que esto puede ser una dificultad”. A través de este comentario el profesor se

proyecta a las posibles dificultades que le conllevaría al trabajar con sus alumnos lo que sería el diseño experimental que se plantearía para resolver la pregunta investigable.

Considerando estas dificultades de los profesores, durante las sesiones de clase se puso especial énfasis en la noción de investigación empírica, en la cual las preguntas debían responderse a partir de datos que los propios alumnos pudieran recolectar, en lugar de en fuentes bibliográficas.

Se recoge a continuación algunas situaciones planteadas a lo largo de la Especialización en las cuáles la docente orienta a los profesores en la formulación de preguntas investigables, a través del análisis con otras no investigables.

En la sesión de reacciones químicas (S1), la docente haciendo uso de un paracaídas de juguete les plantea a los profesores que piensen en posibles situaciones que pueden dar lugar al planteamiento de preguntas investigables. Esto origina la intervención de los profesores, uno de los cuales menciona: “¿Por qué cuando el paracaidista se lanza, primero sube y luego baja?, ¿qué fuerzas actúan sobre el paracaídas?” (P35), la docente les ayuda a reflexionar acerca de si las preguntas en cuestión podrán ser resueltas a nivel experimental, recordándoles que se trata de plantear preguntas que podrán ser resueltas a través de experimentos. Los profesores discuten entre ellos, se habla de empuje del aire, del peso del cuerpo, de usar simulaciones, de hacer un diagrama de fuerzas en la pizarra. Se llega a la conclusión que la pregunta planteada no sería muy fácil resolverla a nivel experimental, más bien puede ser resuelta haciendo uso del contenido teórico. Después de la discusión, un profesor plantea la siguiente situación:

Puedo llevar a clase el paracaídas y mostrárselos a los alumnos, luego sacarlos al patio, quizás ellos lo empiecen a dejar caer desde su altura (haciendo referencia a la estatura del alumno), pero también podríamos dejarlo hacer desde un segundo piso por ejemplo (en el colegio donde labora hay un segundo piso), de esta manera podrían ver la diferencia (P8).

La docente a partir de la intervención anterior, hace notar que esa situación planteada por el profesor si se podría aprovechar para plantear una pregunta investigable y se aprovecha la situación para analizar las variables que intervendrían en el diseño del experimento.

5.2.3. Efecto en la comprensión de las características de una pregunta investigable al pasar del primer al segundo semestre académico.

Al finalizar el segundo semestre académico se aplicó un nuevo cuestionario para determinar la comprensión del concepto de pregunta investigable. El cuestionario incluyó la siguiente pregunta (ver Anexo I):

¿Cuáles son las características de una buena pregunta investigable?

El análisis de contenido de las respuestas de los profesores a la pregunta abierta permitió agrupar las mismas en tres aspectos: construcción de conocimiento, diseño experimental y habilidades de proceso científico.

5.2.3.1. Construcción de conocimiento.

En general, se observa que un 30.0% de los profesores comenzaron a incluir la mirada de las ciencias naturales como proceso en su visión sobre las preguntas investigables. Algunas respuestas hacen mención de la construcción de conocimiento a través de la experimentación, como por ejemplo: “Es aquella pregunta que permite que a través de la experimentación los alumnos adquieran conocimiento” (P27), otro añade: “Es aquella que debe relacionarse con la información para poder interpretar, explicar los resultados obtenidos y así construir conocimiento” (P4). Así, se observa que los profesores fueron incorporando la dimensión empírica en su visión sobre la noción de investigación. Estas respuestas pueden estar relacionadas al hecho de que durante la Especialización se dio especial importancia a la necesidad de trabajar con las dos “caras” de la ciencia, es decir considerar la dimensión del proceso científico, en las actividades experimentales.

En algunos casos incluso se da como característica la relevancia del contenido conceptual involucrado en la pregunta planteada, tal es el caso del profesor que anota: “La pregunta investigable debe tener un fundamento científico” (P32), haciendo referencia a que se deben tomar en cuenta los dos aspectos de la ciencia proceso y producto.

5.2.3.2. Diseño experimental.

Otras respuestas, hacen referencia al diseño experimental involucrado, así un 42.0% de los profesores hacen referencia a la necesidad de elaborar un diseño experimental para resolverlas, uno de los profesores (P21) escribe: “Es una pregunta que me orienta para elaborar el diseño experimental”, añadiendo: “Es necesario que la pregunta y el diseño experimental estén relacionados de lo contrario no tendría sentido lo que hacemos”. Este

hecho de relacionar la pregunta investigable con el diseño experimental da indicios de una mayor comprensión de parte de los profesores de lo que significa plantear una pregunta investigable en el contexto de la experimentación.

En algunas respuestas los profesores hacen alusión a preguntas en las cuales se analiza el efecto de la variable independiente sobre la dependiente, como se observa en el siguiente caso: Un profesor (P26) escribe: “Es aquella pregunta que para resolverla es necesario desarrollar un experimento”, añadiendo el siguiente ejemplo: “¿Influye la temperatura del agua en la solubilidad de la sal? A continuación, razona en la manera cómo se debe proceder para resolver la pregunta que propuso, “para resolver esta pregunta será necesario conocer el marco conceptual y desarrollar un experimento, en este caso se deberá variar la temperatura y determinar cómo influye en la solubilidad”.

5.2.3.3. *Habilidades de proceso científico.*

La relación con la posibilidad de generar habilidades de proceso científico en los alumnos aparece en el 34.0% de las respuestas de los profesores. Así, los profesores complejizan su mirada sobre las habilidades científicas que los alumnos deben aprender a través de las actividades experimentales. Al comienzo de la Especialización los profesores se referían a la observación, a la anotación de resultados fundamentalmente y estas eran las habilidades que proponían en sus actividades tal como se describe en el capítulo del diagnóstico, al final se refieren también a procesos más específicos como la identificación de variables, la formulación de hipótesis, etc. Así se puede citar las siguientes respuestas: “Debe generar habilidades de pensamiento científico” (P1), en otra respuesta se encuentra, “Debe desarrollar habilidades de pensamiento científico a través de la experimentación” (P32), añadiendo que la experimentación puede ser real o virtual. Otro profesor comenta que una pregunta investigable debe dar lugar a la emisión de hipótesis: “Es un enunciado que busca generar conocimiento a partir de un diseño experimental, planteamiento de hipótesis, análisis de hechos” (P10). En otros casos se añade la elaboración de conclusiones: “Son aquellas que nos permiten realizar una indagación científica, formular hipótesis, contrastarlas, experimentar y elaborar conclusiones” (P12). Este tipo de respuestas de parte de los profesores resultan relevantes para una aplicación adecuada del modelo didáctico en estudio, si se toma en cuenta que antes de empezar la Especialización las habilidades de proceso científico que llevaban al aula de clase estaban limitadas a la observación, al registro de resultados y a la elaboración de conclusiones. Al finalizar el segundo semestre académico los profesores plantean elaborar el diseño experimental, habilidad no planteada al inicio y

que pensaban que era poco probable de realizar en el aula de clase, también dan importancia a la elaboración de hipótesis, su contraste y al análisis de los resultados obtenidos. La necesidad de tomar en cuenta las variables al escribir la pregunta investigable es una característica que también es tomada en cuenta por los profesores: “La pregunta investigable debe estar bien redactada, señalando las variables en estudio” (P8).

A través de las respuestas que dieron en el cuestionario se puede apreciar un cambio en el concepto de pregunta investigable que tenían los profesores.

5.3. Preguntas investigables

5.3.1. Redacción de la pregunta investigable.

En esta sección se procederá a analizar los resultados de la evaluación de la redacción de las preguntas investigables con la intención de determinar si ha habido una mejora al pasar del primer semestre al segundo. La redacción de la pregunta investigable es un parámetro importante ya que permitirá determinar si la pregunta investigable cuenta con una estructura adecuada que evidencie la investigación a realizar.

Se empezará a analizar los resultados encontrados, en el primer semestre académico el 62.0% de los profesores que planteaban preguntas investigables las redactaban correctamente y un 38.0% no lo hacía. A continuación, se mostrarán algunas de las preguntas formuladas incorrectamente por los profesores a lo largo del primer semestre académico y se expondrán las razones por las cuales se considera que las preguntas deben rectificarse.

Como ejemplos ilustrativos se muestran los siguientes: El profesor (P4) planteó la siguiente pregunta investigable en la sesión de reacciones químicas (S1): “¿Qué factores afectan la reacción?” Su pregunta debe reformularse ya que no se indica a qué se refiere, pudiera ser al desprendimiento de gases, a la cantidad de calor absorbido o desprendido, etc. La pregunta correcta sería: ¿qué factores afectan a la velocidad de reacción? Otro ejemplo es la pregunta formulada en la sesión de las levaduras (S2): “¿Influirá la temperatura en la levadura?” (P8); esta pregunta necesita modificarse, debido principalmente al hecho de que no se indica en que influye la temperatura en la actividad biológica, ni tampoco se señala si se refiere a la temperatura del ambiente, del agua, etc. Se puede apreciar, que no se especifica con claridad ni la variable independiente ni la dependiente que se va a considerar. En este caso la pregunta planteada deberá reformularse a: “¿Influirá la temperatura del agua utilizada (variable independiente) en la degradación del azúcar por la levadura (variable dependiente)?”.

En la sesión medida del tiempo de reacción (S3) se encuentran los siguientes casos: (a) “¿Qué relación existe entre la altura y la capacidad de reacción?” (P4), en este caso la pregunta hace referencia a la altura, pero no indica si es la altura de la persona o la altura a la cual se deja caer la regla como el procedimiento lo sugiere. (b) “¿El tamaño influirá en la medida del tiempo de reacción de las alumnas de cuarto grado?” (P27), en este caso como en el anterior caso falta más precisión en la determinación de las variables, en la pregunta formulada se plantea si el tamaño influirá, pero no queda claro si es la estatura de las alumnas o como luego se evidencia en el diseño experimental propuesto es el tamaño de la regla lo que se toma como variable independiente.

Por otra parte, los profesores llevaban una trayectoria amplia planteando las actividades a partir de objetivos o sólo poniendo los títulos. Los años de experiencia en la enseñanza variaba entre los 3 y los 26 años, con una media de 14 años, por ello se les hacía difícil plantearlas como preguntas investigables, esto se recoge en el siguiente comentario de un profesor cuando explica las dificultades que tiene al plantear una pregunta investigable: “El tener que redactar de tal manera que en ella se entienda el qué y el cómo de lo que se desea investigar” (P5). Otras respuestas de los profesores hacen referencia al hecho de que necesitan ejercitarse en la formulación de las preguntas investigables: “Poder diseñarlas de manera precisa, para que no cree ambigüedad en los alumnos y esto hay que conseguirlo con la práctica” (P34).

En el segundo semestre académico en cambio, el 93.6% de los profesores que planteaban preguntas investigables también las redactaban correctamente y un 6.4% no lo hacía, a pesar de haber una proporción alta elevada de profesores que redactan bien la pregunta investigable aún hay un grupo que presenta dificultades.

A continuación, se muestran algunas preguntas propuestas en el segundo semestre que deberán reformularse: “¿Cuál de los jabones utilizados para lavar ropa tiene el mayor valor como álcali?” (P16, S5), en este caso la pregunta se deberá reformular debido a que se menciona que lo que se busca es “el mayor valor como álcali”, esto no está bien expresado y debería decir: el mayor valor de pH. Otra pregunta que debe reformularse es: “¿La cantidad de polímeros influye en el pañal?” (P14, S4), en este caso el profesor al plantear la pregunta está haciendo referencia al polímero presente en el pañal y que es el elemento que absorbe la orina, lo cual hace que la pregunta sea interesante, pero no deja claro que va a observar en el pañal, si el tamaño, si la capacidad de absorción, etc. La pregunta reformulada debería ser: ¿La cantidad de polímeros influye en la capacidad de absorción del pañal?

Si se comparan las proporciones de preguntas correctamente redactadas entre el primer semestre (61.9%) y el segundo semestre académico (93.6%) se podrá observar que hay un aumento de 31.7 puntos porcentuales lo cual es significativo (ver Tabla 5.2) al 99% ($p\text{-value} < 0.01$). Estos resultados muestran que, a pesar de no haber habido un aumento significativo de las preguntas investigables planteadas, la proporción de estas que ha sido redactada correctamente ha aumentado en el segundo semestre académico, lo cual evidencia un progreso de los profesores en la habilidad de formular preguntas investigables.

Tabla 5.2

Test de medias de la proporción de las preguntas investigables correctamente redactadas propuestas en el primer y segundo semestre académico

Criterio	Primer Semestre académico	Segundo Semestre académico	T	P-Value
Redacción	0.619565	0.936306	-6.80425	1.69E-07

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

A partir de los resultados encontrados acerca de la mejora en la habilidad de los profesores de formular preguntas investigables mejor redactadas, nos interesó evaluar si había algún aspecto diferente entre un semestre académico y otro en la manera en la que se habían llevado a cabo las sesiones de clase. Concretamente nos interesó dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué aspectos de las sesiones de clase influyen en los resultados obtenidos en la redacción de las preguntas investigables entre el primer y segundo semestre académico?

Para lo cual se analizaron los patrones de las sesiones de clase realizadas en los dos semestres académicos en estudio, encontrándose un aspecto diferenciado: en el segundo semestre académico los profesores exponen ante sus compañeros de clase las preguntas investigables que han planteado en grupo, las cuales además son reformuladas a través de la discusión y el intercambio de ideas con la docente y con los otros profesores, esta estrategia no es utilizada por la docente en el primer semestre académico.

En el segundo semestre académico esto se evidencia en tres sesiones: la sesión de polímeros (S4), la sesión de pilas con frutas (S6) y la sesión de la pila de Volta (S7).

A partir del análisis del video, de los audios y de los apuntes de la docente de la sesión de clase pilas con frutas (S6), focalizando la atención en el momento en cual los profesores exponen las preguntas investigables que han planteado en sus grupos, se puede observar de

manera general lo siguiente: las preguntas formuladas en los grupos son de varios tipos y están asociadas al material del que disponen, distintos tipos de electrodos, variedad de frutas, etc. A lo largo de la exposición se van dando una serie de pautas para reformular las preguntas planteadas, tanto en la redacción como en el procedimiento a seguir. A continuación, se revisarán algunos fragmentos de los diálogos suscitados- elaborados a partir de las transcripciones de los videos y audios de las sesiones de clase y de los apuntes del diario de clase de la docente- entre los profesores y entre los profesores y la docente.

Un profesor plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Cuál es la fruta más adecuada para elaborar una pila casera y cuál pareja de electrodos debemos utilizar para tener más voltaje?” (P6). A continuación, escribe la pregunta en la pizarra para que los demás profesores la puedan leer. En las intervenciones tanto del docente como de los otros profesores, se aprecia un proceso de análisis y de reformulación. Primero, se hace referencia a lo que se debería hacer para resolver la pregunta “Si se tuviera que resolver esa pregunta, ¿qué se tendría que hacer?” La respuesta del profesor expositor fue “variar las dos cosas a la vez”. Esta respuesta sirvió para que, a través de las intervenciones se revisara el concepto de variables, de diseño experimental, tabla de resultados y finalmente se reformulara la pregunta investigable. Esto se puede observar en el momento en que la docente les solicita a los demás profesores que analicen la pregunta que se acaba de formular focalizando su análisis en las variables. Los profesores después de unos minutos intervienen, varios aportan sus opiniones, comentando que si se quiere obtener más voltaje variando a su vez la fruta y los electrodos resultaría un procedimiento complejo tratándose de alumnos de secundaria. Entre las sugerencias suministradas para reformular la pregunta planteada se señalan dos: La primera propuesta fue dividir la pregunta formulada en dos: ¿con cuál de las siguientes frutas se obtiene mayor voltaje al construir una pila con electrodos de Zn y Cu? y luego a partir de la fruta que generó más voltaje plantearse otra pregunta investigable: ¿qué pareja de electrodos generará más voltaje a partir de la fruta...? La segunda propuesta fue plantear una pregunta abierta: ¿qué factores influirán en la elaboración de una pila casera para obtener el mayor voltaje? Esta exposición y las intervenciones de los profesores, resultan interesantes ya que no sólo se está analizando la propuesta desde la redacción de la pregunta, también se revisa qué se busca con la misma y si los alumnos estarán en capacidad de afrontar el análisis de los datos que extraigan de la realización del experimento.

En otra intervención un profesor (P22) expone una situación similar a la anterior, pero plantea la pregunta investigable de manera más precisa. En su intervención comenta lo

siguiente, primero se introduce la pregunta diciéndoles a los alumnos: “Si disponemos de los siguientes electrodos: Zn, Cu, Al y Fe y los siguientes frutos: manzana verde, lima, limón, naranja. ¿Cómo podríamos hacer para hallar cuál combinación registra el mayor voltaje en el multitéster (ver Figura 5.2)?” Además, agrega que en ese caso concreto en su grupo habían probado comparando con las frutas y cambiando los electrodos, los datos los pusieron en una tabla y seleccionaron la mejor combinación de acuerdo al voltaje más elevado.

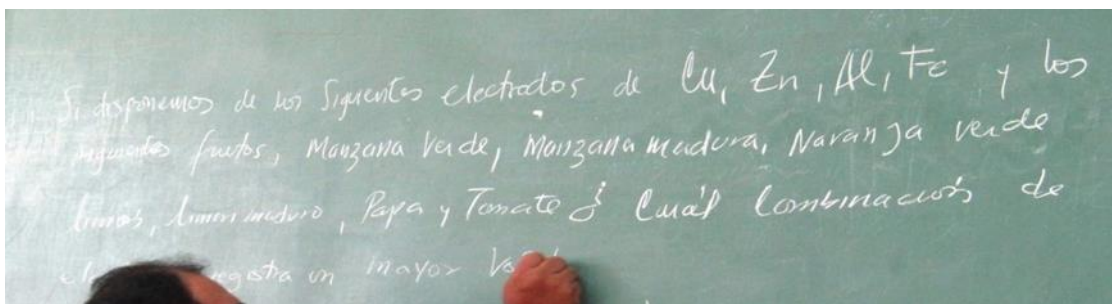


Figura 5.2. Se muestra a un profesor anotando en la pizarra la pregunta que su grupo había seleccionado.

En la intervención de otro grupo, el profesor anota en la pizarra: “¿El voltaje generado por la manzana verde (naranja) dependerá del tipo de electrodo utilizado?” La docente invita a demás profesores a analizar la pregunta planteada, después de varias intervenciones se llega a la conclusión de que sería mejor plantearla como: “¿El voltaje generado por la manzana verde dependerá del tipo de electrodos utilizados?” (P12), debido a que se trabaja con un par de electrodos y que es mejor plantearla como dos preguntas para no confundir a los alumnos, las preguntas serían redactadas de manera similar, pero en una se preguntaría acerca de la manzana y en la otra de la naranja. Incluso algunos profesores propusieron que unos grupos podían trabajar con la manzana y otros con la naranja y luego comparar los datos (ver Figura 5.3)



Figura 5.3. Integrantes de un grupo colocando varias parejas de electrodos en una naranja y registrando las medidas de voltaje.

Otro grupo trabajó relacionando el pH de las frutas con el voltaje que se generaba, esta intervención resultó interesante por el hecho que en una sesión previa los profesores habían realizado una actividad experimental en la cual midieron el pH de diversos productos comestibles y de uso cotidiano. La pregunta que plantearon fue la siguiente: “¿Influye la acidez en el voltaje generado?” (P24), agregando que los integrantes del grupo habían pensado en medir primero la acidez de las frutas, luego clasificarlas. A continuación, medir el voltaje generado. Luego habían planificado anotar los datos en una tabla para finalmente analizar si hay alguna relación entre el pH de la fruta y el voltaje generado. En la Figura 5.4, se muestra a los integrantes del grupo haciendo medidas del pH de las frutas. Cuando se planteó esta pregunta, las correcciones que se hicieron fueron acerca de detallar mejor en la pregunta, así se planteó que se especificara a qué acidez se referían y que pareja de electrodos usarían.



Figura 5.4. Se muestra a los integrantes de un grupo haciendo medidas de pH de las frutas.

A continuación, se analizará la intervención de un grupo que está interesado en investigar si la composición química de las frutas influye en el voltaje generado, para lo cual presenta la siguiente pregunta investigable: “¿Influye la composición química de las frutas en el voltaje generado?” (P26). La docente interviene con el siguiente comentario: esta pregunta guarda relación con la anterior, pero acotemos un poco más, qué miraríamos exactamente. A continuación, los profesores intervienen dando diversos aspectos: la acidez...el pH, las sales... quizás por la manera en que se descomponga... A partir de sus sugerencias, se les pide que formulen mejor la pregunta que han planteado.

En la sesión de la pila de Volta (S7), después de leer el texto de la historia de la pila de Volta se les solicitó a los profesores que elaboraran preguntas investigables. En uno de los grupos se hace alusión al esquema presentado en el texto, en el cual se puede observar la distribución de los discos que constituyen las celdas de la pila de Volta, el profesor (P31)

comienza tratando de estructurar la pregunta y dice: "Una pregunta podría ser, si las terminaciones son del mismo material, es decir si empezamos con Cu luego Zn o si disponemos al revés Zn y luego Cu, ¿el voltaje será el mismo?". Entre los profesores y la docente se analiza la pregunta propuesta y se le reformula a: ¿El orden en el cuál se apilen las celdas influirá en el voltaje generado? En este caso la discusión que se llevó a cabo entre los profesores y la docente no sólo implicó formular bien la pregunta, también propició que los profesores plantearan temas como el signo del voltaje generado haciendo una analogía con los polos de una pila de uso corriente, hablaron de que no podían conectar el polo positivo con el positivo de otra pila, que las conexiones debían ser positivo con negativo.

En otras intervenciones las preguntas se centraron al paño humedecido, una de las preguntas formuladas en este contexto fue: "¿Cómo influye la composición química de la solución con que se humedece el paño en el voltaje?" (P28), dicha pregunta iba orientada más que a la composición química al tipo de sustancia usada, se preguntaban por ejemplo si daría igual usar agua, agua con sal para humedecer el paño.

5.3.2. Tipos de preguntas investigables planteadas.

Como parte de la investigación resultó importante conocer que tipos de preguntas investigables plantearon los profesores en sus actividades experimentales durante el desarrollo del primer y segundo semestre académico. Para ello se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué tipos de preguntas investigables plantearon los profesores durante el primer y segundo semestre académico?

Para dar respuesta a esta pregunta de investigación se realizó el análisis de las preguntas investigables propuestas por los profesores clasificando las mismas de acuerdo a la tipología propuesta por Chin (2002b) de: comparación, causa- efecto, exploratorias y de predicción.

También interesó conocer qué aspectos tanto de las sesiones de clase como de los documentos de trabajo utilizados por los profesores pueden influir en el tipo de pregunta investigable formulada.

Se ha encontrado que en el primer semestre académicos los profesores plantean tres tipos de preguntas investigables: comparación, causa-efecto y exploratorias y en el segundo semestre académico además plantean preguntas de predicción (ver Figura 5.5).

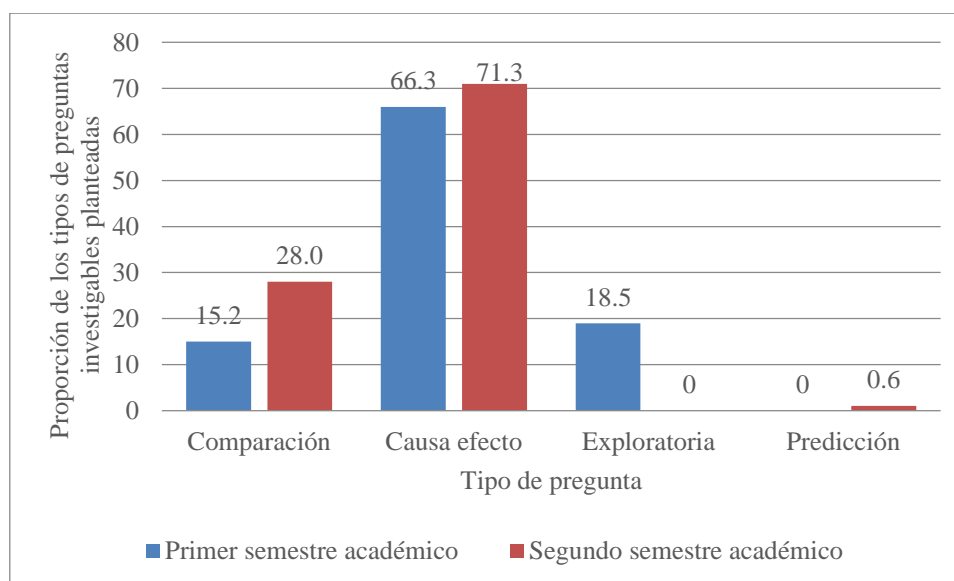


Figura 5.5. Proporción de los tipos de preguntas investigables formuladas en las actividades experimentales propuestas por los profesores.

Algunas posibles razones por las cuales los profesores están planteando actividades con estos tipos de preguntas investigables, pueden ser: que sean las que les resulta más fácil de formular porque tuvieron más ejemplos de las mismas en las guías de laboratorios con las que trabajaban antes de la Especialización y por ello les resultaron más familiares y adicionalmente a esto la docente puede haber proporcionado ejemplos de estos tipos de preguntas a lo largo de sus sesiones de clase y los profesores las pueden haber tomado de modelos. Para analizar los aspectos antes mencionados se hará una revisión en primer lugar de los documentos de trabajo de los profesores, con los cuales habían venido utilizando a manera de guía antes de la Especialización y de los tipos de preguntas investigables que plantea la docente a lo largo de su intervención.

5.3.2.1. *Relación entre los resultados obtenidos de los tipos de preguntas investigables y los documentos de trabajo de los profesores.*

Los lineamientos a seguir para el dictado de clases en los colegios proporcionados por el Ministerio de Educación del Perú se encuentran recogidos en un documento que se denomina OTP (Orientaciones Técnico Pedagógicas).

Se encuentra que, en la OTP del año 2010, se señalan algunas actividades experimentales a manera de ejemplos, si bien es cierto no parten de una pregunta investigable, la fundamentación del experimento se basa en una comparación, así en la actividad propuesta en el mencionado documento se presenta la actividad “Reconoce objetos conductores de la electricidad” (p. 63), en dicha actividad los alumnos deberán clasificar los objetos

conductores (madera, metal), utilizando un circuito eléctrico. En otra parte de dicho documento se solicita a los alumnos buscar una relación del tipo causa- efecto: Así se encuentra la siguiente actividad: “La influencia de la amilasa en el proceso de digestión de los carbohidratos” (p .65). Entre las indicaciones que se le suministran al alumno se hace referencia a una tabla en la cual se especifica que el alumno deberá preparar 8 tubos de ensayo -con distintas proporciones y a distintas temperaturas-, con los cuales trabajará en su experimento (ver Figura 5.6).

TUBO DE ENSAYO	ENZIMA	CONTENIDO		TEMPERATURA
		Adicional	Almidón 1%	
1	Solución de amilasa	Agua destilada	--	37 °C
2	--	Agua destilada	Almidón 1%	37 °C
3	Solución de amilasa	--	Almidón 1%	37 °C
4	Solución de amilasa	--	Almidón 1%	20 °C
5	Solución de amilasa	--	Almidón 1%	Baño de hielo
6	Solución de amilasa hervida	--	Almidón 1%	37 °C
7	Solución de amilasa	Ácido acético al 5%	Almidón 1%	37 °C
8	Solución de amilasa	Clara de huevo	--	37 °C

Figura 5.6. Indicaciones proporcionadas para el desarrollo de la actividad: La influencia de la amilasa en el proceso de digestión de los carbohidratos. Obtenido de OTP (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 66).

En esa misma actividad se le pide que organice sus datos y resultados en una tabla como la mostrada en la Figura 5.7.

RESULTADOS DE LA DIGESTIÓN DE ALMIDÓN CON AMILASA

● Completa la siguiente tabla para la digestión de almidón.

TUBO DE ENSAYO	TEMPERATURA DE INCUBACIÓN	PRUEBA DE LUGOL	DURACIÓN DE LA DIGESTIÓN	OBSERVACIONES
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Figura 5.7. Tabla sugerida para anotar los resultados obtenidos en la actividad: La influencia de la amilasa en el proceso de digestión de los carbohidratos. Obtenido de OTP (Ministerio de Educación del Perú, 2010, p. 66).

A partir del análisis de los resultados obtenidos deberá responder a las siguientes preguntas: “¿Qué efecto tuvo la variación de pH?” y “¿qué efecto tuvo la variación de la

temperatura en las proteínas?”, esto supondrá que el alumno evalúe los datos obtenidos y busque si hay una relación del tipo causa - efecto.

De otra parte, en la OTP de año 2010 no se encontraron ejemplos que hicieran alusión a las preguntas del tipo predicción. Generalmente ejemplos de este tipo no se encuentran en los libros de texto y los profesores no han tenido oportunidad de aplicarlos al aula de clase.

En cuanto a las preguntas de tipo exploratorio, en la OTP del año 2010 se encuentra como modelo la actividad titulada: “Factores que afectan la velocidad de la reacción, la cual estaba dividida en cuatro partes: el efecto de la naturaleza de las sustancias; el efecto de la temperatura en la velocidad de reacción; el efecto de la concentración de las sustancias; el efecto de los catalizadores” (p. 67). La actividad está estructurada en cuatro preguntas del tipo causa- efecto.

Estos modelos de actividades presentes en el documento de trabajo de los profesores podrían haber influido en el tipo de preguntas que formularon.

5.3.2.2. Relación entre los resultados obtenidos de los tipos de preguntas investigables y la sesión de la clase de formación: Propuesta de la docente.

En relación con la propuesta del docente, en primer lugar, se encuentra que el modelo de preguntas que la docente formula en clase como orientadoras de la propuesta didáctica podría influir en el tipo de preguntas que los profesores pueden comenzar a proponer acerca de los fenómenos en estudio.

Por modelos de preguntas se va a considerar todas las preguntas investigables que la docente propone a lo largo de la sesión de clase.

Partiendo del análisis de las transcripciones de las sesiones de clase y focalizando la atención en los momentos en los cuales se formulan preguntas investigables a lo largo de las mismas, se identifica que hay dos situaciones importantes a considerar en la intervención de la docente: el momento en el cual la docente asigna la tarea a resolver durante la sesión y los ejemplos de preguntas que utiliza durante la misma. El análisis también ha incluido la identificación del tipo de las preguntas formuladas según la tipología propuesta por Chin (2002b) de: comparación, causa- efecto, exploratorias y de predicción.

A. Preguntas realizadas al momento de asignar la tarea a realizar

Se observa que el momento en el cual la docente asigna la tarea a resolver durante la sesión -especialmente en las primeras sesiones de la Especialización- plantea a los profesores preguntas investigables, concretamente se ha identificado que la docente utiliza dos tipos de preguntas: exploratorias y de causa-efecto. Con el objeto de ilustrar esto con más claridad se describirán algunas sesiones donde esto ocurre.

- *Preguntas exploratorias*

En relación a este tipo de preguntas, se observa en la sesión de las reacciones químicas (S1), después de trabajar con los diversos aspectos de una reacción química: definición de reacción química, conservación de la masa y de haber interaccionado con los reactivos (vinagre y bicarbonato de sodio en pastillas efervescentes) para evidenciar la formación de los productos especialmente la formación de CO₂, la docente les plantea a los profesores la siguiente pregunta exploratoria: ¿qué factores pueden modificar la velocidad de una reacción química? Para invitarlos en primer lugar a recordar los factores que afectan a la velocidad de reacción y luego para solicitarles que hagan un diseño experimental que permita evidenciarlos.

- *Preguntas de tipo causa-efecto*

En la sesión de levaduras (S2) la docente plantea una pregunta de tipo causa- efecto para asignar la tarea: Deberán plantear un diseño experimental que tome en cuenta el efecto de la temperatura en la degradación del azúcar por las levaduras, planteándose como pregunta investigable: ¿Influirá la temperatura en la degradación del azúcar por las levaduras?

B. Preguntas realizadas en los ejemplos de actividades durante la sesión de clase

También se observa que la docente propone también preguntas investigables durante la realización de las actividades durante la sesión de clase.

- *Preguntas de predicción*

En las sesiones introductorias cuando se introducía el tema de la elaboración de preguntas investigables se trabajó en el tema de la observación de la llama de una vela y cómo a partir de ahí se podían plantear preguntas investigables. A continuación, se les entregó un frasco de vidrio y se les pidió que trabajaran en la siguiente actividad: Observar y describir lo que sucede si se coloca un frasco invertido sobre una vela que arde. Los profesores observaron

lo que sucedía y tomaron nota. Luego se les planteó la siguiente pregunta: ¿Qué pasaría si cambiamos la altura del frasco?, y se les invitó a hacer una predicción.

En la sesión de polímeros (S4) la docente utiliza un experimento discrepante para iniciar la sesión, el cual consistía en mezclar volúmenes iguales de agua y alcohol -para ello les invita a hacer una predicción- planteándoles la pregunta: ¿Qué sucederá al mezclar agua y alcohol?

- *Preguntas de comparación*

Retomando el ejemplo de la observación de la llama de una vela-un grupo tomó el tiempo que tardaba en apagarse la vela en el frasco pequeño y en el grande, al observar que según su predicción debería demorarse el doble y no lo hacía empezaron a pensar qué podría pasar. Con la ayuda de la docente notaron que sus predicciones estaban basadas en la altura y no en el volumen de los frascos a partir de esto les planteó (contando con vasos de distinto volumen) la siguiente pregunta: ¿en cuál de los tres vasos se apagará primero la vela?

En la sesión de levaduras (S2) se encuentra también que la docente introduciendo la contextualización les proporciona a los profesores una situación sobre la conducción del calor en la cual plantea una pregunta de comparación. A continuación, se muestra un fragmento de dicha sesión: Pero faltaría aún otro aspecto importante a considerar, plantear la pregunta de manera tal que los alumnos también analicen sus resultados, por ejemplo: Luis desea decidir qué material de uso cotidiano conduciría mejor el calor, ¿cómo podríamos diseñar un experimento para ayudar a Luis a tomar una decisión?

- *Preguntas de tipo causa-efecto*

En la sesión de reacciones químicas (S1) la docente lleva al aula un paracaídas de juguete- que consta de un plástico, unos cordeles y un paracaidista que es un muñeco- que es mostrado a los profesores, les comenta que es un juguete que es utilizado por los niños. A partir de ello, les anima a plantear una pregunta investigable que se pueda relacionar con el juguete mostrado. A partir de las intervenciones de los profesores acerca del tiempo que demora en caer el paracaídas al suelo, se construye la siguiente pregunta: ¿El material del paracaídas influirá en el tiempo de caída?, adicionalmente los profesores participan comentando otros aspectos que pueden influir también en el tiempo que tarda en caer el paracaídas al suelo: la masa del cuerpo, los espacios de los hilos, la relación del área...De esta manera entre la docente y los profesores se redactan una serie de preguntas investigables que podrían ponerse a prueba a partir del paracaídas de juguete.

5.3.2.3. *Análisis de los resultados obtenidos por cada tipo de pregunta investigable en el primer y segundo semestre académico.*

Los resultados obtenidos se analizarán de acuerdo al tipo de pregunta investigable planteada.

A. Preguntas del tipo comparación

En cuanto a las preguntas de tipo comparación en el primer semestre académico la proporción de preguntas investigables de este tipo que plantean los profesores es del 15.2%, en cambio en el segundo semestre académico un 28.0% de las preguntas investigables han sido planteadas siguiendo este modelo. Como se observa hay un aumento de 12.8 puntos porcentuales en el segundo semestre académico siendo la diferencia significativa (ver Tabla 5.3) al 95% ($p\text{-value} < 0.05$). Se puede observar que una mayor proporción de profesores en el segundo semestre académico optan por plantear sus actividades experimentales partiendo de preguntas de comparación, esto puede ser debido a diversos factores: el tipo de actividades planteadas en la segunda parte del semestre concretamente las de polímeros, jabones y detergentes y pilas con frutas, por el tipo de temas tratados, comparar entre marcas de pañales (68.0%), comparar entre una marca de jabón cosmético y otra o entre detergentes (25.0%), comparar entre diversas frutas acerca del voltaje producido (44.0%), podría originar que a los profesores se les haga más fácil formular preguntas de este tipo.

Tabla 5.3

Test de medias de la proporción de las preguntas investigables de tipo comparación propuestas en el primer y segundo semestre académico

Criterio	Primer semestre académico	Segundo semestre académico	T	P-Value
Comparación	0.152174	0.280255	-2.32349	0.0209655

Nota: para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

A continuación, se mostrarán algunas de las preguntas del tipo comparación que se encontraron en las actividades experimentales propuestas por los profesores (ver Tabla 5.4).

Tabla 5.4

Preguntas de tipo comparación planteadas por los profesores en sus actividades experimentales

Sesión	Preguntas formuladas por los profesores
Reacciones químicas (S1)	“¿A qué temperatura será más rápida la reacción: 10°C, 20°C o 50°C?” (P5) “¿Qué sucede con la velocidad de la reacción cuando la concentración del vinagre se diluye en agua: ¿20 ml de vinagre en 30 ml de agua, 10 ml de vinagre en 30 ml de agua, 5 ml de vinagre en 30 ml de agua?” (P17)

Sesión	Preguntas formuladas por los profesores
Medida del tiempo de reacción (S3)	“¿Quiénes tienen mejor capacidad de reacción, los alumnos de 16 años o los de 12 años?” (P6) “¿Quién tiene mayor capacidad de reacción los varones deportistas o no deportistas?” (P1)
Polímeros (S4)	“¿Qué pañal es más absorbente?” (P9) “¿Cuál de estos tres pañales mantiene más seco al bebé?” (P3)
Jabones y detergentes (S5)	“¿Cómo comprobarías qué pasta dental tiene el pH adecuado para el cuidado y protección de los dientes de Mercedes?” (P17) “¿Cuáles de los jabones Nivea, Dove o Camay son adecuados?” (P33)
Pila con frutas (S6)	“¿Cuál de las frutas, manzana, naranja y limón genera más voltaje con los electrodos de Zn y Cu?” (P8) “¿Cuáles son las tres frutas que generan un voltaje mayor entre el limón, la naranja, la piña, el mango y la papaya?” (P2)

B. Preguntas del tipo causa-efecto

En cuanto a las preguntas del tipo causa-efecto como se puede apreciar en la Figura 5.5, el 66.3% de las preguntas investigables fueron formuladas en este tipo en el primer semestre académico, en cambio, en el segundo semestre académico fueron el 71.3%. Aunque hay una diferencia de 5 puntos porcentuales de acuerdo a los datos mostrados en la Tabla 5.5, esta no es significativa ($p\text{-value} > 0.01$). De acuerdo a los resultados encontrados, se podía concluir que los profesores tanto en el primer como en el segundo semestre elaboran una proporción similar de preguntas investigables de este tipo. Una de las razones que se atribuye a ello, es el hecho de que a través de este tipo de preguntas los profesores pueden tratar aspectos más amplios con una actividad experimental y por ello eligen este modelo de pregunta en el planteamiento de sus actividades experimentales.

Tabla 5.5

Test de medias de la proporción de las preguntas investigables de tipo causa-efecto propuestas en el primer y segundo semestre académico

Criterio	Primer Semestre académico	Segundo Semestre académico	T	P-Value
Causa - efecto	0.663043	0.713376	-0.830261	4.07E-01

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

A continuación, se mostrarán algunas de las preguntas del tipo causa-efecto que se encontraron en las actividades experimentales propuestas por los profesores.

Tabla 5.6

Preguntas de tipo causa- efecto planteadas por los profesores en sus actividades experimentales

Sesión	Formuladas por los profesores
Reacciones Químicas (S1)	<p>“¿Influye la temperatura de una sustancia en la velocidad de la reacción química con otra sustancia?” (P9)</p> <p>“¿Influye el tamaño de las partículas de los reactantes en la velocidad en una reacción química?” (P10)</p> <p>“¿Influye la concentración de los reactantes en la velocidad de una reacción química?” (P19)</p>
Levaduras (S2)	<p>“¿Influirá el pH del agua utilizada en la actividad de las levaduras sobre el azúcar?” (P33)</p> <p>“¿Influirá la temperatura en la degradación del azúcar por las levaduras?” (P22)</p>
Medida del tiempo de reacción (S3)	<p>“¿Qué relación existe entre la altura que se deja caer la regla y la capacidad de reacción? (P2)”</p> <p>“¿La edad de los alumnos influirá en la capacidad de reacción?” (P28)</p>
Polímeros (S4)	<p>“¿Qué relación existe entre la concentración de polímeros y la capacidad de absorción de agua en un pañal de bebé?” (P16)</p> <p>“¿Influye el pH en la capacidad de absorción del pañal?” (P28)</p> <p>“¿Influye la concentración de sal en el agua en la capacidad de absorción del pañal?” (P15)</p>
Jabones y detergentes (S5)	<p>“¿Cómo afecta el nivel de pH de los jabones cosméticos en el cuidado de la piel?” (P27)</p> <p>“¿Influye el grado de acidez o de basicidad en las características óptimas del cabello?” (P24)</p> <p>“¿Cómo influye el pH de los detergentes en la eliminación de las manchas de la ropa?” (P14)</p>
Pilas con frutas (S6)	<p>“¿Influye la acidez en el voltaje generado?” (P4)</p> <p>“¿La temperatura de las frutas influirá en el voltaje generado?” (P9)</p> <p>“¿Influye el pH de las frutas suministradas en el voltaje que se genera en la pila cuando se usa como electrodos el Cu y el Zn?” (P5)</p>
Pila de Volta (S7)	<p>“¿Cómo diseñarías un experimento para comprobar si el pH del paño influye en el voltaje generado?” (P15)</p> <p>“¿El número de celdas apiladas influirá el voltaje obtenido?” (P6)</p> <p>“¿El tipo de solución iónica influye en el voltaje generado de la pila?” (P2)</p>
Combustión (S8)	<p>“¿Influye el tipo de materia prima en la cantidad de CO₂ producto de la combustión de estas?” (P16)</p> <p>“¿Influye la temperatura del agua de cal en la captación de CO₂?” (P23)</p> <p>“¿Influirá el tipo de combustible que se use al quemar en la producción de CO₂?” (P29)</p>

C. Preguntas del tipo exploratorio

En cuanto a las preguntas de tipo exploratorio, los resultados muestran (ver Figura 5.5) que en el primer semestre académico el 18.5% de las preguntas investigables estaban

planteadas en este tipo en cambio en el segundo semestre los profesores no plantean preguntas exploratorias. Como puede apreciarse a partir de la Tabla 5.7, hay una disminución de 18.5 puntos porcentuales en el segundo semestre académico, en el cual los profesores no plantearon ninguna pregunta investigable siguiendo este modelo, la diferencia entre las proporciones de preguntas de tipo exploratorio es significativa al 99% ($p\text{-value} < 0.01$). Cuando se les preguntó a los profesores la razón por la cual no utilizaban con mayor frecuencia las preguntas de tipo exploratorio, respondieron que la realización de una actividad experimental que parte de una pregunta investigable del tipo exploratorio les demandaba mucho tiempo y no lo veían viable debido al corto tiempo de que disponían.

Tabla 5.7

Test de medias de la proporción de las preguntas investigables de tipo exploratorio propuestas en el primer y segundo semestre académico

criterio	Primer semestre académico	Segundo semestre académico	T	P-Value
Exploratoria	0.184783	0	5.94145	1.85E-07

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

A continuación, se mostrarán algunas de las preguntas del tipo exploratorio que se encontraron en las actividades experimentales propuestas por los profesores.

Tabla 5.8

Preguntas de tipo exploratorio planteadas por los profesores en sus actividades experimentales

Sesión	Formuladas por los profesores
Reacciones Químicas (S1)	“¿Qué factores modifican la velocidad de la reacción química en una mezcla de vinagre y bicarbonato de sodio?” (P6) “¿Qué factores aceleran o retardan la velocidad de una reacción química?” (P14) “¿Qué factores influyen en la velocidad de la reacción química entre el ácido acético y el bicarbonato de sodio?” (P20) “¿Qué factores modifican la velocidad de una reacción química?” (P18) “¿Qué factores influyen en la reacción química de una tableta efervescente y vinagre?” (P7)
Medida del tiempo de reacción (S3)	“¿Qué factores influyen en el tiempo de reacción?” (P9)
Polímeros (S4)	“¿Qué factores afectan la levadura?” (P7)

Las preguntas de tipo exploratorio, están focalizadas en la sesión de las reacciones químicas (S1), se ha encontrado que el 88.0% de las preguntas exploratorias han sido formuladas en esta sesión, el 6.0% en la sesión de levaduras y el 6.0% en la sesión de medida del tiempo de reacción. Una de las razones por las cuales en la sesión de reacciones químicas

los profesores plantean preguntas exploratorias puede atribuirse al hecho de que en esta sesión la docente emplea una pregunta exploratoria para asignar la tarea a realizar, es posible que algunos de los profesores hayan tomado como modelo la pregunta de la docente.

D. Preguntas tipo predicción

Este tipo de pregunta generalmente es utilizada en el proceso de construcción de las preguntas de comparación o de causa- efecto. Así se ha encontrado que en muchos de los diálogos con los cuáles los profesores empiezan a explorar el fenómeno se incluyen preguntas del tipo: ¿qué pasaría si colocamos agua caliente con la levadura?, ¿qué pasaría si ponemos la levadura en un medio ácido?, ¿qué pasaría si soltamos la regla un poco más arriba?

Este tipo de pregunta no se evidencia mucho en los trabajos que presentan los profesores, se ha identificado una pregunta en la sesión de la pila de Volta (S7): “¿Habría diferencia de voltaje si utilizamos diferentes soluciones iónicas?” (P19). Sin embargo, se encuentra que en las discusiones grupales se plantean como un paso previo a la generación de preguntas de comparación o de causa efecto.

Este resultado que llama la atención, se podría explicar con el hecho de la dificultad inherente en su planteamiento, ya que conlleva un dominio conceptual y la necesidad de contar con contenidos conceptuales que permitan la formulación de este tipo de preguntas. Los apuntes del diario de campo de la investigadora registran que los profesores manifiestan mayor dificultad de plantear este tipo de preguntas a los alumnos, debido al tipo de contenidos teóricos a desarrollar en el momento del año escolar en que se les asignó realizar el trabajo y que les era más sencillo plantear preguntas del tipo causa- efecto. También hacen alusión a que les es difícil motivar a los alumnos para que planteen sus predicciones, añadiendo que los alumnos deberían tener conocimientos previos y que en la mayoría de los casos estos conocimientos son escasos y muchas veces nulos.

5.3.3. Relación entre el tipo de pregunta investigable y la carga conceptual involucrada en la sesión.

Del análisis de los resultados obtenidos de los tipos de preguntas investigables que planteaban los profesores nos interesó conocer qué podría originar que un profesor escoja un tipo de pregunta investigable u otra; la atención se focalizó entonces en el modelo de la sesión de la clase.

La pregunta de investigación que se planteó fue: ¿qué relación habrá entre el tipo de pregunta investigable planteada por los profesores y la carga conceptual involucrada en la sesión?

Tomando en cuenta los aportes de Windschitl et al. (2008) y Couso (2014), quienes mencionan cualquier investigación que se lleve al aula de clase debe estar asociada a unos conceptos científicos, leyes modelos, de otra manera no se estará haciendo ciencia en la escuela; se clasificaron las sesiones de clase dos categorías carga conceptual alta y carga conceptual baja, en función al contenido conceptual involucrado en la sesión (ver Tabla 5.9):

Tabla 5.9

Categorización de las sesiones de clase de acuerdo a la carga conceptual involucrada

Sesión	Tema	Carga conceptual
S1	Reacciones Químicas	Alta
S2	Levaduras	Alta
S3	Medida del tiempo de reacción	Baja
S4	Polímeros	Baja
S5	Jabones y detergentes	Baja
S6	Pilas con frutas	Alta
S7	Pila de Volta	Alta
S8	Combustión	Alta

Se agruparon los resultados obtenidos en los tipos de preguntas investigables planteadas por los profesores de acuerdo a las sesiones con carga conceptual alta y las de carga conceptual baja. Como puede observarse en la Figura 5.8, la distribución de los tipos de preguntas investigables no es igual en las sesiones de carga conceptual alta y en las de baja. En el caso de las sesiones con carga conceptual alta, el 12.1% de las actividades experimentales planteadas parten de una pregunta investigable del tipo comparación, el 77.1% del tipo causa- efecto, el 10.2% del tipo exploratorio y un 0.6% del tipo predicción. En cambio, en las sesiones con carga conceptual baja el 42.4% de las actividades experimentales propuestas partían de preguntas del tipo comparación, el 56.5% de las del tipo causa-efecto, un 1.1% del tipo exploratoria y no propusieron preguntas de predicción.

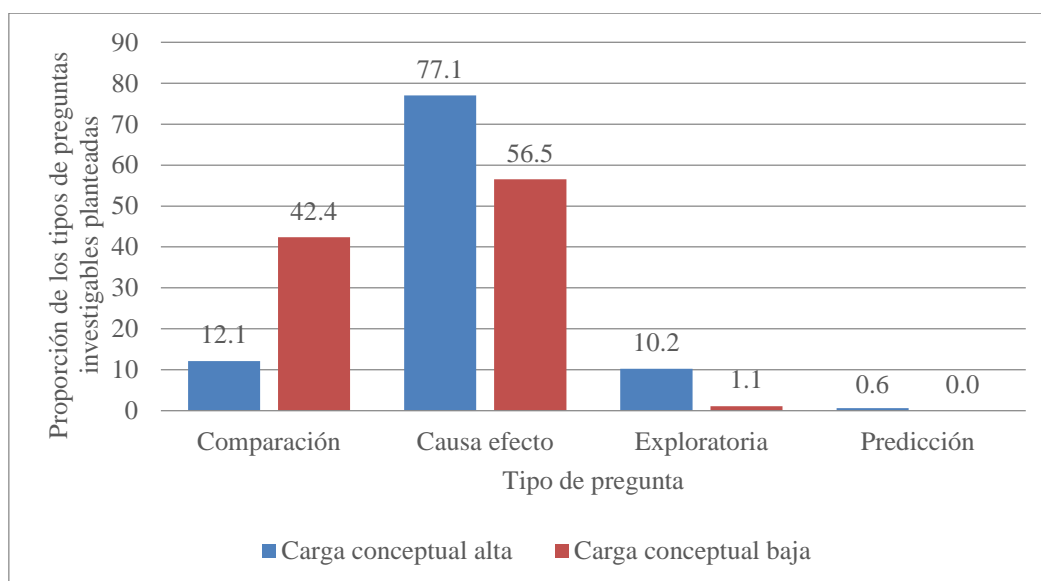


Figura 5.8. Distribución de la proporción de los tipos de preguntas investigables formuladas de acuerdo a la carga conceptual involucrada en la sesión.

Si se comparan los tipos de preguntas planteadas en las sesiones de carga conceptual alta y baja se encuentran algunas diferencias que se detallarán a continuación, la significancia de las mismas se analizará a partir de los datos de la Tabla 5.10. En cuanto a las preguntas del tipo comparación en las sesiones con carga conceptual alta el 12.1% de las actividades experimentales planteadas parten de una pregunta del tipo comparación y en las de carga conceptual baja el 42.4%, la diferencia de 30.3 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$), en las sesiones con carga conceptual alta el 77.1% de las actividades experimentales planteadas parten de una pregunta del tipo causa- efecto y en las de carga conceptual baja el 56.5%, la diferencia de 20.6 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$).

Por otra parte, en las sesiones con carga conceptual alta el 10.2% de las actividades planteadas parten de una pregunta del tipo exploratorio y en las de carga conceptual baja el 1.1%, la diferencia de 9.1 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$). Finalmente, en las sesiones con carga conceptual alta el 0.6% de las actividades planteadas parten de una pregunta del tipo predicción y en las de carga conceptual baja no se plantean preguntas de este tipo, la diferencia de 0.6 punto porcentual no es significativa.

Habiendo encontrado diferencias significativas entre las sesiones de carga conceptual alta y baja para tres tipos de preguntas formuladas, se planteó la posibilidad de que el tipo de pregunta estuviera asociada a la carga conceptual. Para identificar si había independencia entre el tipo de pregunta formulada y la carga conceptual involucrada en la sesión se aplicó

una prueba de chi-cuadrado, encontrándose que el valor de chi cuadrado es 33.9872 y el $p\text{-value} < 0.00001$. El resultado es significativo al 99%; lo que quiere decir que existe evidencia suficiente (en este caso una fuerte evidencia porque el $p\text{-value}$ es muy pequeño) que las variables en cuestión son dependientes. Estos resultados nos dan indicios de que existe alguna relación entre los tipos de preguntas de comparación, causa efecto, predicción y exploratorias que plantean los profesores y el nivel de carga conceptual impartida en la sesión de clase.

Tabla 5.10

Test de medias de la proporción de los tipos de preguntas investigables propuestas de acuerdo a la carga conceptual involucrada en la sesión

Criterio	Carga conceptual alta	Carga conceptual baja	T	P-Value
Comparación	0.121019	0.423913	-5.79318	1.92352E-07
Causa efecto	0.770701	0.565217	3.46619	0.000622552
Exploratoria	0.101911	0.0108696	2.78071	0.00584209
Predicción	0.0063694	0	0.764857	0.445087

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

5.3.4. Factores que inciden en el nivel de articulación entre la pregunta investigable planteada por los docentes y la construcción conceptual.

También nos interesó conocer si había alguna relación entre algunos aspectos significativos implícitos en las sesiones de clase y el nivel de articulación entre la actividad de indagación planteada por los profesores y la construcción conceptual a la que dicha indagación está asociada.

5.3.4.1. Contenido conceptual involucrado en la sesión de formación.

A continuación, se hará una descripción de los tipos de preguntas planteadas por los profesores de acuerdo a la carga conceptual involucrada en la sesión.

A. Carga conceptual alta

En la sesión de reacciones químicas (S1), la docente propone a los profesores trabajar con el tema de las reacciones químicas, contenido conceptual que había sido también abordado de manera previa a la sesión. Así, comienza por recordar los conceptos de reacción química y conservación de la masa. En este contexto, el docente les plantea a los profesores la siguiente pregunta exploratoria: ¿qué factores pueden modificar la velocidad de una reacción química? Luego, los invita primero a recordar los factores que afectan a la velocidad de reacción, para lo cual los profesores trabajan en grupos y les solicita que hagan un diseño

experimental que permita poner a prueba el efecto de variar los factores que han propuesto en la velocidad con la que ocurre la reacción química que están estudiando.

Entre los tipos de preguntas planteadas por los profesores se encuentran:

- Exploratorias: “¿Qué factores modifican la velocidad de la reacción química en una mezcla de vinagre bicarbonato de sodio?” (P6), “¿Qué factores aceleran o retardan la velocidad de una reacción química?”(P28).
- Causa- efecto: “¿Influye el tamaño de las partículas de los reactantes en la velocidad en una reacción química?” (P16).
- Comparación: “¿A qué temperatura será más rápida la reacción: 10°C, 20°C o a 50°C?” (P5).

El haber planteado como modelo durante el desarrollo de la sesión de clase una actividad guiada con un contenido conceptual significativo, generó que los profesores a su vez plantearan preguntas que les permitirían que sus alumnos construyan o revisen conceptos, lo que les permitiría avanzar en la comprensión cómo se puede modificar la velocidad de una reacción química, en este caso las variables involucradas (temperatura, tamaño de partícula, concentración de los reactivos). Como resultado, los profesores en dicha sesión plantean en su mayoría preguntas exploratorias (49.0%) como las que les propuso el docente, también plantearon preguntas del tipo causa- efecto (39.0%) y de comparación (12.0%), en los tres tipos de preguntas propuestas por los profesores se observa que toman en cuenta los contenidos teóricos abordados durante la sesión modelo desarrollada.

B. Carga conceptual baja

En algunas sesiones de clase se abordaron los contenidos conceptuales orientados a la vida cotidiana. Por ejemplo, en sesión de polímeros (S4) se trabajó este tema, y concretamente se trabajó con pañales. De las preguntas planteadas un 68.0% correspondía a preguntas del tipo comparación, las cuales hacían una referencia a la utilización del pañal, así se encuentra: “¿Cuál de estos tres pañales mantiene más seco al bebé?” (P3); “¿Cuál de los tres pañales absorbe más agua?” (P24); “¿Qué marca de pañal absorberá más?” (P25). La solución de estas preguntas a nivel experimental permitirá seleccionar un tipo de pañal que absorba más (los alumnos podrán poner en juego destrezas indagativas como son el diseño experimental, el control de variables entre otras), pero para comprender mejor el fenómeno será necesario introducir conceptos a través de lecturas o de la explicación del profesor.

También se identifica que en la sesión en que se trabajó el tema de jabones y detergentes, se plantea como pregunta investigable: “¿Cómo comprobarías qué pasta dental tiene el pH adecuado para el cuidado y protección de los dientes de Mercedes?” (P17), dar respuesta a este tipo de pregunta implica seguir una serie de pasos:

- (i) ¿Cómo saber cuál es el pH más adecuado para el cuidado de los dientes?
 - Basarse en información: lo cual implicaría; primero contar con la información de cuál es el pH más adecuado para el cuidado de los dientes lo cual se puede recoger de lecturas de textos. En este caso en el texto que consultaron los profesores se incluía lo siguiente: “El pH de la saliva en una boca sana se sitúa alrededor del 7, por lo que un dentífrico será mejor si se sitúa entre 6.9 y el 8”.
 - Planificar un experimento para determinar el pH más adecuado, analizando el efecto en los dientes. Experimento difícil de realizar en el aula de clase, por las medidas a realizar.
- (ii) Conocer la técnica empleada para medir el pH: Lo que implicaría tener idea de cómo se mide el pH en una pasta dental, lo cual significa un conocimiento de la técnica apropiada.

En el caso descrito en las líneas anteriores, el diseño experimental propuesto juega un papel importante ya que las experiencias y observaciones permitirán sacar conclusiones de los datos, pero no llevarán a la construcción de los conceptos científicos directamente. La pregunta planteada por el profesor, permite evaluar un aspecto importante en la elección y el análisis de una pasta de dientes, pero deja de lado otros aspectos que deberían considerarse. Uno de los cuales sería evaluar el efecto protector de los iones fluoruro en la disolución de los carbonatos de los dientes como plantean (Crujeiras & Jiménez, 2012). En cambio, sí se plantea una pregunta del tipo: ¿cuáles son los factores que intervienen en la aparición de las caries? (Franco, Blanco, & España, 2014), se podría tener una visión más amplia del fenómeno en estudio y asociar los conceptos teóricos a los experimentos realizados.

Cuando las sesiones de formación de los profesores se realizan con una carga conceptual baja, los profesores plantean en su mayoría preguntas poco articuladas con el contenido conceptual involucrado. Las experiencias y observaciones propuestas permiten sacar conclusiones de los datos, pero dichas conclusiones no llevan a la construcción de conceptos científicos. Las preguntas propuestas no están basadas en un modelo inicial de qué variables

podrían influenciar el fenómeno de estudio ni de qué maneras, ni permiten arribar a modelos de este tipo.

5.3.4.2. Exploración de materiales y objetos en la sesión de formación.

Los resultados obtenidos muestran que un segundo componente fundamental que ayuda a los profesores a articular las preguntas investigables con el contenido conceptual son los materiales y objetos a los que éstos tienen acceso durante la clase.

Esto se puede visualizar en la siguiente sesión de clase (S4) en la que los profesores trabajando en grupos abordaban el tema de los polímeros. Como parte del material para trabajar se le había entregado un pañal a cada grupo, este lo podían desarmar (ver Figura 5.9 y Figura 5.10) y observar las partes que lo constituían, concretamente encontraron el polímero responsable de la absorción del agua.



Figura 5.9. Grupo de profesores revisando la composición del pañal.



Figura 5.10. Grupo de profesores extrayendo el polímero de los pañales.

De esta manipulación surgen las siguientes preguntas: ¿Todas las marcas de pañales contendrán la misma cantidad de polímeros?; ¿La cantidad de agua absorbida dependerá de

la cantidad de polímero? El hecho de haber podido encontrar el polímero en el pañal, promueve que piensen más allá de la simple absorción y que pasen de plantearse preguntas del tipo comparación a otras que indagan sobre la relación entre variables.

Paralelamente, el hecho de disponer de tiempo para explorar y observar lo que sucedía al manipular los pañales, permitió a los profesores apreciar que el proceso de absorción no tenía lugar inmediatamente apenas agregaban el agua. Otro grupo consideró investigar el efecto del peso del bebé y la presión que ejerce sobre el pañal, aspecto importante en el control de calidad del producto.

A manera de ejemplo se cita lo que ocurrió en la sesión de pilas con frutas, los profesores comenzaron planteando preguntas acerca primero del voltaje que se generaba en una pila, para luego ir avanzando a preguntas del tipo: ¿Influirá en el voltaje obtenido el material utilizado en la pareja de electrodos?, pregunta que buscaba encontrar una relación entre variables. Otras preguntas que surgieron fueron si la cantidad de discos de Cu y de Zn influía en la cantidad de corriente eléctrica. Esta pregunta resultó interesante dado, que las preguntas formuladas habían estado centradas a la generación de voltaje. Cuando se analizó la pregunta surgieron inquietudes acerca de si se podría prender un foquito de luz con la pila de Volta y se planteaban la relación entre la intensidad y el voltaje producido.

Uno de los grupos se planteó indagar si podrían prender un diodo LED, planteando un diseño experimental para estudiar lo que sucede con el voltaje y la intensidad al conectar limones en serie y en paralelo (ver Figura 5.11).



Figura 5.11. Grupo de profesores conectando las pilas en serie.

De otra parte, hay un aspecto que es necesario señalar, se ha encontrado que la manipulación por sí sola de material no siempre conduce a la formulación de preguntas investigables, recordando el caso de una sesión de clase en la cual se entregó material a los grupos para que trabajaran, en uno de ellos se entregaron poleas de diferentes tamaños, cuerda, pesas, un gancho de ropa y dinamómetros. La transcripción del audio y los apuntes del diario de clase de la docente de la exposición de los trabajos recoge la siguiente

información: el profesor encargado de la exposición del trabajo de este grupo comenzó diciendo: nos ha tocado el juego de poleas, más bien ha sido un problema para nosotros, ninguno de nosotros tiene experiencia en la enseñanza de la física, no sabíamos ni por dónde empezar... Cuando el grupo recibió el material, se desconcertó y le comentó a la docente que no sabían qué hacer... esta les orientó a que intentaran manipular el material y tratar de hacer pruebas. Transcurrida media hora dado que no lograban plantear ninguna pregunta investigable, -sólo preguntas de definición por ejemplo: ¿cómo funciona una polea? -, la docente interviene explicándoles la teoría y mostrándoles algunos ejemplos de lo que podían realizar. A pesar de contar con esta ayuda, los profesores sólo llegaron a formular preguntas del tipo: ¿Qué pasaría si la masa de la pesa se duplica?

5.3.4.3. *La interacción entre iguales y con los docentes.*

A lo largo de las sesiones de clase se ha procurado utilizar dinámicas de trabajo en grupo y que la interacción entre sus componentes y en gran grupo fuera constante. Resultaron muy válidas aquellas situaciones en las que los profesores tuvieron oportunidad de discutir sus preguntas con sus compañeros, ya que permitió reformular las preguntas planteadas al inicio o direccionarlas hacia otros aspectos más relevantes del fenómeno en estudio. Y también que un representante de cada grupo expusiera su trabajo delante de los demás propiciando la intervención de otros profesores, quienes aportaron ideas, plantearon nuevas preguntas investigables y reformularon la pregunta planteada.

Entre otros aspectos, la interacción entre los profesores permitió: reformular las preguntas planteadas y plantear nuevas preguntas investigables. A continuación, se describirán algunos momentos en los cuales se identifican estas situaciones.

A. Reformular las preguntas planteadas

Otro de los efectos que se ha podido apreciar es que escuchar las preguntas formuladas por sus pares permite que los profesores revisen las suyas, lo que les ayuda a elaborarlas de forma más estructurada, es decir, se produce un proceso de autorregulación. En la novena sesión (S9), que se trabajó el tema de la pila de Volta, en la exposición del trabajo grupal se recogen preguntas del tipo “¿Qué pasaría con el voltaje si en lugar de sal y vinagre usáramos jugo de limón?” (P26). Los integrantes de ese grupo, después de escuchar las preguntas de otros grupos, cambiaron la suya planteando “¿Influirá la sustancia electrolítica utilizada en el voltaje?”, con lo cual la formulación de la pregunta investigable mejoró, ya que quedó se utilizaron términos científicos apropiados y se demostraba una mejor comprensión del

fenómeno en estudio, ya que buscaba indagar en dos aspectos que caracterizan el fenómeno en estudio la pila de Volta: el voltaje y la sustancia electrolítica, empleada.

B. Plantear nuevas preguntas investigables

En la cuarta sesión de clase (S4), la dedicada a los polímeros se parte de analizar pañales, se constató que, al ser éste un objeto familiar para los participantes, a medida que desarrollaban sus ideas y escuchaban las de sus compañeros iban surgiendo nuevas preguntas investigables. Muchas veces esta génesis se produjo en el marco del propio grupo de trabajo. Por ejemplo uno de ellos, partiendo de tres muestras de distinta marca de pañal, se planteó inicialmente “¿Qué muestra de pañal tiene mayor capacidad de absorción y mantiene seco al bebé?”. Al finalizar la discusión, el grupo añadió: “(...) otros factores nos llevan a investigar y hacer otros diseños por ejemplo en este caso si la cantidad de polímeros influye o no en el proceso de absorción” (P24). En este grupo habían estado discutiendo si el diseño experimental elaborado bastaba para determinar cuál era la mejor muestra de pañal, o si debían preguntarse por otros factores, y pensaron en la cantidad de polímeros, pues incluso habían estado revisando las etiquetas de los pañales buscando el porcentaje de polímeros, también plantearon otros aspectos como la composición de la orina. La exposición de los grupos permite que los otros se enriquezcan y tengan ejemplos de preguntas investigables. En el caso de la sesión anterior, durante el intercambio de ideas entre los grupos salieron otras preguntas, como por ejemplo: “¿Qué relación existe entre la proporción de polímeros y la calidad del pañal?” (P4), entendiéndose que la calidad del pañal está asociada con la posibilidad de mantener seco al bebé durante más tiempo.

5.4. Nivel de indagación

En esta sección se dará respuesta a la pregunta de investigación:

¿Cómo varió el nivel de indagación de las actividades propuestas en la fase proceso: primer y segundo semestre académico?

Al analizar el nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas por los profesores durante el curso se encuentra que, en su conjunto, aumentaron progresivamente el nivel de apertura, avanzando hacia propuestas de enseñanza que ofrecieran a los alumnos mayores niveles de protagonismo en la decisión de los modos de respuesta a las preguntas planteadas. Luego del primer semestre académico, las actividades de nivel 1 (confirmatorio) desaparecieron, y la totalidad de los profesores propusieron actividades de indagación estructurada (nivel 2). Finalmente, luego del segundo semestre la gran mayoría pudo

proponer actividades del nivel 3 (indagación guiada). Vale la pena resaltar que en ninguno de los casos se presentaron ejemplos de indagación abierta (nivel 4), en las cuales los alumnos debían plantear sus propias preguntas investigables, e, incluso después de la Especialización, se encontró cierta persistencia en actividades de tipo confirmatorio, lo que da cuenta de las dificultades que puede representar para los profesores promover actividades de mayores niveles de apertura.

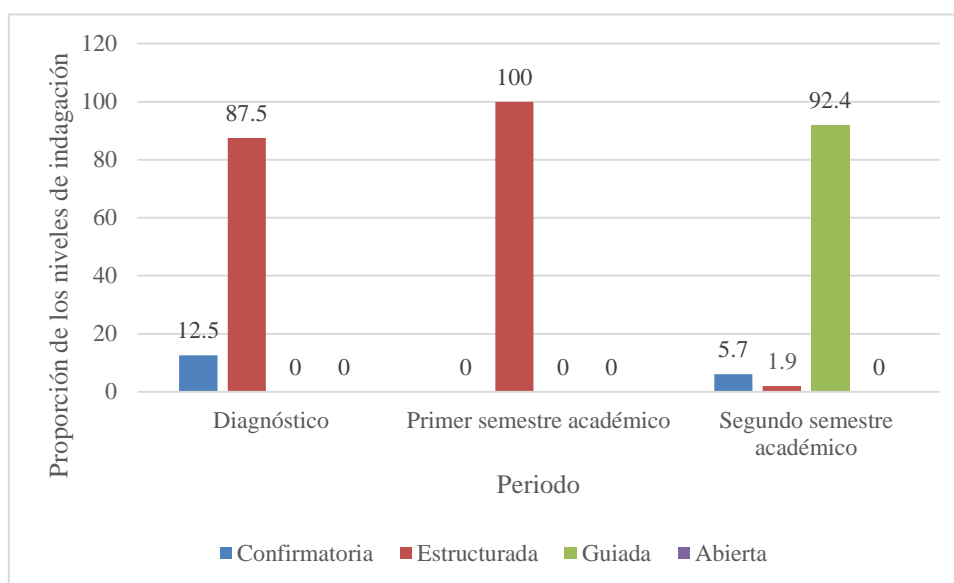


Figura 5.12. Porcentaje de los niveles de indagación de las actividades experimentales planteadas por los profesores a lo largo del curso.

Se analizan los valores de la Figura 5.12, con una confiabilidad de 99%, existen diferencias significativas en las medias en los niveles 1, 2 y 3 entre el primer y segundo semestre.

A continuación, se ahonda detalladamente en los resultados obtenidos. Se describe la situación de los profesores, brindando algunos ejemplos de las actividades propuestas e interpretando sus implicancias en términos del aprendizaje de los alumnos. Esto se hace tanto al finalizar el primer semestre como el segundo, para dar cuenta de los cambios en el tipo de experimentos propuestos por los docentes.

Finalmente, se describen algunos factores que dan cuenta de los cambios observados, teniendo en cuenta las percepciones de los docentes.

5.4.1. Primer semestre académico.

Tras el primer semestre académico se observan diferencias significativas en el nivel de las actividades experimentales planteadas respecto del punto de partida, en tanto el 100% de

las actividades propuestas por los docentes se concentró en el nivel estructurado (100%). Esto representa un avance, en la medida en que los profesores dejaron de lado las actividades de nivel confirmatorio, poniendo en evidencia una asimilación parcial de lo aprendido en el curso. Si se comparan las actividades de nivel confirmatorio propuestas al inicio y las del primer semestre académico, se encuentra que hay una caída significativa de 12.5 puntos porcentuales la cual es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$). De manera similar se puede observar que hay un aumento significativo en el primer semestre académico de 12.5 puntos porcentuales en las actividades propuestas con un nivel estructurado lo cual es significativo la cual es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$).

Estos resultados nos dan indicios de que, luego de participar de una serie de actividades de indagación guiada (nivel 3) en las sesiones de clase del curso, los profesores primero pudieron aprender la importancia de que la experimentación sirva para responder a una pregunta de la cual no se conoce la respuesta de antemano, en lugar de para verificar lo ya dicho por el docente o el libro de texto. Este avance es significativo en tanto habla de una revisión acerca del rol de la experimentación en el proceso de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes. Desde este punto de vista, la realización de experimentos pasa a ser una instancia para buscar respuestas a preguntas sobre los fenómenos naturales que contribuyan a nuestra comprensión, en lugar de constituir procedimientos ilustrativos de conocimiento acabado dado previamente.

Sin embargo, en esta primera etapa los profesores aún no terminan de comprender que realizar experimentos en el aula no sólo significa seguir una serie de instrucciones y que parte del valor didáctico de los experimentos constituye la posibilidad de que sirvan como oportunidades de aprendizaje de habilidades del pensamiento científico. Como se discute anteriormente, en la medida en que únicamente se propongan guías estructuradas donde se les indica a los alumnos qué se va a variar, qué se va a mantener constante, las medidas que se realizarán y hasta las tablas donde pueden volcar los datos, el aprendizaje se limita a que los alumnos adquieran una serie de habilidades de proceso científico como el análisis de datos o la observación, en detrimento de otras como la formulación de preguntas, la elaboración de hipótesis y el diseño experimental (Merritt, Schneider, & Darlington, 1993). Un objetivo que aún no se logra con esta manera de llevar las actividades experimentales al aula es que los alumnos puedan pensar y actuar de manera que guarde cierta analogía con el modo en que los científicos producen conocimiento, no sólo repetir lo que otros han realizado (Peters, 2005).

Como ejemplo de las actividades propuestas con nivel de indagación estructurado, se muestra lo siguiente, un profesor propuso a sus alumnos trabajar sobre los factores que afectan la velocidad de las reacciones químicas. Para ello les planteó a sus alumnos la siguiente pregunta investigable: “¿Qué factores modifican la velocidad de reacción química?” (P18, S1). El profesor continuó su sesión de clase anotando en la pizarra los factores que tomaría en cuenta, en este caso temperatura, tamaño de partícula y concentración, y detalló con dibujos el procedimiento completo a seguir por los alumnos. Finalmente, les pidió que realizaran el experimento, registraran sus resultados y elaboraran sus conclusiones en base a los mismos.

Otro ejemplo se encuentra en la actividad propuesta por el profesor (P25) quien en la sesión de reacciones químicas propone la siguiente pregunta investigable: “¿Qué factores modifican la velocidad de una reacción química?”, luego añade que les entregará una guía a sus alumnos para que desarrollen el experimento (ver Figura 5.13).

PROCEDIMIENTO

A. Temperatura

Se llenan tres vasos con 40 ml de vinagre, uno a T° ambiente, el siguiente con vinagre caliente y el tercero con vinagre frío.

Se agrega a cada vaso una pastilla de alka-seltzer.

Se observa y registran los cambios que se detecten en cada vaso.

B. Concentración

1. Se llenan 2 vasos con 40 ml de vinagre y se le agrega a uno la pastilla completa de alka-seltzer y al siguiente la mitad de pastilla.
2. Se observa y registran los cambios que se detecten en cada vaso.

C. Tamaño de la partícula

1. Se llenan 2 vasos con 40ml de vinagre.
2. Se le agrega a un vaso una pastilla completa de alka-seltzer y al siguiente vaso la mitad de pastilla.

Figura 5.13. Guía para realizar el experimento planteada por el profesor (P25).

En la sesión de levaduras (S2), se encuentra en la propuesta del profesor (P18) la siguiente pregunta investigable: “¿Cómo influye la temperatura en la actividad biológica de la levadura?”, a continuación, les propone a los alumnos el procedimiento a seguir utilizando un esquema (ver Figura 5.14).

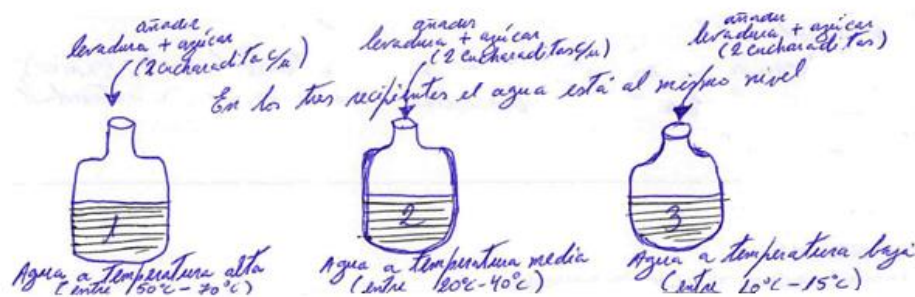


Figura 5.14. Esquema del procedimiento a seguir presentado por el profesor (P18).

Al proponer este tipo de actividades en el aula, los profesores promueven que los alumnos adquieran una serie de destrezas procedimentales como son: el manejo de instrumentos, la realización de medidas, el registro de los datos y la construcción de gráficos. También favorece que los alumnos interpreten sus resultados y elaboren sus propias conclusiones, sin tener de antemano la respuesta a la pregunta formulada. En contrapartida, como se ha mencionado anteriormente, dichas actividades limitan la autonomía de los alumnos para definir el problema, el procedimiento y el registro de datos. Los alumnos asumen el rol de meros “ejecutores”, sin que para ello intervengan ni se desarrollen habilidades de pensamiento más complejas como la planificación de los distintos aspectos del diseño experimental.

A partir de este resultado surge una primera reflexión importante. Si bien los profesores participaron durante un semestre de actividades de indagación guiada (nivel 3), y que la realización de este tipo de actividades tenía la expectativa de que los profesores descubrieran a partir de su propia experiencia cómo planificar en conjunto con sus colegas los diseños experimentales para responder una pregunta investigable dada por la docente del curso, y luego pudieran replicarlas en sala de clase, nuestros datos revelan que ello no alcanzó a servir por sí mismo de modelo para propiciar que los profesores plantearan sus actividades experimentales en un nivel de mayor apertura (en este caso, nivel 3), en tanto todos ellos aún proponían actividades más estructuradas cuando debían planificar clases por sí mismos.

En esta línea, es interesante notar que incluso en las Orientaciones Técnico Pedagógicas (OTP) del año 2010, en las cuales se promueve un enfoque de enseñanza por indagación, los ejemplos que se muestran para trabajar la experimentación en el aula muestran un guion estructurado que deben seguir los alumnos, y se menciona que los profesores deben inducir a los alumnos a realizar experiencias que permitan "comprobar qué ocurre en la práctica" (p. 49)

5.4.2. Segundo semestre académico.

Tras el segundo semestre académico del programa de Especialización como ilustra la Figura 5.12, se percibe un claro avance hacia mayores niveles de apertura en las actividades. El 92.4% de las actividades propuestas por los profesores fueron de indagación guiada, antes inexistentes en sus repertorios. Un pequeño porcentaje (1.9%) se mantiene aún en el nivel estructurado y persiste un 5.7% en el nivel confirmatorio. No hay ejemplos de indagaciones abiertas (es decir, de nivel 4 de apertura), si bien los docentes participaron de este tipo de indagaciones en el segundo semestre del curso. Estos resultados nos dan indicios de que, luego de participar de una serie de actividades de indagación guiada y abierta, en las cuales los profesores van adquiriendo práctica en la formulación de las preguntas investigables y en la elaboración de los diseños experimentales, los profesores van avanzando en la capacidad de planificar actividades más abiertas para su propia aula de clase.

Tabla 5.11

Test de medias de la proporción de las preguntas investigables de acuerdo al nivel de indagación propuesto en el primer y segundo semestre académico

Nivel de indagación	Primer semestre académico	Segundo semestre académico	T	P – value
Confirmatoria	0	0.0573248	-2.35577	0.01926
Estructurada	1	0.0191083	68.4451	0
Guiada	0	0.923567	-33.2075	0
Abierta	0	0		

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01, al 95% P-value debe ser menor que 0.05 y al 90% P-value debe ser menor que 0.1.

El aumento de actividades de indagación guiada (nivel 3) pone en evidencia un aprendizaje por parte de los profesores respecto de su situación inicial. Se ilustra a continuación una actividad de este nivel de indagación propuesta por un profesor (P17) quien, después de haber tratado el tema del pH y su relación con el cuidado de los dientes, presentó a sus alumnos la siguiente situación problemática:

Mercedes quiere comprar una pasta dental que le ayude a evitar caries y proteja sus dientes. Al ir a comprar su dentífrico a la farmacia se encuentra con cinco marcas diferentes de pasta dental, teniendo que decidirse por uno de ellos. ¿Le ayudas a elegir la pasta adecuada? (P17).

En ese contexto, les presentó a los alumnos la pregunta investigable que debían resolver: “¿Cómo comprobarías qué pasta dental tiene el pH adecuado para el cuidado y protección de los dientes de Mercedes?”. En respuesta, los alumnos debían realizar el diseño

experimental, llevarlo adelante y extraer conclusiones que les permitieran determinar el pH de las pastas dentales y ayudar a Mercedes a elegir la más adecuada para el cuidado de sus dientes. En ese proceso, debían buscar información acerca del efecto del pH en el cuidado de los dientes, así como poner en juego sus conocimientos sobre los modos de medición del pH, estudiados en clase.

El profesor (P24), introduce su actividad experimental con un video sobre los pañales utilizados por los bebés. Luego les plantea a sus alumnos la siguiente pregunta: “¿Cuál de los tres pañales absorbe más agua?”, a partir de esta pregunta les plantea a los alumnos elaborar el diseño experimental. En este caso el profesor, empieza el tema presentándoles a los alumnos un video de pañales para bebés, en dicho video se debe presentar la absorción del pañal y luego plantea la pregunta investigable.

En el caso del profesor (P3), en la sesión de polímeros (S4) plantea la siguiente secuencia en su actividad, la cual inicia planteando una situación:

Carlos ha observado que su mamá gasta 8 pañales diarios para su hermanita Karina, y le preocupa que gaste tanto dinero en la compra de pañales. Es así, que decide realizar una investigación para averiguar la cantidad de líquido capaz de absorber un pañal y si un pañal permanece seco”. Les pregunto a ustedes si están dispuestos a ayudar a Carlos y ¿Cómo lo harían?

El profesor introduce la actividad relatándoles a los alumnos una situación que parte de la vida cotidiana, con el objeto de introducir el tema de la investigación a realizar.

A continuación, añade el profesor: “Ya motivados los estudiantes forman dos equipos de trabajo mediante la dinámica grupal el rompecabezas y deciden dar inicio a la investigación”, describiendo así que los alumnos trabajarán en grupos.

Una vez organizados en grupos el profesor inicia la investigación planteándoles la pregunta investigable. En primer lugar, presenta una pregunta muy amplia: “Para tener más claro lo que van a investigar se les pide a los alumnos que piensen en la siguiente pregunta investigable: ¿Todos los pañales absorben la misma cantidad de líquido?”. Como no podrían resolverlo con todas las marcas de pañales, la investigación se centra ahora a tres marcas de pañales y se reformula a: “¿Cuál de estos tres pañales mantiene más seco al bebé?”. Antes de iniciar la investigación toma en cuenta el hecho de que los alumnos deben conocer el contenido teórico de lo que van a investigar, por lo cual añade un aspecto importante en su actividad: “esto llevó a los estudiantes a recopilar información sobre la composición del

pañal que hace que absorba cierta cantidad de líquido. Para ello les entrego una nota técnica a cerca de los polímeros que contiene los pañales". El profesor ha preparado una nota técnica que complementa el proceso de investigación de los alumnos.

En otra parte de su narración comenta:

Después de haber revisado la información sobre polímeros se pone a disposición de los estudiantes 3 pañales desechables de diferentes marcas, agua, vasos, y un recipiente grande de plástico. La finalidad es responder a la pregunta antes mencionada. Para ello los alumnos plantean las hipótesis y luego elaboran el diseño experimental para resolver las hipótesis planteadas (P3).

En las líneas precedentes el profesor menciona varios aspectos importantes, reconoce la importancia del conocimiento del contenido conceptual previo de parte de los alumnos. Después les solicita que planteen sus hipótesis, para luego recién pedirles que elaboren el diseño experimental. Esta forma de proceder del profesor ha significado un cambio importante en la forma en la cual llevaba antes de la Especialización las actividades experimentales al aula de clase. Aunque se esté apoyando en textos, la propia actividad la está elaborando él y no les pide a los alumnos que sigan un guion estructurado.

El profesor (P6), plantea como actividad experimental la siguiente, partiendo de una contextualización:

El avance tecnológico como producto del desarrollo científico, ha traído consigo la necesidad de hacer uso de los combustibles fósiles como fuente de energía, cuya combustión produce entre otros gases CO_2 . Esto ha ocasionado un exceso de dicho gas en la atmósfera contribuyendo a intensificar el efecto invernadero.

A continuación, les plantea la siguiente pregunta investigable: "¿Qué relación existe entre el tipo de combustible y la cantidad de CO_2 que se produce en la combustión?", pidiéndoles a los alumnos que investiguen cómo podrían desarrollar un experimento para resolver la pregunta planteada.

Se señalarán algunos aspectos de la actividad propuesta por el profesor que resulta interesante destacar. Primero en el relato introductorio que antecede a la actividad incluye contenido teórico e importante para el cuidado del medio ambiente. En segundo lugar, para que los alumnos hagan el diseño experimental les pide que investiguen, esto es importante dado que deben contar con un sistema de detección del CO_2 antes de poder plantear el diseño experimental solicitado.

En el tema de las pilas electroquímicas, un profesor (P6), introduce una actividad que lleva por título: “Construyendo la pila de Volta”, para lo cual introduce su actividad con un relato histórico acerca de la vida de Volta, el experimento de las ancas de rana de Galvani.

Imaginémonos que vivimos en los años que vivió Volta (1754-1827). Volta se encontraba trabajando en su laboratorio y estaba fascinado con los descubrimientos que había logrado Galvani al trabajar con las ancas de una rana, estableciendo una corriente uniendo dos metales diferentes por medio de músculos o nervios de la rana y pensó que eso era una corriente animal. Volta quería probar algo diferente pero ya no con seres vivos y observó los materiales con que contaba (Zn, Cu, sal, agua, paños y alambres).

Después de relatarles la historia de Volta, les comenta: “Ayudemos a Volta. ¿Qué hipótesis creen que se plantea Volta?”. El profesor inicia diálogo con sus alumnos, recoge las ideas que estos le dan. Luego les plantea la siguiente pregunta investigable: “¿El número de celdas apiladas influirá el voltaje obtenido?”. Luego les comenta que: “deben resolver la pregunta planteada, para lo cual deberán diseñar el experimento, plantear las hipótesis, diseñar las tablas para recoger los datos, anotar los resultados y las conclusiones”, de esta manera les propone a sus alumnos una actividad experimental con un nivel de indagación guiado. Para el desarrollo del experimento contarán con el material del laboratorio.

En esta actividad el profesor parte de un relato histórico asociado a la historia de la Pila, en primer lugar, sitúa a los alumnos en la época en que vivió Volta para luego invitarles a asumir el rol del científico, al solicitarles las posibles hipótesis que planteó Volta en su momento. En su propuesta no sólo les pide a los alumnos que planteen hipótesis y el diseño experimental, también les da como tarea que elaboren la tabla de datos y elaboren sus conclusiones. Esta actividad es muy diferente a la que los profesores elaboraban antes de la Especialización, están propiciando un rol más activo del alumno y en sus relatos iniciales incorporan datos de la historia de la ciencia, procedimiento que no se realizaba.

Los resultados obtenidos muestran que el proceso por el cual los profesores aprenden a elaborar actividades experimentales de niveles mayores de apertura es gradual, en tanto como se mencionó les demanda a los profesores romper esquemas que han utilizado por años. Se observa que la participación en actividades de indagación guiadas y abiertas a lo largo de los dos semestres académicos va propiciando que los profesores avancen en su capacidad de planificar actividades de este tipo para sus propios alumnos, evolucionando hacia mayores niveles de apertura recién luego de haber participado personalmente (en este

caso, como alumnos del curso) en actividades de este tipo durante varias oportunidades.

Finalmente, no se han encontrado actividades de indagación abierta (nivel 4), en las que los alumnos deban plantear sus preguntas de investigación, a pesar de que durante el curso los profesores participaron de algunas actividades de este tipo. En sus testimonios, los profesores atribuyen esto a que la poca factibilidad de realizar esto en sus clases, en tanto consideraban difícil guiar varios trabajos de investigación diferentes y que se requería una mejor planificación y programación de la actividad desde el inicio del año escolar.

5.4.3. Factores que incidieron en los cambios observados.

Los resultados obtenidos revelan que a lo largo del curso los docentes avanzaron en su capacidad de proponer actividades experimentales de niveles más abiertos. En esta línea, interesa conocer qué factores fueron más relevantes en dicho aprendizaje. En base al análisis de contenido de las respuestas de los docentes a los cuestionarios, se han identificado cuatro factores que inciden con mayor frecuencia en la forma de plantear las actividades experimentales. Así se tiene: el material utilizado, el modelo de la sesión de clase, las dimensiones de la ciencia (proceso y producto) y por último la aplicación de lo aprendido en su propia aula de clase.

5.4.3.1. Cambio en la mirada sobre el material necesario para realizar experimentos.

Un factor que incidió en el logro de mayores niveles de indagación por parte de los docentes en sus planificaciones es el cambio en la mirada sobre la necesidad de contar con materiales complejos para hacer investigación en el aula de clase.

Al inicio, el 91.0% de los profesores justificaba la utilización de actividades de tipo confirmatorio y estructurado con la dificultad que tienen para conseguir material suficiente para la realizar experimentos con los alumnos y con el poco tiempo del que disponen para utilizarlos en clase, que los llevaba a realizar actividades de índole demostrativa. En palabras de uno de los profesores:

Los materiales de que dispone el colegio no son suficientes para desarrollar las actividades experimentales en cada grupo (...) por ello los alumnos no manipulan los materiales, siendo en general el profesor quien realiza el experimento demostrativo (P5).

No obstante, a lo largo del curso, dicha justificación fue disminuyendo. En efecto, hacia el final, un 38.0% de los profesores explicaron en sus testimonios que no necesitan materiales sofisticados para realizar actividades experimentales. Por ejemplo, uno de ellos expresó: “Se pueden realizar experiencias a partir de materiales sencillos y fáciles de conseguir y que puedo plantear una serie de preguntas para desarrollar capacidades de indagación”, lo cual significa que el problema inicial manifestado por la falta de material ya no les resultaba determinante.

Así, luego de los cursos los profesores comenzaron a reconocer que para elaborar un diseño experimental -que implica plantear actividades de mayor grado de apertura- no es necesario contar con un laboratorio muy sofisticado.

Se considera que esta postura es consecuencia del trabajo mismo a lo largo de los cursos, donde se emplearon exclusivamente materiales caseros y de fácil obtención. En este sentido, la Especialización permitió que los profesores experimentaran otras posibilidades para implementar con materiales las actividades experimentales. Conforme transcurrieron los cursos, los profesores observaron que ellos mismos podían elaborar diseños experimentales que resolvieran preguntas investigables planteadas a partir de situaciones de la vida cotidiana, de la lectura de textos, etc. sin la necesidad de contar con materiales especiales o costosos, por lo que paulatinamente cambiaron su postura al respecto. Precisamente, así lo manifestó un profesor: “(...) la elaboración del diseño experimental y el uso de materiales para la experimentación no requieren un laboratorio complejo” (P31). De esta manera, los profesores se fueron convenciendo de que tienen al alcance múltiples posibilidades para realizar experimentos con los alumnos, como convertir materiales de uso cotidiano en instrumentos de medida (Aragón, 2004), construir una pila con los útiles de escritorio y frutas, identificar la mejor pasta dental de acuerdo al pH, replicar la pila de Volta con monedas, etc.

5.4.3.2. Participación en sesiones modelo de actividades de indagación guiadas y abiertas.

Como se ha reconocido en la literatura, los profesores de ciencias generalmente recurren a guías o protocolos para desarrollar el experimento en el aula de clase, lo que significa que las actividades experimentales se conducen en un nivel estructurado. En este sentido, los profesores que integraron el estudio no son la excepción. Antes del curso, muchos de ellos también recurrían a guías de procedimientos, tal como lo manifiestan: “En las sesiones de experimentos que desarrollaba lo hacía utilizando guías predeterminadas” (P18).

Sin embargo, de los testimonios de los profesores surge que el hecho de que el curso les haya ofrecido diversos modelos de guías y protocolos de clase con mayores niveles de apertura fue determinante en su capacidad de planificar actividades de mayores niveles de apertura. A medida que avanzaban las sesiones de capacitación los profesores reconocieron la importancia de plantear tareas más desafiantes para los alumnos, donde no solo debían completar los datos solicitados (y muchas veces comunicados de antemano) sino implicarlos en el desarrollo de habilidades más complejas, como les planteaban las guías de actividades que ellos mismos debían llevar a cabo durante el curso.

Los profesores, al inicio del curso, pensaban que la actividad experimental debía realizarse sólo en un nivel estructurado, tal como lo manifiesta uno de ellos en este comentario: “Al principio de la Especialización pensaba que para realizar una actividad experimental debía entregarles a los alumnos una guía y ellos debían seguir al pie de la letra las instrucciones de la guía” (P31). Luego, haciendo referencia a las sesiones de clase desarrolladas, agrega: “ahora he comprendido que los alumnos pueden elaborar sus propios diseños experimentales, plantear las hipótesis, el procedimiento a seguir, incluso la manera de recoger sus datos”. Así pues, el contar con modelos de sesiones durante la Especialización con un mayor grado de apertura, nivel 3 y nivel 4, hizo que los profesores cambiaran su óptica acerca de la manera en que llevaban las actividades experimentales al aula de clase.

Al participar durante el curso de actividades experimentales guiadas y abiertas en el rol de estudiantes, los profesores tuvieron que participar en la elaboración del diseño experimental que resolviera la pregunta investigable planteada. Para ellos esto constituyó un reto, dado que no estaban acostumbrados a realizarlo. A medida que transcurrieron las clases, los profesores fueron adquiriendo práctica en ello, lo cual les generó una autoconfianza que, de acuerdo a sus testimonios, se tradujo luego en que les plantearan a sus alumnos la elaboración de diseños experimentales- Así, en palabras de un profesor (P21):

Cuando planificaba un experimento para hacerlo con mis alumnos, siempre había utilizado lo que planteaban en los libros de texto, no había hecho mi propio diseño experimental, ahora compruebo que lo puedo realizar y que puedo guiarles a mis alumnos para que ellos también lo hagan.

Al inicio de la Especialización cuando en un cuestionario se les planteó como pregunta abierta (ver Anexo J): ¿En algún experimento propició que los alumnos hicieran su diseño experimental? Detalle.

El 89.0% de los profesores responde que no ha propiciado que sus alumnos elaboren el diseño experimental, que siempre han utilizado una hoja guía, el libro de texto o han dado orientaciones a sus alumnos. El 11.0% restante confunde el significado de diseño experimental, por ejemplo un profeso anota: “En el casos de los tejidos cada grupo diseñó su experimento los pasos a seguir, la guía de práctica les sirvió para saber qué debían hacer, pero ellos lo trabajaron a su manera” (P24), en este caso el profesor entrega una guía de práctica donde se señalan los pasos a seguir, quizás los alumnos hicieron alguna modificación, pero no menciona cómo hicieron el diseño experimental. En otro caso se confunde el diseño experimental con la elaboración de un informe, así un profesor anota: “Se apoyaron en una guía de práctica experimental donde se seguían los pasos del método científico” (P1). Según lo que comenta los alumnos no elaboraron el diseño, usaron un protocolo estructurado. A continuación añade: “Tomando en cuenta los alumnos sus observaciones realizaron un diseño experimental, es decir un informe de lo que observaron, siguiendo las pautas brindadas por mi persona” (P1). En este caso el profesor confunde el término informe y lo plantea como un sinónimo de diseño experimental. En otro caso, se confunde diseño experimental con la construcción de una maqueta, así un profesor comenta: “En el tema del movimiento de rotación y traslación de la tierra. Se brinda material (bolas de tecnopor, vela, hilo, alambre y témperas) y no se da ninguna explicación previa. Les solicito diseñar un montaje y que expliquen los movimientos de la tierra y sus consecuencias” (P12).

Durante el desarrollo de las sesiones de clase del segundo semestre académico algunos profesores comenzaron replicando las actividades experimentales que se habían desarrollado en las sesiones de clase formativas, a la vez que les solicitaban a sus propios alumnos que elaboren el diseño experimental. En las sesiones de clase comentaban sus resultados y traían fotos y videos de lo que habían observado. El observar que a algunos de sus colegas les resultaba positivo que los alumnos planifiquen el diseño originó también que otros profesores lo hicieran. Algunos profesores comentaban: “Los alumnos han realizado algunos experimentos, en el cual ellos han realizado su diseño experimental, sin ninguna guía como “receta de cocina” como se hacía en la práctica pedagógica inicial” (P35). El profesor (P21), recordando lo sucedido en una de sus clases que trató de las técnicas de separación de mezclas comenta:

Me sentí muy contento porque cambié mi método de enseñanza y los estudiantes también debido a que partir de una pregunta investigable, los alumnos formularon

hipótesis, elaboraron su diseño experimental y lo llevaron a la práctica, los integrantes de los grupos se sentían muy motivados que no se daban cuenta del tiempo.

Otro profesor trabajando con el sistema respiratorio, introduce la idea de que al exhalar aire un componente es el CO₂ y en sus propias palabras comenta: “Con el material proporcionado, agua de cal y una cañita, de manera conjunta realizamos el diseño experimental para observar las características del aire exhalado” (P15). Otro profesor (P3) comentaba que desarrolló una sesión sobre compuestos orgánicos e inorgánicos y planteó la siguiente pregunta investigable: “¿Quiénes conducen la corriente eléctrica, los compuestos orgánicos o los inorgánicos?” Agregando que: “durante la exposición de sus hipótesis y diseños tuve que intervenir porque no eran coherentes con lo que quería lograr. Les di unas pautas y nuevamente realizaron sus diseños”, de esta manera explica que para que los alumnos elaboren sus diseños experimentales es necesario que el profesor les oriente en el proceso.

5.4.3.3. Incorporar la dimensión de proceso en su mirada sobre las ciencias.

Otro de los factores que incidieron en la evolución de los docentes hacia la capacidad de planificar actividades con mayores niveles de apertura fue una revisión de sus concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia como objeto de enseñanza.

Al comienzo del curso, los profesores generalmente recurrían a los experimentos como una comprobación de la teoría expuesta en clase. La mayoría de los profesores sostenía una concepción de la ciencia fuertemente ligada a la ciencia como producto, como un conjunto de hechos y teorías que los profesores deben transmitir a los alumnos. Así lo transmite claramente el comentario de uno de los profesores, en una reflexión retrospectiva: “Yo pensaba que la ciencia se enseñaba sólo como producto y verificación de lo explicado” (P5).

Lo antes mencionado nos refiere que los profesores empiezan a tomar en cuenta cuando llevan actividades experimentales al aula, la dimensión de la ciencia como proceso de construcción de conocimiento; contenido explícitamente trabajado a lo largo de la Especialización. Un 81.0% reconoce que por medio de los cursos ha aprendido a trabajar con las dos caras de la ciencia. En particular, interesa destacar el reconocimiento por parte de los profesores de promover en los alumnos la adquisición de habilidades de proceso científico. En referencia a ello, un profesor afirma: “Me he dado cuenta de que es importante que los alumnos elaboren hipótesis y predicciones” (P16).

5.4.3.4. Implementación de las actividades guiadas en sus propias aulas de clase.

Finalmente, el cuarto factor que incidió en el avance de los profesores fue la posibilidad de implementar algunas de las experiencias planificadas en el marco del curso con sus propios alumnos.

Al comienzo, los profesores se mostraron un poco cautos en la posibilidad de trabajar con sus propios alumnos indagaciones de niveles más abiertos. Sin embargo, al poner en práctica algunas de las experiencias planificadas durante el curso con sus estudiantes, los profesores comenzaron a observar que los alumnos podían realizarlas satisfactoriamente, y que este tipo de actividades fomentaba la participación más activa en clase y el aprendizaje. Así, un profesor comenta:

Antes consideraba difícil que mis alumnos fueran capaces de plantear diseños experimentales, pero me di con la sorpresa de que ellos dan sugerencias y muestran mucha creatividad cuando se les permite hacerlo; los alumnos se muestran más participativos, se involucran y comprenden el experimento (P16).

Los testimonios de los profesores ponen en evidencia un cambio de discurso a lo largo del curso respecto de la factibilidad de realizar actividades más abiertas con los alumnos en el aula real, y la capacidad de los estudiantes de proponer sus propios diseños experimentales para responder las preguntas planteadas. Por un lado, uno de los profesores expresó:

Con este tipo de actividades los estudiantes elaboran su guía experimental, diferenciando las partes que la comprenden. En un inicio lo hacían con ayuda del profesor, pero ahora lo realizan por ellos mismos (siempre con alguna orientación). Una gran cantidad de alumnos ya elaboran hipótesis y diferencian la formulación de estas a partir de la pregunta investigable (P19).

Por otra parte, pero en líneas similares, otro de los profesores destaca al final del segundo semestre académico los aprendizajes que promueve el involucrarse en este tipo de actividades con los alumnos:

Propongo actividades más abiertas ya que antes los alumnos seguían una guía “receta” del profesor, pero no eran capaces de hacer sus propios esquemas investigativos, ni plantearse preguntas investigables, siempre acudían al profesor para saber lo que sigue (P31).

5.5. Habilidades de proceso científico de los profesores

En esta sección se abordará la pregunta de investigación:

¿Cómo variaron las habilidades de proceso científico de los profesores en el primer y segundo semestre académico?

Como parte de la investigación un tema importante fue el conocer cómo los profesores habían aplicado las habilidades de proceso científico a lo largo de los dos semestres académicos. Especialmente se revisó la evolución de la manera en que planteaban las hipótesis, elaboraban el procedimiento a seguir y el manejo de las variables cuando realizaban la solución de su actividad experimental a lo largo de los dos semestres académicos.

5.5.1. Procedimiento a seguir.

En cuanto al procedimiento a seguir, en el primer semestre académico los profesores al presentar la solución de las actividades experimentales propuestas en el 96.7% de las mismas el procedimiento está bien desarrollado y en el segundo semestre académico en el 96.2% de las actividades experimentales planteadas el procedimiento estuvo correcto. Como puede apreciarse en la Tabla 5.12, no hay una diferencia significativa entre los dos semestres académicos. Una de las razones por las cuales desde el primer semestre académico los profesores no tuvieron muchas dificultades en desarrollar el procedimiento a seguir puede ser debido a que estaban familiarizados con el mismo, ya que habían trabajado por muchos años con guiones estructurados en los cuales el procedimiento a seguir está detallado ya sea en forma verbal o con un esquema.

Tabla 5.12

Test de medias de la proporción de los procedimientos correctamente propuestos en el primer y segundo semestre académico

Criterio	Primer Semestre académico	Segundo Semestre académico	T	P-Value
Procedimiento	0.967391	0.961783	0.227934	0.819886

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

Se consideró que, si el procedimiento a seguir estaba completo y era adecuado a la pregunta investigable propuesta, se asignaría el valor de uno (1), en caso contrario se le asignaría el valor de cero (0).

Ejemplo en el cual se asignó el valor de 1: Pregunta investigable: “¿Influye la cantidad de celdas en el voltaje generado?” (P27, S7).

En este caso el profesor (P27), muestra el procedimiento a seguir de manera completa (ver Figura 5.15), indica primero la manera de conectar las celdas construidas por las monedas de 5 y 10 centavos y el paño húmedo, incluso las identifica con una trama distinta. También señala la manera de conectar las monedas al multímetro. Utilizando 4 monedas muestra la manera de conectar las celdas en serie. Como ha propuesto una pregunta del tipo causa- efecto indica que debe continuarse añadiendo más celdas para hacer más mediciones.

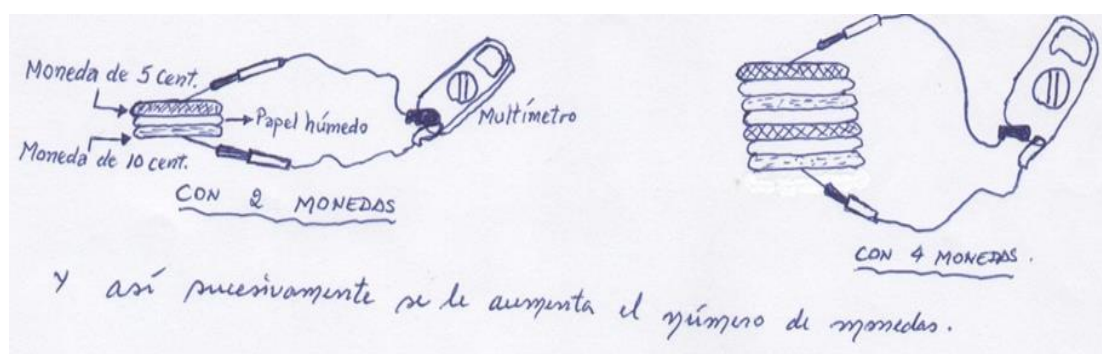


Figura 5.15. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 7 (S7), por el profesor (P27).

Un profesor (P24), muestra el siguiente esquema del procedimiento a seguir para responder a la pregunta investigable que les plantea a sus alumnos: “¿Influye la cantidad de monedas utilizadas para construir las celdas en el voltaje de la pila?”, en este caso el profesor identifica las monedas utilizadas con distintos colores, muestra la posición de los paños húmedos y las conexiones al equipo utilizado para realizar las mediciones (ver Figura 5.16).

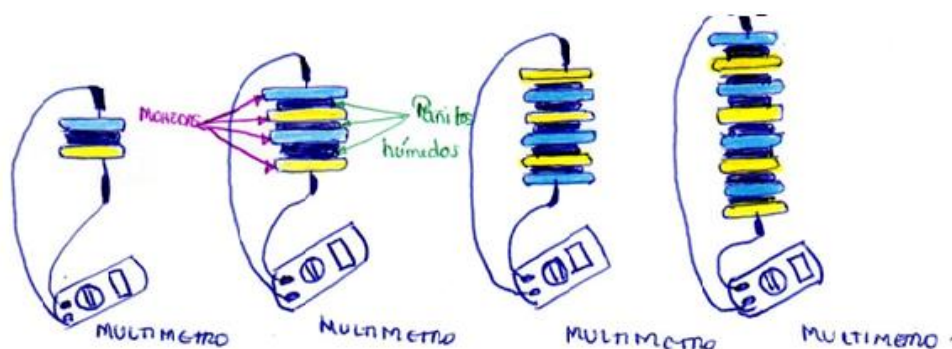


Figura 5.16. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 7 (S7), por el profesor (P24).

Otro profesor (P26), plantea como pregunta para que resuelvan sus alumnos la siguiente: “¿Influye la cantidad de discos en la generación de voltaje?”, cuando realiza el esquema del procedimiento a seguir presenta el siguiente dibujo (ver Figura 5.17). En este caso sólo

muestra en su esquema cómo coloca las monedas y el paño humedecido, las indicaciones para la conexión al voltímetro las proporciona de manera verbal.



Figura 5.17. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 7 (S7), por el profesor (P26).

El profesor (P14), después de narrarles a sus alumnos la historia de la pila de Volta, les plantea que resuelvan la siguiente pregunta investigable: “¿La naturaleza de los electrodos influye en la generación de voltaje en la pila?” En la solución de su actividad plantea como hipótesis que debido a que los materiales son diferentes el voltaje también cambiará al cambiar la pareja de discos. Como esquema del procedimiento a seguir plantea el mostrado en la Figura 5.18, en este caso el profesor muestra los materiales que usará para probar las distintas combinaciones de los electrodos y las conexiones que hará para conectar la pila al multitéster, en este caso incluye en su esquema la preparación de los paños humedecidos y la sustancia electrolítica que usará.

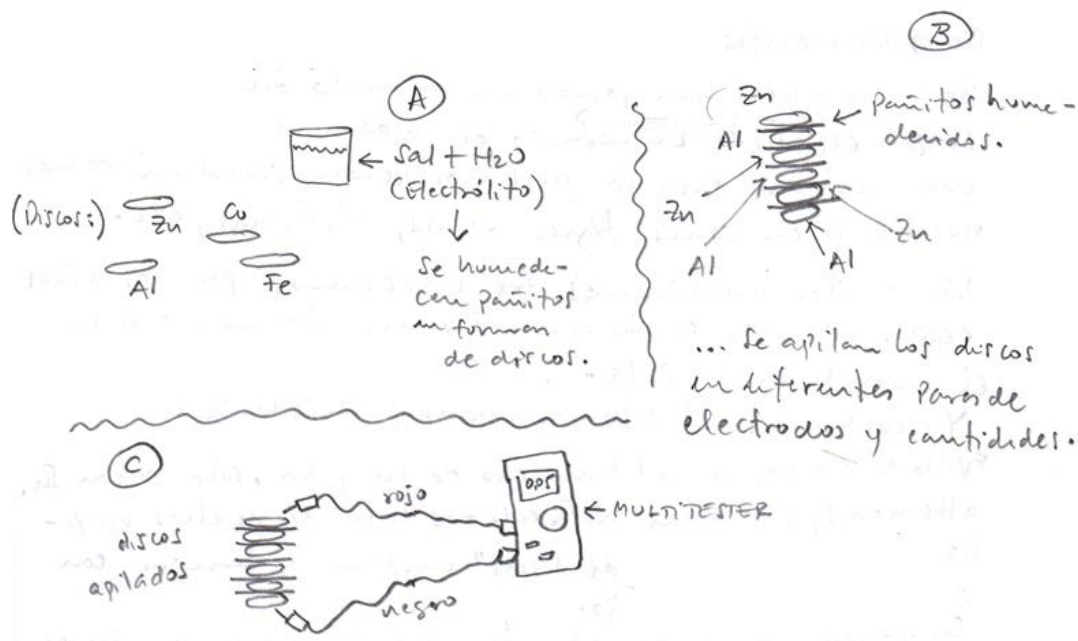


Figura 5.18. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 7 (S7), por el profesor (P14).

En la Figura 5.19 se muestra el esquema a seguir de la pregunta investigable: “¿Cuál de los siguientes alimentos: papa, tomate, limón, manzana verde, manzana delicia, naranja genera más voltaje con una pareja de electrodos de Cu y Al?” (S6, P35).

Para cada uno de los alimentos realizar las siguientes mediciones:

- Colocar la pareja de electrodos a 2 cm.
- Conectar los cables del voltímetro
- Verificar que la conexión sea la adecuada (si el voltaje es negativo cambiar los cables)
- Medir el voltaje generado.

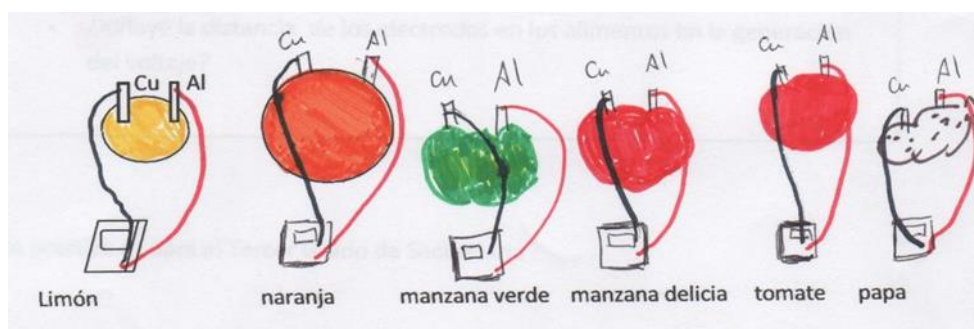


Figura 5.19. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 6 (S6), por el profesor (P35).

El profesor (P24) en la sesión 6 (S6), plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Influye la acidez de la fruta en el voltaje de las muestras presentadas?” Cuando redacta la solución de la actividad propuesta el procedimiento seguir es el mostrado en la Figura 5.20. Este caso resulta interesante ya que plantea realizar dos tipos de mediciones, el pH de la fruta y el voltaje generado, el profesor además anota que debe dejar igual los electrodos que en este caso son de Zn y Cu.

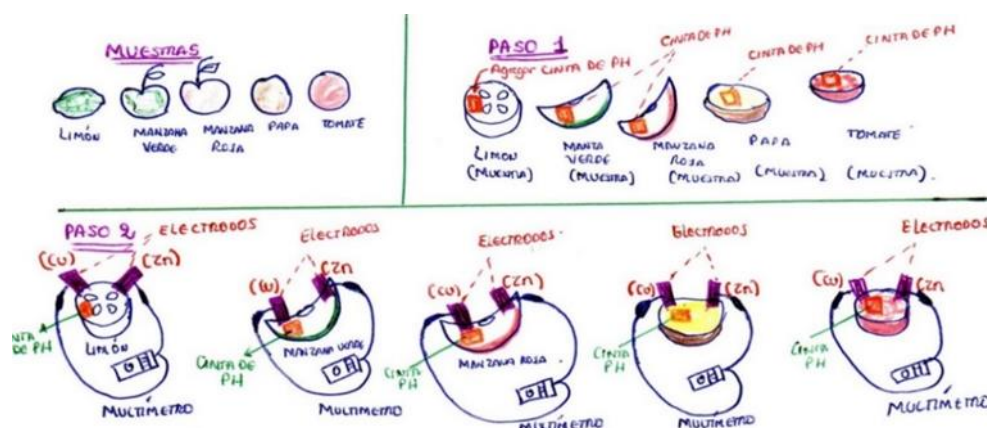


Figura 5.20. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 6 (S6), por el profesor (P24).

También proporciona una tabla que es un cuadro de doble entrada mostrado en la Figura 5.21, en el cual anotará sus resultados.

MUESTRA	PH	VOLTAJE
LIMÓN		
MANZANA VERDE		
MANZANA ROJA		
PAPA		
TOMATE		

Figura 5.21. Tabla para registrar los resultados propuesta por el profesor (P24).

Los casos en los cuales los profesores presentaron dificultad han sido focalizados en que sus diseños no se correspondían a la pregunta investigable. A manera de ejemplo se muestran los siguientes casos, que ilustrarán lo que se acaba de comentar.

El profesor (P35) en la sesión jabones y detergentes (S5) plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Qué le afectará más las manos a una ama de casa, lavar con Ariel, un lavavajilla o un jabón líquido?”, la pregunta formulada aunque debe reformularse para saber a qué se refiere con la expresión “¿qué le afectará?”, hace alusión al efecto que producirá en las manos cuando se use un detergente para lavar ropa un lavavajilla o un jabón líquido (ver Figura 5.22). En el esquema que plantea el profesor, sólo hace referencia a medir el pH de las diferentes muestras. No plantea ningún procedimiento que evalúe el efecto del uso de los diferentes detergentes y jabones en las manos de un ama de casa. En este caso al momento de evaluar el procedimiento se le asignó el valor de cero.



Figura 5.22. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 5 (S5), por el profesor (P35).

Ejemplo en el cual se asignó el valor de 0: Pregunta investigable: “¿Qué factores modifican la velocidad de una reacción química?” (P29, S1).

En este caso el profesor plantea una pregunta exploratoria, pero en su procedimiento (ver Figura 5.23) sólo indica que analizará un factor, con lo cual está incompleto.



Figura 5.23. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 1 (S1), por el profesor (P29).

En los esquemas que presentan los profesores para explicar el procedimiento a seguir se puede observar que lo hacen de diferentes maneras y con sus propias palabras y dibujos, el hecho de que los profesores no acudan a un libro de texto para reproducir sus esquemas y más bien lo hagan a partir de lo que han planificado y de sus propios dibujos es un cambio importante a tomar en cuenta.

El profesor (P27, S4), les plantea a sus alumnos elaborar un diseño experimental que permita resolver la siguiente pregunta de comparación: “¿Será igual la capacidad de absorción de tres pañales de marcas diferentes?” En la solución de su actividad plantea el siguiente procedimiento a seguir mostrado en la Figura 5.24.

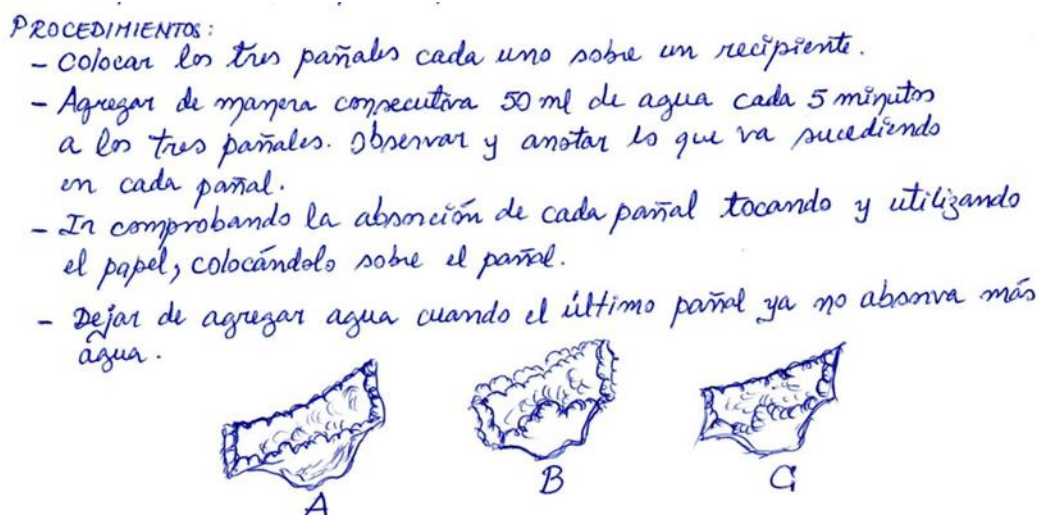


Figura 5.24. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 4 (S4), por el profesor (P27).

El profesor (P24), introduce su actividad experimental con un video sobre los pañales utilizados por los bebés. Luego les plantea a sus alumnos la siguiente pregunta: “¿Cuál de

los tres pañales absorbe más agua?”, en la solución de su actividad presenta el procedimiento a seguir de la Figura 5.25. En este caso se plantea trabajar con tres pañales diferentes, se pesan primero y luego se les va agregando agua hasta que estén húmedos en la parte superior, entonces se pesa el pañal. La mayor diferencia de peso dará la indicación del pañal que ha absorbido más agua.

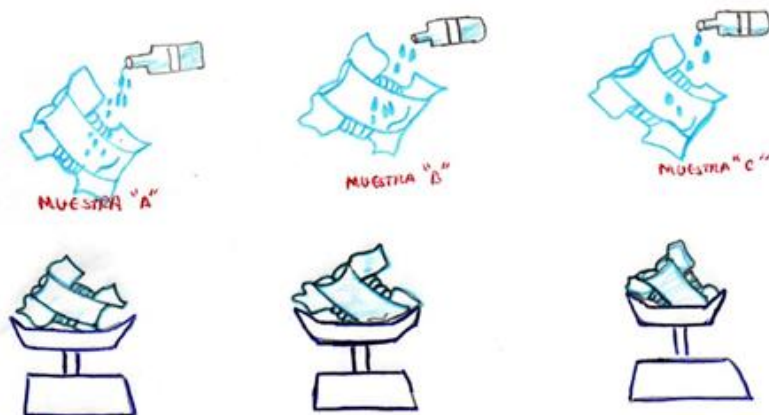


Figura 5.25. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 4 (S4), por el profesor (P24).

El profesor (P27) en el esquema de su procedimiento utiliza vasos descartables a los cuales se les ha hecho un agujero en la parte inferior (ver Figura 5.26). Proporcionando las siguientes indicaciones:

- Se trabaja con tres muestras de pañales diferentes.
- Se parte de la misma cantidad de pañal.
- Los datos se llevan a un gráfico para determinar qué pañal absorbe más agua.

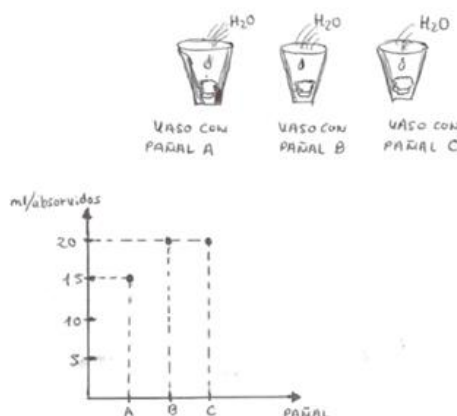


Figura 5.26. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 4 (S4), por el profesor (P27).

En la Figura 5.27 se muestra otro diseño propuesto por uno de los profesores (P12) en la sesión 4 (S4), se utilizan vasos descartables a los cuales se les ha hecho un agujero en la parte inferior. Según las indicaciones adicionales que proporciona: se debe trabajar con tres muestras del mismo pañal, partir de la misma cantidad de algodón y polímero y el agua que se agregará al pañal contendrá distintas proporciones de sal.

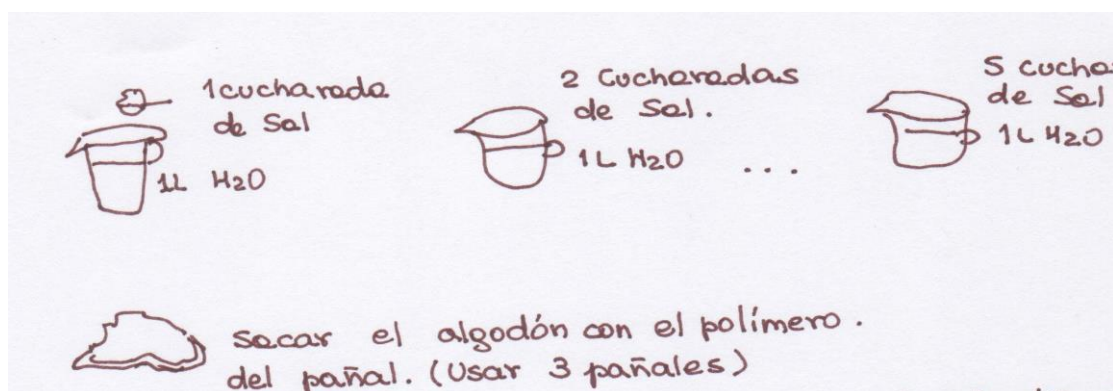


Figura 5.27. Esquema del procedimiento a seguir propuesto en la sesión 4 (S4), por el profesor (P12).

5.5.2. Formulación de hipótesis.

Tomando en cuenta de una parte la definición propuesta por Furman y Podestá (2009), y de otra las estructuras lingüísticas propuestas por Rezba et al. (2003), Pujol (2003) para formular las hipótesis, se consideró como valor cero (0) cuando la hipótesis estuvo mal redactada en términos de variables o en el caso de que la hipótesis no tenía relación con la pregunta investigable propuesta (ver Tabla 5.13). En el caso de que se planteó una hipótesis relacionada con la pregunta investigable y estuvo correctamente formulada se asignó el valor de uno (1).

Tabla 5.13

Ejemplos de categorizaciones de las hipótesis planteadas

Puntaje asignado	Pregunta investigable formulada	Ejemplos
1	“¿Influirá la temperatura en la velocidad de reacción del vinagre con el bicarbonato?” (P35, S1)	Pensamos que si la temperatura del vinagre se aumenta la velocidad de reacción también aumentará, por ello si comparamos dos reacciones a distinta temperatura, en la de mayor temperatura el CO ₂ ocupará el volumen del globo más rápido.
	“¿Influye la temperatura en la vida de la levadura?” (P11, S2)	Si la temperatura del medio donde se encuentra la levadura es superior a 60°C, esta muere.
	“¿Influye el tamaño de las partículas de los reactantes (pastilla efervescente) en la	La pastilla efervescente de Alka- Seltzer reacciona más rápido con el vinagre si está molida.

Puntaje asignado	Pregunta investigable formulada	Ejemplos
0	<p>velocidad en una reacción química?" (P12, S1)</p> <p>"¿Cómo diseñarías un experimento para comprobar si el número de parejas de discos conectadas influye en el voltaje generado?" (P22, S7)</p> <p>"¿Influye el tamaño de las partículas de los reactantes en la velocidad en una reacción química?" (P10, S1)</p> <p>"¿Cuál de estos pañales absorbe más?" (P8, S4)</p>	<p>Un aumento en el número de parejas de discos aumentará el voltaje de la pila</p> <p>La pastilla de Alka- Seltzer se disuelve más rápido.</p> <p>Todos los pañales de diferente marca tienen la misma capacidad de mantener la piel seca y saludable.</p>

A partir de los resultados obtenidos se puede observar que en el primer semestre académico en las actividades experimentales planteadas en el momento en que los profesores proponen una solución el 78.3% plantea correctamente las hipótesis, en cambio en el segundo semestre el 94.3% lo hace. Como puede observarse en la Tabla 5.14, hay un aumento de 16 puntos porcentuales en el segundo semestre académico, lo cual es significativa al 99% ($p\text{-value} < 0.01$). Este aumento en la proporción de hipótesis bien planteadas podría deberse a que los profesores han tenido posibilidad de plantearlas a lo largo de las sesiones de clase en las discusiones con sus compañeros de clase y en las retroalimentaciones que han tenido a través de las correcciones de las actividades que presentaron. También han podido comprender a través del paso de las clases la relación que guarda la formulación de las hipótesis con la pregunta investigable y el diseño experimental planteado.

Tabla 5.14

Test de medias de la proporción de las hipótesis correctamente planteadas propuestas en el primer y segundo semestre académico

Criterio	Primer semestre académico	Segundo semestre académico	T	P-Value
Hipótesis	0.782609	0.942675	-3.89994	0.000124222

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

5.5.3. Variables.

En cuanto a las variables muchos autores (Brendzel, 2005; Chabalengula et al., 2012; Karamustafaoğlu, 2011) las consideran como habilidades de proceso científico integradas

las cuales se deben tener en cuenta en la enseñanza de las ciencias. En este sentido en la evaluación de esta categoría se tuvo en cuenta que los profesores identificaran correctamente de acuerdo con Feixas (2012) los tres tipos de variables: independiente, dependiente y de control (p. 68). En el caso de la presente investigación, se utilizó el siguiente criterio para categorizar las variables, si en las actividades experimentales propuestas no se identificó correctamente alguna de estas variables se le asignó el valor de cero (0). Si estuvieron correctamente definidas se les asignó el valor de uno (1).

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación del manejo de las variables de parte de los profesores cuando desarrollan sus actividades experimentales, se puede observar que en el primer semestre académico los profesores plantean correctamente las variables en las actividades experimentales que resuelven en un 80.4%, en cambio en el segundo semestre lo hacen en un 94.3% (ver Tabla 5.15). La diferencia de 13.9 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value} < 0.01$). El hecho de que los profesores planteen en el segundo semestre académico mayor proporción de variables de manera correcta es un indicio de la mejora en esta habilidad. Algunos profesores hacen notar las dificultades que tienen cuando deben plantear variables, esto se recoge en los siguientes comentarios: “Al elegir las variables que se tienen que medir. Aún no he podido superar el inconveniente de la manipulación de las variables”. Otro anota: “Al momento de identificar las variables de control que me permitan obtener resultados de manera coherente”.

Tabla 5.15

Test de medias de la proporción de las variables correctamente planteadas propuestas en el primer y segundo semestre académico

Criterio	Primer semestre académico	Segundo semestre académico	T	P-Value
Variabes	0.804348	0.942675	-3.45535	6.47E-04

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

A continuación, haciendo uso de un informe presentado por un profesor, se ejemplifican la caracterización de las variables.

Pregunta investigable: “¿En cuál de los tres casos reacciona más rápido el bicarbonato con el vinagre, a temperatura ambiente, en agua fría o en agua caliente?” (P21, S1).

En la Figura 5.28 se muestra el esquema del procedimiento presentado por el profesor (P21), y en la Tabla 5.16 se muestra las variables que ha considerado modificar, dejar igual y lo que medirá de acuerdo al esquema del procedimiento realizado.



Figura 5.28. Esquema del procedimiento a seguir en la actividad experimental propuesta por el profesor (P21).

En este caso se le asignó un valor de 1, ya que el profesor en su diseño mostró los tres tipos de variables solicitadas. En la Tabla 5.16 se pueden visualizar sus respuestas.

Tabla 5.16

Respuestas encontradas en el desarrollo de la actividad propuesta por el profesor (P21)

Mido	Modifico	Dejo igual
Se comparan los tres vasos y se ordenan de acuerdo a cual se disuelve primero, cual segundo y cual tercero. Me doy cuenta cuando dejan de salir burbujas	La temperatura del vinagre	El vaso, la cantidad de bicarbonato, el volumen del vinagre.

Se considera importante señalar algunos momentos a lo largo de las sesiones de clase en los cuales se trabaja con los profesores el tema de las variables. Así, en la sesión de reacciones químicas (S1), la docente haciendo uso de un paracaídas de juguete muestra un video, en el cual se observa cómo se han ido elaborando una serie de preguntas investigables modificando diversos parámetros como son: la masa del objeto, el material del paracaídas y la forma de este.

En la captura de pantalla del video proyectado (ver la Figura 5.29) se puede observar el momento en el cual los alumnos empezaron a elaborar su diseño experimental planteando algunas variables que querían modificar: la masa (del objeto), la forma del paracaídas y el área del mismo. La docente utiliza esta parte del video para explicar que la variable a la cual se hace alusión en el video es la variable independiente.

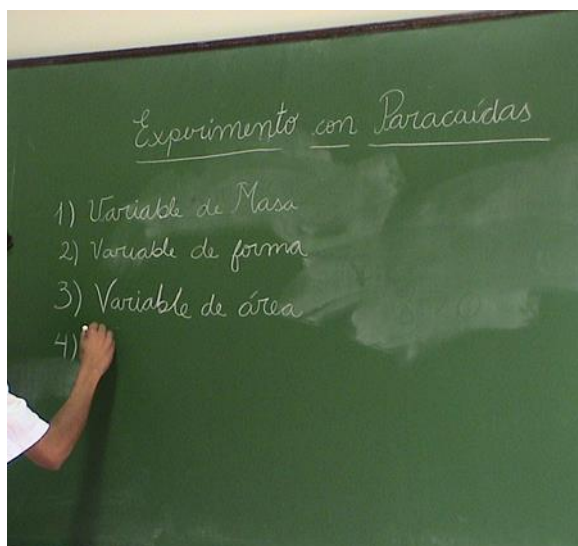


Figura 5.29. Captura de pantalla de la proyección del video donde se aprecia el planteamiento de los factores que desean estudiar.

A continuación, en la Figura 5.30 se observa cómo los alumnos del video fueron ejecutando su diseño experimental.



Figura 5.30. Captura de pantalla de la proyección del video donde se aprecia la ejecución del diseño experimental.

Por último, se muestra cómo alumnos del video exponen los resultados obtenidos (ver Figura 5.31) en la cual se anotan los tiempos de caída del paracaídas tomando como variable el área y la forma del mismo.

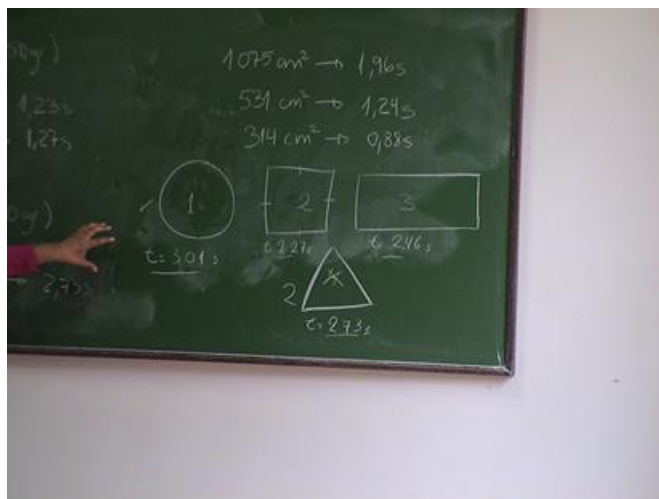


Figura 5.31. Captura de pantalla de la proyección del video relativa a la recolección y análisis de datos.

En la sesión de jabones y detergentes (S5) la docente después de resolver una situación problemática sobre la falsificación de un cheque que implicaba utilizar la técnica de separación de los componentes de la tinta utilizando tizas, les plantea a los profesores preguntarse qué otras preguntas investigables se podían plantear. Las intervenciones de los profesores se recogen en la pizarra (ver Figura 5.32 y Figura 5.33), todas las preguntas iban centradas al efecto de lo que pudiera visualizarse en el cromatograma.

- Dependerá de la pureza del alcohol (el entregado era de 96°).
- Dependerá de la concentración del alcohol.
- Dependerá del tipo de solvente.
- Dependerá de la porosidad de la tiza (comentaron sobre las distintas calidades de las tizas).
- Dependerá del grosor de la tiza.
- Dependerá de la naturaleza del solvente.



Figura 5.32. Esquema de los distintos factores que pueden dar origen a la formulación de preguntas investigables.

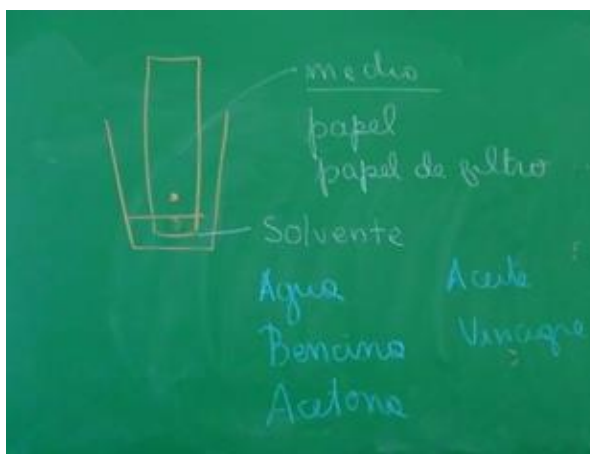


Figura 5.33. Esquema de los factores: medio y solvente que pueden dar origen a la formulación de preguntas investigables.

Una intervención particularmente interesante fue la que planteó un participante de utilizar agua con sal y variar la concentración de la sal, lo cual implicaba manejar otros conceptos asociados al experimento: soluto, solvente, porcentaje en gramos, concentración.

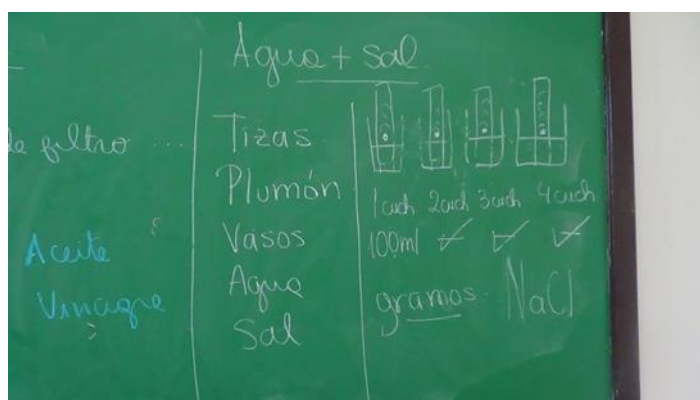


Figura 5.34. Esquema de la variación de la concentración de la sal en formulación de preguntas investigables.

5.5.4. Diseño experimental.

De acuerdo con los datos de la Tabla 4.6 en el primer semestre académico en el 73.9% de las actividades propuestas por los profesores el diseño experimental (hipótesis, variables y procedimiento a seguir) estuvo correctamente elaborado, en cambio en el segundo semestre se encontró una mayor proporción (92.4%), el aumento de 18.5 puntos porcentuales fue significativa al 99% (p -value < 0.01).

Tabla 5.17

Test de medias de la proporción de los diseños experimentales correctamente planteados propuestos en el primer y segundo semestre académico

Criterio	Primer semestre académico	Segundo semestre académico	T	P-Value
Diseño experimental	0.73913	0.923567	-3.99439	6.49E-05

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

Este aumento que se produjo en el segundo semestre académico puede ser debido a que a lo largo de las sesiones de clase los profesores han ido teniendo poniendo en práctica la elaboración de diversos diseños experimentales en temas diversos, los detalles que van mirando y cuidando en los mismos cada vez son más refinados. A continuación se describirá algunos fragmentos de la sesión S4, en la cual en la discusión de los grupos se puede observar cómo los profesores van evaluando con más detalle sus diseños experimentales.

En la sesión de polímeros (S4), donde se hace uso de pañales para realizar la actividad, durante la exposición de los grupos la discusión se centró al diseño experimental a realizar. En una de las discusiones una de las profesoras que no pertenecía al grupo que exponía le formula una pregunta al profesor que expone - la cual tiene como fundamento la experiencia que tiene por ser madre de familia de haber tenido que escoger un pañal para su bebé-, la misma que le hace pensar que no bastaría con tomar la decisión de escoger tres marcas diferentes de pañales y además tomar como criterio la talla, según su experiencia los pañales aún de la misma talla pero de distinta marca eran diferentes. La discusión se tornó entonces en decidir si hacía falta además partir de la misma cantidad de masa. La conclusión a la que llegaron fue que no se podía colocar arbitrariamente las muestras, y no se puede colocar así sin pesar, sin tener un criterio previo, ¿por qué? porque los resultados pueden variar (ver Figura 5.35).



Figura 5.35. Grupo de profesores analizando la cantidad de muestra que debe colocarse.

También en la discusión de los grupos se hace referencia al cuidado que debe tenerse en la manipulación del pañal y el procedimiento a seguir. Uno de los grupos había sugerido extraer un trozo de pañal y colocarlo en la parte superior de un vaso, para lo cual el trozo de pañal era más ancho que el diámetro del vaso. Los demás profesores intervienen, analizando el procedimiento sugerido, los comentarios van en la línea si el agua se derramará, si el pañal no acabará cayéndose, etc. Estos comentarios originan que los integrantes del grupo se replanteen el procedimiento a seguir. En la Figura 5.36 se puede observar a los profesores discutiendo respecto al agua en el diseño.



Figura 5.36. Profesores discutiendo si el agua se derramará o no el diseño propuesto.

En otra intervención el planteamiento va en la línea si los resultados serán o no válidos al tomar una pequeña cantidad de pañal y se discute la conveniencia de hacerlo con todo el pañal y no sólo con una parte.

Un grupo durante su exposición explica que mientras probaban su diseño experimental (ver Figura 5.37) se dieron cuenta que cometían un error al realizar las mediciones, en su grupo habían estado determinando si el pañal quedaba seco o no colocando un papel toalla encima de este.



Figura 5.37. Grupo de profesores revisando el diseño experimental propuesto.

El profesor (P32) comenta que el error consistía en colocar el papel toalla encima del pañal apenas habían agregado el agua, que se mojaba dado que no se absorbía, que era necesario esperar unos minutos para que el agua se absorba.

5.6. Actividades experimentales en las cuales los profesores muestran un dominio en la redacción de la pregunta investigable y en la elaboración del diseño experimental.

Cuando se lleva al aula de clase una actividad experimental no sólo es importante plantearla, también es necesario que el profesor la sepa desarrollar. Por ello se ha visto conveniente analizar tanto la propuesta de la actividad experimental del profesor, como también la solución que proponen. Esto supone que se consideren dos aspectos en el análisis, la redacción de la pregunta investigable y el diseño experimental y así determinar qué profesores redactaban bien la pregunta investigable y a su vez planteaban un diseño experimental correcto. Encontrándose que en el primer semestre académico en las actividades experimentales propuestas por los profesores en el 42.4% de estas los profesores plantearon bien las preguntas investigables y elaboraron bien el diseño experimental, en cambio en el segundo semestre académico en el 90.4% de las actividades experimentales planteadas lo hicieron, como puede apreciarse de la Tabla 5.18 la diferencia de 48 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$).

Tabla 5.18

Test de medias de la proporción de los diseños experimentales y preguntas investigables correctamente planteados propuestos en el primer y segundo semestre académico

criterio	Primer semestre académico	Segundo semestre académico	T	P-Value
Redacción y Diseño correctos	0.423913	0.904459	-8.21457	2.22E-16

Estos resultados nos muestran que la adquisición de las habilidades de proceso científico no es igual en todos los profesores y es necesario contar con un medio que permita identificar aquellas habilidades en las cuales presentan mayor dificultad. El poder encontrar los patrones de habilidades de proceso científico: elaboración de preguntas investigables y diseño experimental permite identificar además las limitaciones que podrían tener los profesores al plantear actividades más abiertas sin contar con el dominio de las habilidades de proceso científico antes mencionadas.

Plantear una actividad experimental con un nivel de indagación diferente al estructurado, supone un cambio en la forma de llevar dichas actividades al aula. En esta línea es importante

tener en cuenta no sólo se debe plantear la actividad, el profesor debe contar con la formación necesaria en las habilidades de proceso científico que garanticen que puedan transmitir las a los alumnos a través de su correcta aplicación. Por ello el desarrollo de la actividad de parte del profesor es un indicativo de cómo se desarrollará dicha actividad en el aula y que habilidades de proceso científico se están trabajando y cuáles estarán bien orientadas.

Con el objeto de evaluar si había una dependencia entre los patrones de habilidades de proceso científico puestas en juego por los profesores y el porcentaje de preguntas planteadas en los niveles de indagación estructurado y guiado de las actividades que proponían, se aplicó la prueba de chi –cuadrado. Encontrándose que el valor de chi- cuadrado es 123.4 y el p-value es <0.00001, siendo el resultado significativo a p-value<0.05, lo cual nos proporciona una evidencia que hay una relación entre los patrones encontrados y los niveles de indagación de las actividades propuestas.

A través del análisis de los patrones generados aplicando el software AQUAD-7 se ha encontrado, que el 90.4% de los profesores que proponen actividades en el nivel guiado a su vez han redactado bien las preguntas investigables y han elaborado el diseño experimental correctamente (ver Tabla 5.19) lo cual es un indicativo de que la actividad experimental está bien planificada por el profesor.

Tabla 5.19

Porcentaje de patrones encontrados en las actividades propuestas en el nivel de indagación guiado

Nivel	CD	cD	Cd	Cd	Total
Nivel de indagación guiado	131(90.4%)	2 (1.4%)	7 (4.8%)	5 (3.4%)	145

Nota. Elaboración propia.

Estos resultados son significativos en tanto dan cuenta de que el progreso de los profesores no sólo se ha dado en relación a aumentar el nivel de apertura de la actividad propuesta, esto ha sido complementado con el hecho de aplicar correctamente las habilidades de proceso científico necesarias.

Capítulo VI

Resultados: Fase Autónoma

– Los trabajos Libres

6.1. Introducción

Un aspecto importante en la evaluación de la apropiación del modelo didáctico de parte de los profesores lo constituye la elaboración de actividades experimentales de manera autónoma, es decir sin contar con la ayuda de la docente y que se pudieran aplicar en su propia clase.

Es por ello que se plantea como pregunta de investigación: ¿qué cambios en la formulación de las actividades experimentales que llevaban al aula de clase se produjeron en los profesores?

Para dar respuesta a la pregunta antes formulada se compararon tres momentos de la Especialización: el primer semestre académico y TL1, el segundo semestre académico y TL2 y finalmente se compararon los resultados obtenidos en TL1 y TL2.

Para responder a esta interrogante, se solicitó a los profesores la elaboración de una actividad experimental que pudiera aplicarse en su aula de clase al culminar cada semestre académico y en cada una de las sesiones de clase de la Especialización. El análisis de las propuestas de las actividades experimentales se realizó en los siguientes puntos: formulación de la pregunta investigable y nivel de indagación con que se planteó llevar al aula de clase la actividad experimental. De acuerdo con Gürses, Çetinkaya, Doğar y Şahin (2015), los profesores tienen la responsabilidad de formar a los alumnos en las habilidades de proceso científico y por ello deben en primer lugar estar bien formados ellos. En esta línea nos interesó también evaluar las habilidades de proceso científico de los propios profesores, para poder realizarlo, adicionalmente a la propuesta de la actividad experimental se les pidió que redactaran un desarrollo de la misma, detallando la pregunta investigable que plantearían, las hipótesis que formularían, el procedimiento a seguir y las variables: dependiente, independiente y de control que deberían plantear los alumnos.

6.2. Análisis de las actividades experimentales propuestas en el primer semestre académico y en TL1

Después de transcurrido el primer semestre académico, los profesores elaboraron de manera autónoma una actividad experimental. Como los profesores ponían en juego lo que habían aprendido durante el primer semestre académico, nos interesó conocer el avance que habían tenido en este punto de la Especialización, para ello se analizaron los diferentes aspectos de las actividades experimentales propuestas y desarrolladas por los profesores tanto en el primer semestre académico como en el trabajo libre uno (TL1).

6.2.1. Análisis de las preguntas investigables planteadas en el primer semestre académico y en TL1.

El primer aspecto a analizar fueron las preguntas planteadas por los profesores. En la Figura 6.1, se muestran los resultados de la proporción de preguntas investigables y no investigables formuladas en el primer semestre académico y en TL1. Como puede observarse en el primer semestre académico la proporción de preguntas investigables planteadas por los profesores fue el 87.6% en cambio en TL1 fue un 62.9%.

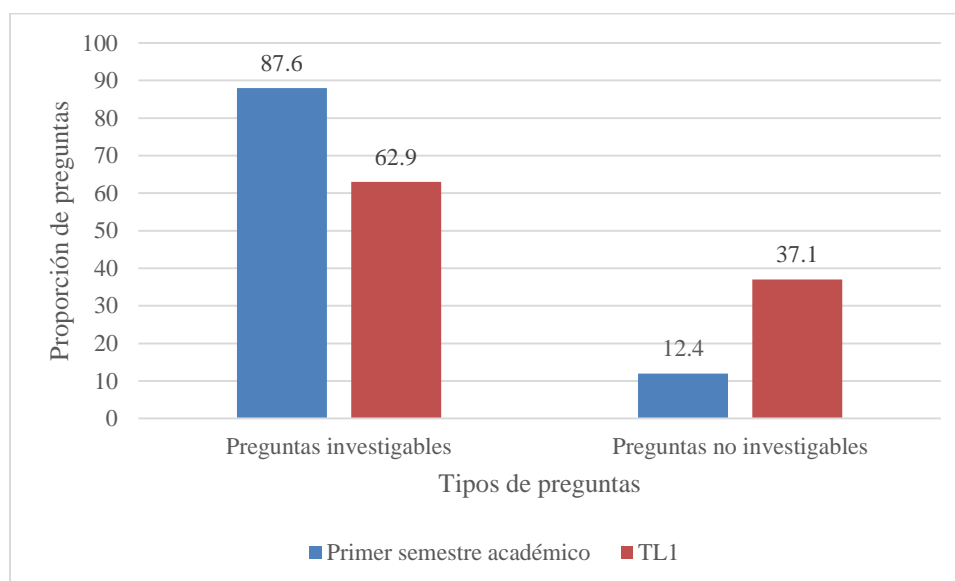


Figura 6.1. Proporción de preguntas investigables y no investigables planteadas en el primer semestre académico y en TL1.

De acuerdo con los datos de la Tabla 6.1, hay una disminución de 24.7 puntos porcentuales los cuales son significativos al 99% ($p\text{-value} < 0.01$). Estos resultados nos muestran que los profesores presentan dificultades para plantear preguntas investigables y que estas se incrementan cuando lo tienen que hacer de manera autónoma. Al parecer el tiempo transcurrido en la Especialización aún no ha sido suficiente para que los profesores adquieran esta habilidad, es posible que necesiten más práctica y trabajo en grupo donde puedan discutir las preguntas que plantean.

Tabla 6.1

Test de medias de los tipos de pregunta investigable en el primer semestre académico y en TL1

Criterio	Primer semestre académico	TL1	T	P-Value
Preguntas investigables	0.8762	0.6286	3.26225	0.00110544

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.2.2. Análisis de los tipos de preguntas investigables planteadas en el primer semestre académico y en TL1.

Otro aspecto a considerar es identificar los tipos de preguntas investigables que se planteaban en el primer semestre académico y en TL1 en las actividades experimentales propuestas por los profesores. De la Figura 6.2 se puede deducir que en las actividades experimentales propuestas en el primer semestre académico los profesores plantean tres tipos de preguntas: comparación, causa-efecto, y exploratorias, en cambio en TL1 los profesores formulan cuatro tipos de preguntas: comparación, causa efecto, exploratorias y de predicción.

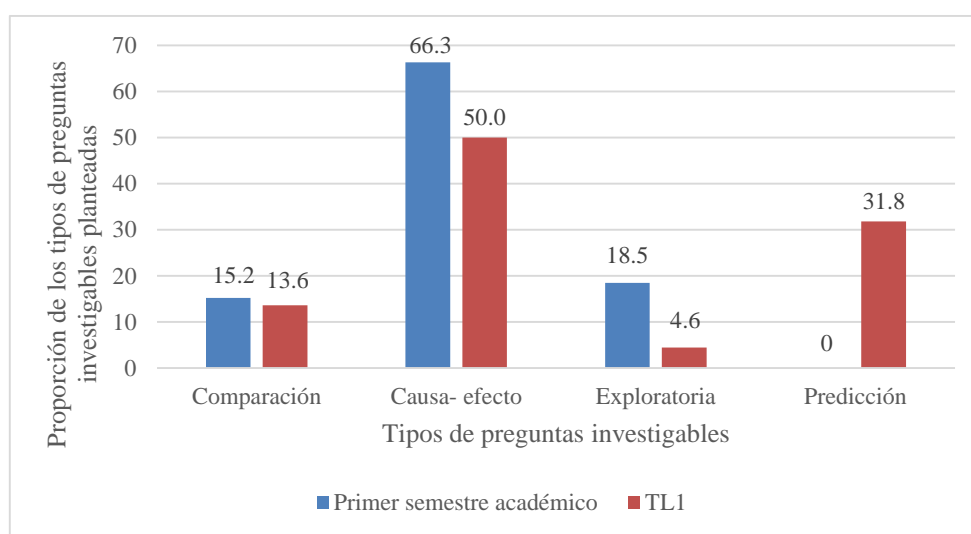


Figura 6.2. Tipos de preguntas investigables en el primer semestre y en TL1.

A partir de los datos de la Tabla 6.2 se puede observar que en el primer semestre académico los profesores plantean el 15.2% de las preguntas investigables como preguntas de comparación, en cambio el TL1 el 13.6% lo hacen, aunque hay una disminución de 1.6 puntos porcentuales la diferencia no es significativa ($p\text{-value}>0.01$). También a partir de los datos de la Tabla 6.2, se puede deducir que en el primer semestre académico los profesores plantean el 66.3% de las preguntas investigables en el tipo de causa-efecto, en cambio en TL1 plantean el 50.0% a pesar de haber una baja de 16.3 puntos porcentuales la diferencia no es significativa. Sucede algo similar en las preguntas de tipo exploratorio, en el primer semestre académico el 18.5% de las preguntas investigables planteadas son de este tipo y en TL1 es el 4.6%, la diferencia de 13.9 puntos porcentuales no es significativa. En cambio, en las preguntas de tipo predicción se puede observar que en el primer semestre académico los profesores no plantean preguntas de este tipo, en cambio en TL1 el 31.8% lo hace siendo este aumento significativo al 99% ($p\text{-value}<0.01$).

Tabla 6.2

Test de medias de los tipos de pregunta investigable en el primer semestre académico y en TL1

Tipo	Primer semestre académico	TL1	T	P-Value
Comparación	0.152174	0.1364	0.186587	0.85198
Causa efecto	0.663043	0.5000	1.42419	0.15439
Exploratoria	0.184783	0.0455	1.60944	0.107521
Predicción	0	0.3182	-5.58477	2.35E-08

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.2.3. Análisis de los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales planteadas por los profesores en el primer semestre académico y en TL1.

Otro punto a considerar fue comparar las actividades experimentales propuestas tomando en cuenta los niveles de indagación que proponían los profesores, cuando planificaban las actividades experimentales que llevarían al aula de clase.

En la Figura 6.3 se recogen los resultados obtenidos de los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales planteadas en el primer semestre académico y en TL1.

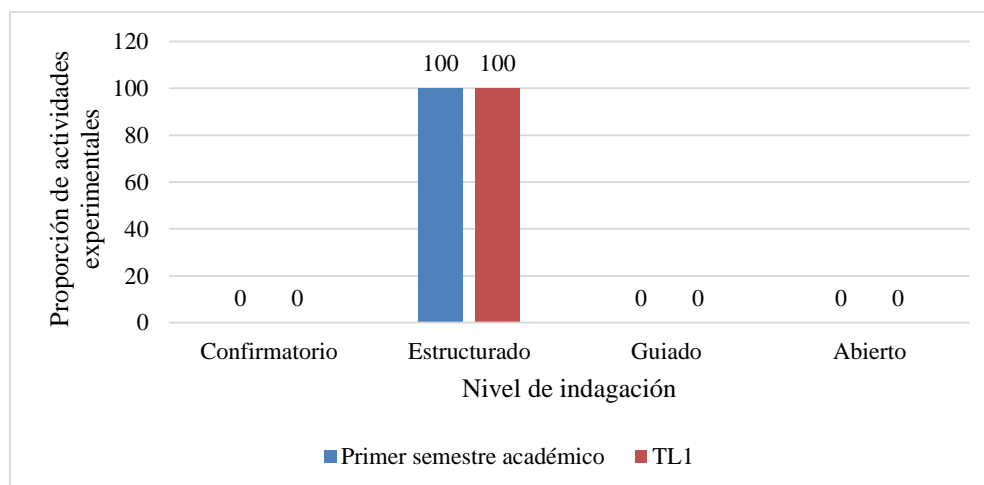


Figura 6.3. Niveles de indagación en el primer semestre y en TL1.

En el primer semestre académico y en TL1 los profesores plantean el 100% de sus actividades experimentales en el nivel de indagación estructurado (ver Tabla 6.3). Estos resultados pueden dar indicios de que después de finalizar el primer semestre académico a pesar de haber tenido los profesores modelos de sesiones de clase en niveles más altos de indagación, esto no es suficiente para que cambien el nivel de apertura de sus actividades experimentales.

Tabla 6.3

Test de medias de niveles de indagación en el primer semestre y TL1

Nivel	Primer semestre académico	TL1
Confirmatorio	0	0
Estructurado	1	1
Guiado	0	0
Abierto	0	0

Nota: a valores iguales, no existe diferencia.

6.2.4. Análisis de la redacción preguntas investigables planteadas en el primer semestre académico y en TL1.

A partir del análisis de las preguntas investigables planteadas y su redacción se obtiene que en el segundo semestre académico la proporción de profesores que redactaron correctamente las preguntas investigables fue del 62.0% mientras que en el trabajo libre 1 (TL1) la proporción de profesores que redactaron correctamente las preguntas investigables fue del 59.1% (ver Tabla 6.4), hay un descenso de 2.9 puntos porcentuales lo cual no es significativo ($p\text{-value} > 0.01$). Tomando en cuenta los valores obtenidos, los profesores tanto durante el desarrollo de las sesiones de clase como cuando trabajan de manera autónoma aún tienen algunas limitaciones para redactar correctamente la pregunta investigable, esto quizás pueda deberse al hecho de que han estado acostumbrados a plantear las actividades experimentales con un título o a partir de un objetivo, ello puede originar que les cueste redactar la pregunta investigable.

Tabla 6.4

Test de medias de la redacción entre el primer semestre y en TL1

Criterio	Primer semestre académico	TL1	T	P-Value
Redacción	0.619565	0.5909	0.248104	0.80405

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.2.5. Análisis del diseño experimental propuesto por los profesores en el primer semestre académico y en TL1.

El análisis de las actividades experimentales propuestas por los profesores no se limitó a la propuesta de la actividad, también se consideró importante investigar si dicha actividad al ser llevada al aula de clase estaba bien planificada. Para lo cual se analizó el desarrollo de la actividad propuesta por los profesores en función de las habilidades de proceso científico (hipótesis, variables, procedimiento a seguir). En otras palabras, se hizo una revisión de las

hipótesis, variables a controlar y procedimiento a seguir que proponían los profesores cuando elaboraban el desarrollo de su actividad experimental.

6.2.5.1. Análisis de la formulación de hipótesis en el primer semestre académico y en TL1.

De acuerdo a los datos de la Tabla 6.5 en el segundo semestre académico los profesores plantean correctamente las hipótesis en el 78.3% de sus actividades experimentales, en cambio en TL1 lo hacen en el 77.3%, hay un descenso de 1 punto porcentual no siendo significativa ($p\text{-value}>0.01$). A partir de los resultados obtenidos se puede observar que tanto cuando los profesores trabajan en las sesiones de clase como cuando lo hacen de manera autónoma la proporción de hipótesis correctamente formuladas son muy similares, esto es indicativo de que se ha mantenido la habilidad en ambos casos. Un aspecto a tomar en cuenta es que esta proporción aún no es del 100%, razón por la cual debe ser trabajada en las sesiones de clase posteriores.

Tabla 6.5

Test de medias de la hipótesis del primer semestre y en TL1

Criterio	Primer semestre académico	TL1	T	P-Value
Hipótesis	0.782609	0.7727	0.100906	0.919619

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.2.5.2. Análisis del procedimiento a seguir planteados en el primer semestre académico y en TL1.

De acuerdo a los datos de la Tabla 6.6 en el segundo semestre académico los profesores plantean correctamente el procedimiento a seguir en el 96.7% de sus actividades experimentales y en TL1 lo hacen en el 86.4%, hay una disminución de 10.3 puntos porcentuales lo cual es significativo al 90% ($p\text{-value}>0.1$). Anotamos una posible causa de ello, aunque los profesores han estado acostumbrados a utilizar las guías de los experimentos propuestas en los libros de texto, hay aspectos que aún se deben cuidar como es la relación entre el procedimiento a seguir y la pregunta investigable formulada, en algunos casos los profesores plantean un procedimiento que está bien estructurado pero que no corresponde a la pregunta investigable planteada.

Tabla 6.6

Test de medias del procedimiento entre el primer semestre y en TLI

Criterio	Primer semestre académico	TL1	T	P-Value
Procedimiento	0.967391	0.8636	1.9584	0.0501827

Nota: para que exista diferencia significativa al 90% P-Value debe ser menor que 0.1.

6.2.5.3. Análisis del control de variables planteadas en el primer semestre académico y en TLI

De acuerdo a los datos de la Tabla 6.7 en el primer semestre académico los profesores plantean correctamente las variables en el 80.4% de sus actividades experimentales y en TLI lo hacen en el 81.8%, hay un aumento de 1.4 puntos porcentuales lo cual no es significativa ($p\text{-value} > 0.01$). El control de variables es un aspecto importante en el planteamiento de un diseño experimental, se puede observar a partir de los datos obtenidos que el porcentaje se ha mantenido en ambos casos, aunque en este punto de la Especialización aún hay profesores que tienen dificultades para identificar los tipos de variables y las confunden. Esta dificultad podría estar asociada en parte a la falta de práctica de los profesores en la realización de la actividad experimental tomando en cuenta estos aspectos. Los profesores que tenían dificultades en estos aspectos en las sesiones de clase, manifestaban que era la primera vez que trabajaban identificando las variables, antes se habían limitado a seguir las indicaciones del libro y en el protocolo que este proponía no se evidenciaban las variables a controlar, por ejemplo.

Tabla 6.7

Test de medias del criterio variables entre el primer semestre y en TLI

Criterio	Primer semestre académico	TL1	T	P-Value
Variables	0.804348	0.8182	-0.1479	0.882417

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.2.5.4. Análisis global del diseño experimental planteado en el primer semestre académico y en TLI.

De acuerdo a los datos de la Tabla 6.8 en el segundo semestre académico los profesores plantean correctamente el diseño experimental en el 73.9% de sus actividades experimentales y en TLI lo hacen en el 54.6%, hay una disminución de 19.3 puntos porcentuales lo cual es significativa al 90% ($p\text{-value} < 0.1$).

Tabla 6.8

Test de medias del diseño experimental entre el primer semestre y en TLI

Criterio	Primer semestre académico	TL1	T	P-Value
Diseño experimental	0.73913	0.5455	1.7834	0.0745204

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

Los análisis de estos resultados nos muestran que los profesores cuando ponen en juego las tres habilidades de manera simultánea (hipótesis, procedimiento a seguir y variables), tienen más dificultades cuando trabajan de manera autónoma a cuando lo hacen durante las sesiones de clase y pueden discutir con sus compañeros de clase y con el profesor. Además, si se compara con los resultados de cada una de las habilidades de manera independiente se puede observar que en el análisis del conjunto hay una disminución, lo cual nos lleva a pensar que cada habilidad se adquiere de manera independiente y es necesario trabajar con los profesores para que sigan un hilo conductor que conduzca a dar una respuesta a la pregunta investigable planteada. Quizás sea importante que se detengan a revisar en la solución de sus actividades la coherencia que debe haber entre la pregunta investigable, las hipótesis planteadas, el procedimiento y las variables, tratarlo como una unidad.

6.2.6. Análisis de la mejor actividad experimental planteada en el primer semestre académico y en TL1.

En esta sección se hará una comparación entre la proporción de las actividades experimentales que tienen un patrón CD (aquellas en las cuales la redacción de la pregunta investigable es correcta y además plantean adecuadamente el diseño experimental) propuestas por los profesores en el primer semestre académico y la propuesta cuando lo hacen de manera autónoma en TL1. De acuerdo a los datos de la Tabla 6.9, en el primer semestre académico los profesores plantean el 42.4% de las actividades experimentales con un patrón CD, en cambio en TL1 un 31.8% lo hace, como puede observarse hay un descenso de 10.6 puntos porcentuales lo cual no es significativo al ($p\text{-value}>0.01$).

Tabla 6.9

Test de medias de la mejor actividad entre el primer semestre y en TLI

Criterio	Primer semestre académico	TL1	T	P-Value
CD	0.423913	0.3182	0.907929	0.363914

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

A continuación, a manera de ejemplo se mostrarán dos actividades experimentales que se han categorizado con el patrón CD.

Primer ejemplo del profesor (P13) en la sesión 2 (S2):

Pregunta investigable: “¿La temperatura influirá en la degradación del azúcar por acción de la levadura?”

Hipótesis planteada: “Pensamos que, la degradación del azúcar por acción de la levadura es más rápida en agua tibia (a temperatura ambiente, dada la temperatura actual).”

El procedimiento a seguir para poner a prueba la hipótesis se muestra en la Figura 6.4.

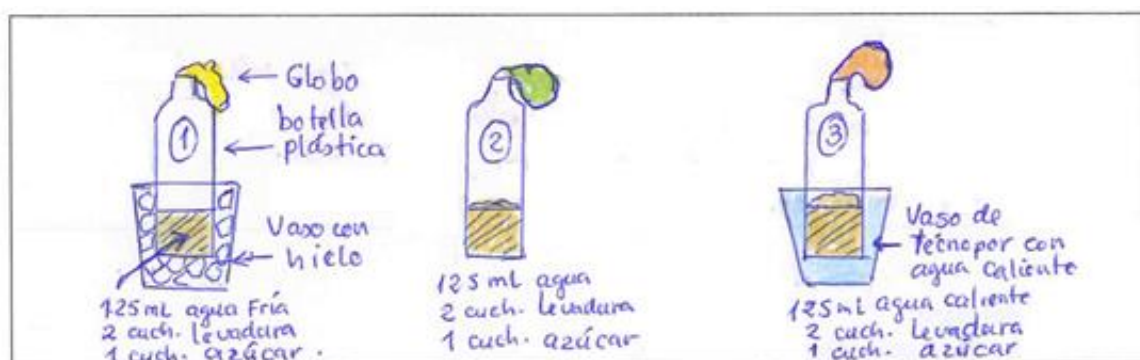


Figura 6.4. Esquema del procedimiento a seguir en la actividad experimental propuesta en la sesión 2 (S2), por el profesor (P13).

En este caso el procedimiento a seguir está de acuerdo a la pregunta investigable que se ha planteado, se muestra el esquema del procedimiento, los materiales a emplear y la manera de colocarlos durante el desarrollo de las pruebas.

También se muestran las maneras de hacer las mediciones de la levadura y del azúcar, la cantidad de agua que se debe colocar. Se han rotulado tres botellas para facilitar la identificación de los resultados de las observaciones. Cuando se categoriza este procedimiento se le asignó el valor de 1.

El cuanto a las variables (ver Tabla 6.10), el profesor reconoce cuál es la variable independiente, dependiente y de control en su diseño experimental. Como puede observarse se ha utilizado la guía propuesta por Furman y De Podestá (2009) para introducir a los profesores en el manejo de las variables y les sea más fácil identificarlas (Bağcı-Kılıç, G. (2003) citado por Aydoğdu (2015)) para posteriormente enseñárselas a sus alumnos.

Tabla 6.10

Ejemplo de identificación de variables en el diseño experimental propuesto por el profesor (P13, S2)

Variable independiente ¿Qué modificamos?	Variable de control ¿Qué cosas dejamos igual para que el experimento sea válido?	Variable dependiente ¿Qué vamos a medir como resultado?
“La temperatura, ya que se colocará en una botella agua fría, en otra a temperatura ambiente y por último en otra agua caliente”.	“La cantidad de agua, levadura y azúcar. Además debemos cuidar que la temperatura de la botella se mantenga constante”.	“El tamaño del globo que será proporcional a la cantidad de CO ₂ desprendido”.

El siguiente ejemplo recoge la actividad experimental propuesta por el profesor (P33) en el trabajo libre 1 (TL1), quien después de explicarles a los alumnos el efecto del CO₂ en el ambiente y de proporcionarles notas técnicas para que lean y extraigan las ideas principales, les plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Qué sucederá con la temperatura del aire si se aumenta la concentración de CO₂?”, en primer lugar plantea como hipótesis a resolver: “La temperatura del aire aumentará si se aumenta la cantidad de CO₂”. A continuación, les da un guion estructurado para que sigan el proceso en su experimento. En el diseño experimental propuesto por el profesor, se incluye el contar con un frasco control (en el que sólo hay aire) servirá para comparar los resultados obtenidos y un segundo frasco (igual al anterior) el cual está provisto de dos mangueras a través de las cuales los alumnos soplarán (ver Figura 6.5). La importancia que le da a estos aspectos que propone se evidencia en los apuntes de sus alumnos de clase (los señalamos ya que se cuenta con la información para ello), los cuales comentan en sus propias palabras: “es importante que todos los grupos tengan un frasco de control para comparar los resultados”, otro grupo agrega: “deben darles la misma cantidad de luz solar”, haciendo alusión a que no pueden colocar uno en la sombra y otro al sol. También en los esquemas de los diseños experimentales que proponen se puede observar que trabajó estos aspectos.

Frasco control



Frasco equipado con mangueras



Figura 6.5. Fotografías del material empleado en la realización del experimento en el aula de clase del profesor (P33).

También en los esquemas de los diseños experimentales que proponen se puede observar que trabajó con sus alumnos las variables de control, en la Figura 6.6 se puede observar que los alumnos dibujan los dos frascos A y C iguales, lo que da cuenta de que han comprendido lo que el profesor les había explicado.

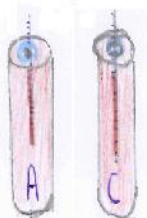


Figura 6.6. Esquema experimental propuesto por un grupo de alumnas del profesor (P33).

Adicionalmente el profesor les proporciona a los alumnos una tabla para que recojan los resultados obtenidos (ver Tabla 6.11), dándoles la siguiente indicación: “anoten en la siguiente tabla la temperatura de los frascos cada 5 minutos durante media hora”.

Tabla 6.11

Ejemplo de matriz para recoger datos

	Inicio	5	10	15	20	25	30
A (frasco control)							
C (frasco con aire exhalado)							

Posteriormente les pide que respondan a las siguientes cuestiones:

Analicen los datos que obtuvieron en el cuadro y respondan las siguientes preguntas:

- Observan en el cuadro alguna diferencia entre la variación de temperatura.
- ¿Influye el CO₂ exhalado en la variación de temperatura?
- ¿Coinciden los resultados con sus hipótesis planteadas?

Adicionalmente les solicita a sus alumnos que hagan un gráfico en el cual se muestra la variación de las temperaturas en ambos frascos.

6.3. Análisis de las actividades experimentales propuestas en el segundo semestre académico y en TL2

Después de transcurrido el segundo semestre académico, los profesores elaboraron de manera autónoma una actividad experimental. Como los profesores ponían en juego lo que habían aprendido durante el segundo semestre académico, nos interesó conocer el avance

que habían tenido en este punto de la Especialización, para ello se analizaron los diferentes aspectos de las actividades experimentales propuestas y desarrolladas por los profesores, tanto en el segundo semestre académico como en el trabajo libre dos (TL2). Los resultados de esta comparación servirán para analizar si hay diferencias entre las propuestas de los profesores cuando trabajan en las sesiones de clase durante el segundo semestre académico y cuando lo hacen de manera autónoma.

6.3.1. Análisis de las preguntas investigables planteadas en el segundo semestre académico y TL2.

El primer aspecto a analizar fueron las preguntas planteadas por los profesores. En la Figura 6.7 se muestran los resultados de los porcentajes de preguntas investigables y no investigables formuladas en el segundo semestre académico y en TL2.

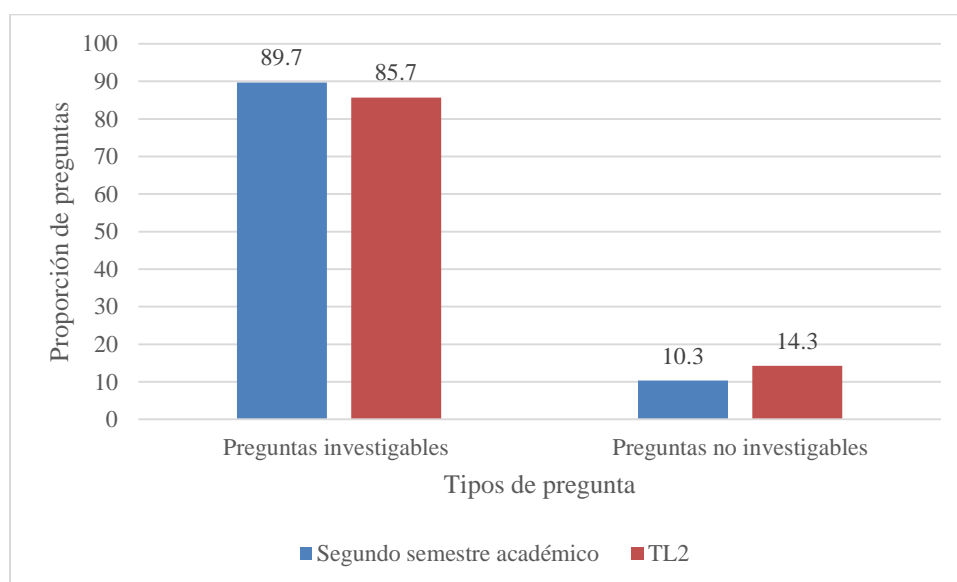


Figura 6.7. Porcentaje de preguntas investigables y no investigables planteadas en el segundo semestre académico y en TL2.

Como puede apreciarse en la Figura 6.7, en el segundo semestre académico la proporción de preguntas investigables que proponen los profesores es del 89.7% en cambio en TL2 la proporción es del 85.7%, encontrándose que hay una caída de 4 puntos porcentuales la cual de acuerdo a los datos de la Tabla 6.12, no es significativa ($p\text{-value} > 0.01$). Estos resultados, nos dan indicios de que después del segundo semestre académico los profesores de manera autónoma son capaces de plantear una proporción similar de preguntas investigables, lo podría significar que dicha habilidad se evidencia por igual cuando trabajan en las sesiones de clase durante la Especialización y cuando lo hacen de manera autónoma.

Tabla 6.12

Test de medias de las preguntas investigables entre el segundo semestre y TL2

Criterio	Segundo semestre académico	TL2	T	P-Value
Preguntas investigables	0.8971	0.8571	0.691617	0.489178

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.3.2. Análisis de los tipos de preguntas investigables planteadas en el segundo semestre académico y en TL2.

Otro aspecto a considerar es identificar los tipos de preguntas investigables que se planteaban en el segundo semestre académico y en TL2 en las actividades experimentales propuestas por los profesores. De la Figura 6.8 se puede deducir que en las actividades experimentales propuestas en el segundo semestre académico los profesores tres tipos de preguntas: comparación, causa-efecto, y exploratorias en cambio en TL2, los profesores formulan tres tipos de preguntas: comparación, causa efecto y exploratorias. En TL2 los profesores ya no formulan preguntas del tipo predicción, consideran que los alumnos no contestan bien éste tipo de pregunta porque tienen poca base teórica y prefieren llevar al aula preguntas de comparación, causa-efecto y hasta exploratorias.

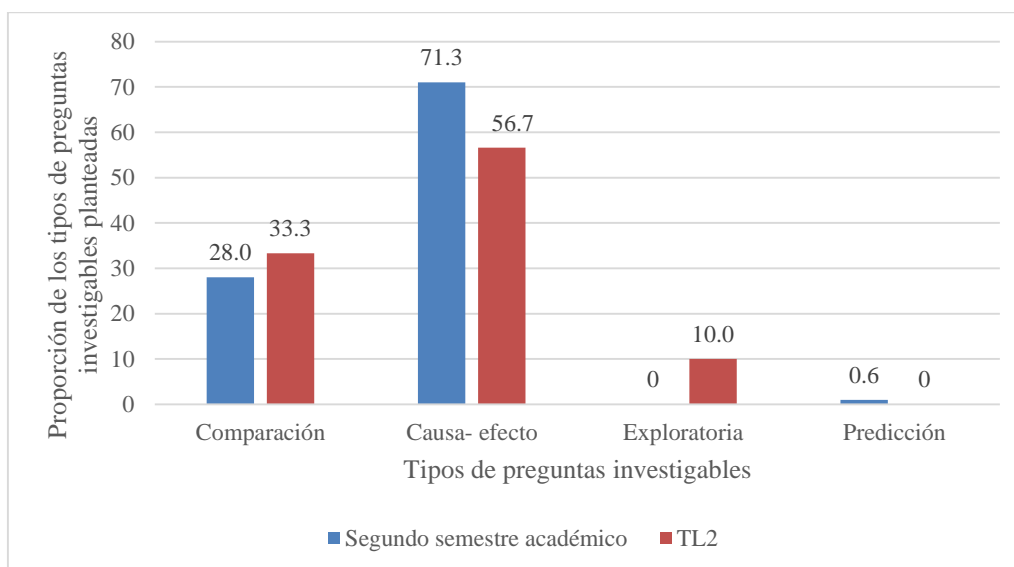


Figura 6.8. Tipos de pregunta investigable planteadas en el segundo semestre y TL2.

A partir de los datos de la Tabla 6.13 se puede observar que en el segundo semestre académico los profesores plantean el 28.0% de las preguntas investigables como preguntas de comparación, en cambio el TL2 el 33.3% lo hacen aunque hay un aumento de 5.3 puntos porcentuales la diferencia no es significativa. También a partir de los datos de la Tabla 6.13, se puede deducir que en el segundo semestre académico los profesores plantean el 71.3% de

las preguntas investigables en el tipo de causa- efecto, en cambio en TL2 plantean el 56.7% a pesar de haber una baja de 14.6 puntos porcentuales la diferencia no es significativa. Sucede algo similar en las preguntas de tipo predicción, en el segundo semestre académico el 0.6% de las preguntas investigables planteadas son de este tipo y en TL2 es el 0%, la diferencia de 0.6 porcentuales no es significativa. En cambio, en las preguntas de tipo exploratorio se puede observar que en el segundo semestre académico los profesores no plantean preguntas de tipo exploratorio, en cambio en TL2 el 10.0% lo hace siendo este aumento significativo al 99% ($p\text{-value}<0.01$). De estos resultados se puede deducir que los profesores en ambos casos están eligiendo las preguntas del tipo causa efecto en mayor proporción, en segundo lugar, las de comparación y en tercer lugar las exploratorias y las de predicción. Cuando se les pregunta a los profesores las causas de la elección de los tipos de preguntas algunas respuestas están focalizadas a que les resulta más sencillo llevar al aula preguntas donde se comparen cosas, o se pueda investigar la influencia de una variable sobre otra, especialmente si los alumnos deben elaborar el diseño experimental. Por otro lado, las de predicción no les resulta muy efectivas en clase, por el hecho de que se ven limitados por los escasos conocimientos de los alumnos, y las exploratorias consideran que les consumen mucho tiempo y material en clase para resolverlas y no las consideran viables.

Tabla 6.13

Test de medias de las preguntas investigables entre el segundo semestre y TL2

Tipo	Segundo semestre académico	TL2	T	P-Value
Comparación	0.280255	0.3333	-0.587429	0.556913
Causa efecto	0.713376	0.5667	1.59142	0.111516
Exploratoria	0	0.1000	-3.99449	6.4863E-05
Predicción	0.00636943	0	0.438304	6.61E-01

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.3.3. Análisis de los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales planteadas por los profesores en el segundo semestre académico y en TL2.

Otro punto a considerar fue comparar las actividades experimentales tomando en cuenta los niveles de indagación que proponían los profesores, cuando planificaban de manera autónoma las actividades experimentales que llevarían al aula de clase.

En la Figura 6.9 se recogen los resultados obtenidos de los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales planteadas en segundo semestre académico y

en TL2. En el segundo semestre académico los profesores plantean sus actividades experimentales en tres niveles de indagación: confirmatorio (5.7%), estructurado (1.9%), guiado (92.4%) y no plantean actividades experimentales en el nivel de indagación abierto, en cambio en TL2 los profesores plantean las actividades experimentales en los cuatro niveles de indagación: confirmatorio (10.0%), estructurado (33.3%), guiado (50.0%) y abierto (6.7%).

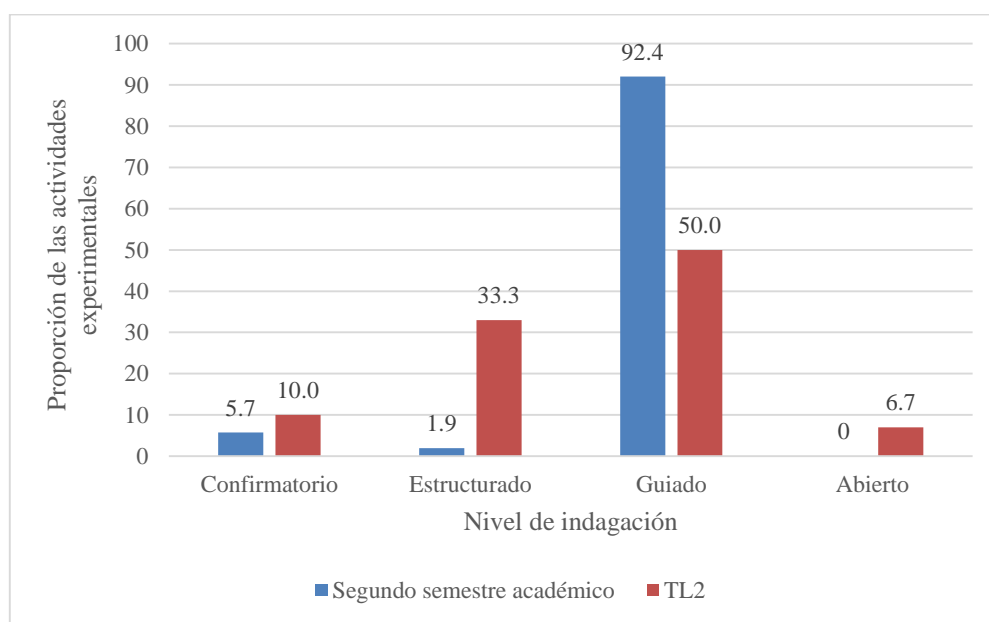


Figura 6.9. Proporción de las actividades experimentales planteadas en el segundo semestre académico de acuerdo a los niveles de indagación.

A continuación, se analizará el porcentaje de las actividades experimentales propuestas en cada uno de los niveles de indagación para determinar si las diferencias son significativas (ver Tabla 6.14). En el segundo semestre académico los profesores proponen el 5.7% de actividades experimentales en el nivel confirmatorio en cambio en TL2 lo hacen el 10.0% a pesar de haber una diferencia de 4.3 puntos porcentuales el aumento no es significativo ($p\text{-value} > 0.01$). El aumento de la proporción de actividades experimentales planteadas a nivel confirmatorio puede deberse al hecho de que en TL2 los profesores plantean de manera autónoma las actividades experimentales y les resulta difícil dejar de lado las actividades de tipo confirmatorio, también algunos profesores comentan que este tipo de actividad les permite controlar el tiempo que dedican a la misma, un mayor control de los alumnos tanto para el orden como en el uso de los instrumentos y materiales, muchos profesores en sus aulas tienen un número elevado de alumnos y manifestaban que les era muy difícil cuidar que los alumnos no se hicieran daño con los materiales y tenerlos trabajando de manera ordenada.

La Tabla 6.14 muestra que en el segundo semestre académico los profesores proponen el 1.9% de actividades experimentales en el nivel de indagación estructurado en cambio en TL2 lo hacen el 33.3%, la diferencia de 31.4 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$). Este resultado nos conduce a evaluar que los profesores cuando cuentan con una cierta autonomía para plantear sus actividades experimentales aún tienen dificultades para transformar las actividades estructuradas presentes en los libros de texto a actividades con niveles de indagación mayores, algunos de ellos comentaron que habían acudido a los libros del MED (Ministerio de educación) y a otros textos utilizados en secundaria.

Tabla 6.14

Test de medias de los niveles de indagación de las actividades propuestas por los profesores en el segundo semestre académico y en TL2

Nivel	Segundo semestre académico	TL2	T	P-Value
Confirmatorio	0.0573248	0.1000	-0.873972	0.382132
Estructurado	0.0191083	0.3333	-6.20005	5.67E-10
Guiado	0.923567	0.5000	6.048	1.47E-09
Abierto	0	0.0667	-3.25349	0.00114011

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

En el segundo semestre académico la proporción de los profesores que proponen sus actividades en el nivel de indagación guiado es el 92.4% (ver Tabla 6.14), mientras que en TL2 es el 50.0%, la diferencia de 42.4 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$). Como puede apreciarse los profesores cuando llevan al aula las actividades experimentales de manera autónoma, proponen menos actividades experimentales en el nivel de indagación guiado que cuando trabajan en el aula de clase. Esto puede ser debido a que en el último caso cuentan con la guía del docente capacitador e intercambian opiniones con sus compañeros de clase. Cuando los profesores deben llevar al aula de clase las actividades experimentales que proponen, algunos prefieren no llevar actividades en un nivel de indagación guiado, entre los motivos que expusieron fueron: “si les propongo a los alumnos que hagan el diseño experimental, se demoran mucho, la sesión de clase se extiende y no terminamos con el experimento en el tiempo previsto”.

En el segundo semestre académico los profesores no proponen actividades en el nivel de indagación abierto (ver Tabla 6.14), mientras que en TL2 proponen el 6.7%, la diferencia de 6.7 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$). Como puede apreciarse en TL2, algunos profesores ya les proponen a sus alumnos actividades con mayor grado de

apertura, esto es significativo considerando que al inicio de la Especialización no lo consideraban viable.

6.3.4. Análisis de la redacción preguntas investigables planteadas en el segundo semestre académico y en TL2.

A partir del análisis de las preguntas investigables planteadas y su redacción se obtiene que en el segundo semestre académico la proporción de profesores que redactaron correctamente las preguntas investigables fue del 93.6% mientras que en el trabajo libre 2 (TL2) la proporción de profesores que redactaron correctamente las preguntas investigables fue del 73.3% (ver Tabla 6.15), hay un descenso de 20.3 puntos porcentuales lo cual es significativo al 99% ($p\text{-value}<0.01$). Estos resultados muestran que los profesores cuando tienen que redactar las preguntas de manera autónoma presentan más dificultad, es posible que el hecho de haber trabajado con otros profesores durante las sesiones de la Especialización les permitió reestructurar sus preguntas y mejorar su propia redacción.

Tabla 6.15

Test de medias en el criterio redacción para el segundo semestre y TL2

Criterio	Segundo semestre académico	TL2	T	P-Value
Redacción	0.936306	0.7333	3.45422	0.00055198

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.3.5. Análisis del diseño experimental propuesto por los profesores

El análisis de las actividades experimentales propuestas por los profesores no se limitó a la propuesta de la actividad, por ello se consideró importante también investigar si dicha actividad -al ser llevada al aula de clase estaba bien planificada- en función de las habilidades de proceso científico (hipótesis, variables, procedimiento a seguir). En otras palabras, se hizo una revisión de las hipótesis, variables a controlar y procedimiento a seguir que proponían los profesores cuando elaboraban el desarrollo de su actividad experimental.

6.3.5.1. Análisis de la formulación de hipótesis en el segundo semestre académico y en TL2

De acuerdo a los datos de la Tabla 6.16 en el segundo semestre académico la proporción de los profesores que plantean correctamente las hipótesis es el 94.3% de sus actividades experimentales, en cambio en TL2 lo hacen el 70.0%, hay un descenso de 24.3 puntos porcentuales siendo significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$). Estos resultados nos muestran que los profesores cuando trabajan en grupo durante las sesiones de clase elaboran en mayor

proporción de forma correcta las hipótesis, en cambio cuando trabajan solos tienen mayor dificultad.

Tabla 6.16

Test de medias del criterio hipótesis entre el segundo semestre y TL2

Criterio	Segundo semestre académico	TL2	T	P-Value
Hipótesis	0.942675	0.7000	4.1293	3.6408E-05

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.3.5.2. Análisis del procedimiento a seguir planteados en el segundo semestre académico y en TL2.

De acuerdo a los datos de la Tabla 6.17 en el segundo semestre académico la proporción de los profesores plantean correctamente el procedimiento a seguir es el 96.2% de sus actividades experimentales y en TL2 lo hacen en el 96.7%, hay un aumento de 0.5 puntos porcentuales lo cual no es significativo ($p\text{-value} > 0.01$). Estos datos nos dan indicios de que los profesores a través de las sesiones de la Especialización diseñaron en grupo y de manera individual el procedimiento a seguir y luego fueron capaces de transferir lo aprendido a las actividades experimentales que ellos elaboraron.

Tabla 6.17

Test de medias del criterio procedimiento entre el segundo semestre y TL2

Criterio	Segundo semestre académico	TL2	T	P-Value
Procedimiento	0.961783	0.9667	-0.130009	0.896554

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.3.5.3. Análisis del control de variables planteadas en el segundo semestre académico y en TL2.

De acuerdo a los datos de la Tabla 6.18 en el segundo semestre académico la proporción de los profesores plantean correctamente las variables es el 94.3% de sus actividades experimentales y en TL2 lo hacen el 86.7%, hay una disminución de 7.6 puntos porcentuales lo cual no es significativa ($p\text{-value} > 0.01$). Los resultados nos muestran que algunos profesores después de la Especialización tienen dificultades para determinar las variables que intervienen, y tienden a confundir entre los tipos de variables.

Tabla 6.18

Test de medias del criterio variables entre el segundo semestre y TL2

Criterio	Segundo semestre académico	TL2	T	P-Value
VARIABLES	0.942675	0.8667	1.49924	0.133811

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.3.5.4. Análisis global del diseño experimental planteado en el segundo semestre académico y en TL2.

De acuerdo a los datos de la Tabla 6.19 en el segundo semestre académico la proporción de los profesores que plantean correctamente el diseño experimental en sus actividades experimentales es el 92.4% y en TL2 lo hacen el 66.7%, hay una disminución de 25.7 puntos porcentuales lo cual es significativa ($p\text{-value} < 0.01$). Los resultados nos muestran que algunos profesores tienen mayor dificultad para elaborar de manera completa el diseño experimental (hipótesis, procedimiento y variables) cuando deben realizarlo de manera autónoma.

Tabla 6.19

Test de medias del diseño experimental entre en segundo semestre y TL2

Criterio	Segundo semestre académico	TL2	T	P-Value
Diseño experimental	0.923567	0.6667	4.00124	6.304E-05

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.3.6. Análisis de la mejor actividad experimental planteada en el segundo semestre académico y en TL2.

Algunos autores realzan la importancia de que los profesores sepan guiar a los alumnos en la planificación e implementación de los experimentos Widyatiningtyas (2010) citado en Copriady (2014), por ello se considera importante que los profesores planteen bien la pregunta investigable y también elaboren correctamente el diseño experimental. En esta sección se hará una comparación entre la proporción de las actividades experimentales que tienen un patrón CD (aquellas en las cuales la redacción de la pregunta investigable es correcta y además plantean adecuadamente el diseño experimental) propuestas por los profesores en el segundo semestre académico y la propuesta cuando lo hacen de manera autónoma en TL2. De acuerdo a los datos de la Tabla 6.20, en el segundo semestre académico la proporción de los profesores que plantean la solución de sus actividades experimentales con un patrón CD es el 90.4%, en cambio en TL2 un 60.0% lo hace, como

puede observarse hay un descenso de 30.4 puntos porcentuales lo cual es significativo al 99% (p-value<0.01).

Tabla 6.20

Test de medias entre el segundo semestre y TL2 sobre la mejor actividad experimental planteada

Criterio	Segundo semestre académico	TL2	T	P-Value
CD	0.904459	0.6000	4.34729	1.3794E-05

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.4. Análisis de las actividades experimentales propuestas en TL1 y TL2

En primer lugar, se van a comparar las actividades experimentales propuestas por los profesores de manera autónoma al culminar el primer semestre académico que se denominará TL1 y en el segundo semestre académico que se denominará TL2.

6.4.1. Análisis de las preguntas investigables planteadas en TL1 y TL2.

El primer aspecto a analizar fueron las preguntas planteadas por los profesores. En la Figura 6.10 se muestran los resultados de los porcentajes de preguntas investigables y no investigables formuladas en TL1 y en TL2. Las actividades propuestas por los profesores que parten de preguntas no investigables se considerarán como actividades no experimentales y las que parten de preguntas investigables se considerarán como experimentales.

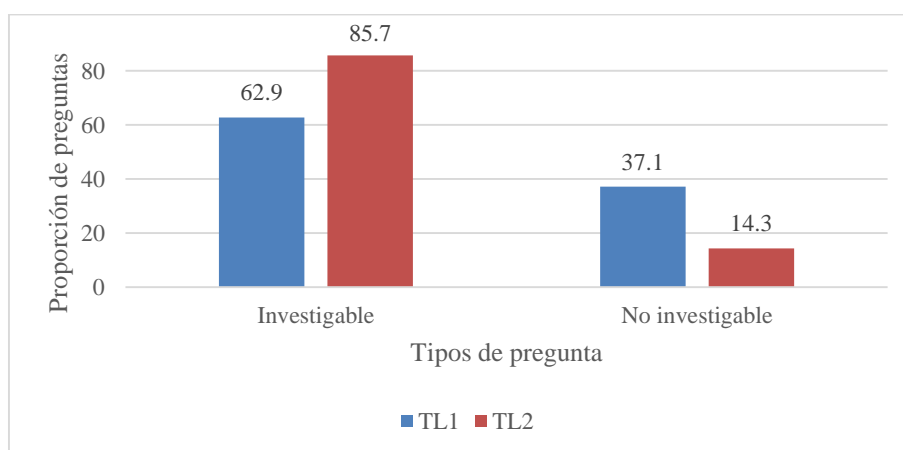


Figura 6.10. Porcentajes de preguntas investigables y no investigables formuladas en TL1 y en TL2.

De acuerdo a la Tabla 6.21, en el trabajo libre 2 (TL2) el 85.7% de los profesores elaboraron una pregunta investigable, mientras que en el trabajo libre 1 (TL1) el 62.9% de los mismos lo hicieron. Para analizar si existe una diferencia significativa entre los resultados

obtenidos se realizó el test de medias a través de STATA encontrándose que hay una diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza (p -value <0.01) de 22.8 puntos porcentuales entre los trabajos libres TL1 y TL2 lo cual se muestra en la Tabla 6.21. En otras palabras, se observa un avance importante en la capacidad de los profesores de proponer actividades basadas en preguntas investigables a raíz de las sesiones de clase impartidas en la Especialización.

Tabla 6.21

Test de medias de las preguntas investigables entre TL1 y TL2

	Media TL1 (35)	Media TL2 (35)	T	P-Value
Preguntas investigables	0.628	0.857	- 2,23402	0.028774

Nota: para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

6.4.2. Análisis de los tipos de preguntas investigables planteadas en TL1 y TL2.

Otro aspecto a considerar es identificar los tipos de preguntas investigables que se planteaban en TL1 y en TL2 en las actividades experimentales propuestas por los profesores. De la Figura 6.11 se puede deducir que en las actividades experimentales propuestas en TL1 los profesores formulan cuatro tipos de preguntas: comparación, causa-efecto, predicción y exploratorias. En cambio en TL2, los profesores formulan tres tipos de preguntas: comparación, causa efecto y exploratorias. En TL2 los profesores ya no formulan preguntas del tipo predicción, consideran que los alumnos no contestan bien éste tipo de pregunta porque tienen poca base teórica y prefieren llevar al aula preguntas de comparación, causa-efecto y hasta exploratorias.

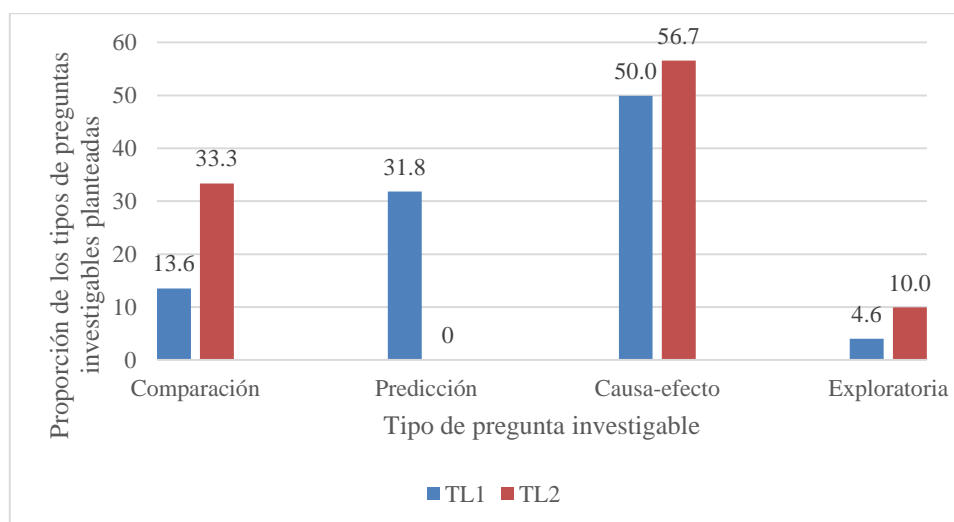


Figura 6.11. Porcentajes de los tipos de preguntas investigables planteadas en TL1 y en TL2.

Cabe mencionar que, salvo en el caso de la predicción, no hay un cambio sustancial en la composición de las preguntas entre TL2 y TL1 (notar que las diferencias encontradas no son significativas, ver Tabla 6.22), es decir, si bien se observa que el número de profesores que hacen preguntas investigables incrementa para cada tipo de pregunta, en conjunto, las proporciones no varían.

Tabla 6.22

Test de medias entre los tipos de preguntas investigables formuladas en TL1 y TL2

Tipo	Media TL1 (22)	Media TL2 (30)	T	P-Value
Comparación	0.1364	0.3333	-1.62001	0.10523
Causa efecto	0.5000	0.5667	-0.476668	0.633595
Exploratoria	0.0455	0.1000	-0.728567	0.466264
Predicción	0.3182	0	3.3213	0.00089611

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

Algunos ejemplos de los diferentes tipos de preguntas investigables formuladas en TL1 y en TL2 se muestran en la Tabla 6.23.

Tabla 6.23

Tipos de preguntas investigables planteadas en TL1 y en TL2

Tipo de pregunta	Ejemplificaciones
Comparación - selección	“¿Cuál de los tres tipos de suelo contiene más aire?” (P3-TL1)
Comparación - clasificación	“¿En cuáles de los tres líquidos: agua, acetona y alcohol se disuelve la sal?” (P13-TL1)
	Clasificar los siguientes cuerpos de acuerdo a su flotabilidad: clavo, madera, plástico, barco de papel (P25-TL2)
Causa - Efecto	“¿Influye la concentración iónica de una solución en la conductividad eléctrica?” (P23-TL2)
	“¿La conductibilidad eléctrica depende del tipo de enlace químico que presenta la sustancia a prueba?” (P3-TL2)
	“¿Influye el tipo de materia prima en la cantidad de CO ₂ que se produce en la combustión?” (P12-TL2)
	“¿En el movimiento parabólico influirá el ángulo de lanzamiento?” (P14-TL1)
Exploratorias	“¿Influirá la temperatura del agua en la solubilidad del CO ₂ ?” (P15-TL1)
	“¿Qué factores afectan la oxidación de un clavo?” (P11- TL2)
	“¿Qué factores afectan el movimiento de un cuerpo en un plano inclinado?” (P22-TL1)
Predicción	“¿Qué sucederá con la temperatura del aire si se aumenta la concentración de CO ₂ ?” (P33- TL1)
	“¿Qué sucederá con el alcance del proyectil si hacemos más chico el ángulo de tiro?” (P28-TL1)

Tipo de pregunta	Ejemplificaciones
	“¿Qué sucederá con el tiempo que demora en recorrer la misma distancia el carrito si duplicamos la masa del mismo?” (P29-TL1)

6.4.3. Análisis de la redacción preguntas investigables planteadas en TL1 y TL2.

Otro punto importante a considerar es la redacción de la pregunta investigable, este aspecto es relevante en el sentido que permite evaluar si la pregunta está correctamente formulada y permite evidenciar los aspectos más importantes de la investigación a realizar. Para evaluar esta redacción se utilizó la adaptación de la rúbrica propuesta por Graves y Rutherford (2012), tal como se indicó en el capítulo diseño de la investigación.

A partir del análisis de las preguntas investigables planteadas y su redacción se obtiene que en el trabajo libre 2 (TL2) la proporción de profesores que redactaron correctamente las preguntas investigables fue del 73.3% mientras que en el trabajo libre 1 (TL1) el 59.1% de los mismos lo hicieron. A pesar de que hay un aumento de 14.2 puntos porcentuales en la proporción de profesores que en TL2 redactaron correctamente las preguntas investigables, este aumento no es significativo (ver Tabla 6.24), lo que significa que, si bien el número de profesores que hacen preguntas investigables y redactaron bien ha aumentado, no varía la proporción.

A continuación se muestran algunos ejemplos de las preguntas investigables formuladas, en primer lugar se analizará la pregunta formulada por el profesor (P18) que cuando plantea su actividad experimental en TL1 parte de la siguiente pregunta: “¿La altura que alcanzará la pelota después del rebote será mayor o menor de donde se lanzó?” Para abordar el tema de la energía, en este caso la pregunta está bien formulada y es investigable, está bien redactada en términos de variables, lo mismo sucede con la pregunta formulada por el profesor (P22) también propuesta en su actividad experimental presentada en TL1: “¿Qué factores afectan el movimiento de un cuerpo en un plano inclinado?”, la pregunta es de tipo exploratorio y se puede resolver a nivel experimental. De manera similar en TL2, se encuentra que los profesores redactan correctamente la pregunta investigable, por ejemplo el profesor (P16), plantea la siguiente pregunta: “¿Influye la temperatura del agua en la solubilidad del té?”, en la redacción de la pregunta se detalla con claridad cuáles son las variables dependiente e independiente, por ello se considera que la formulación es correcta.

También es importante señalar que aún existen numerosos profesores que no lograron redactar dichas preguntas adecuadamente. Este resultado nos indica que si bien muchos

profesores, a lo largo del curso, aprendieron a formular actividades basadas en preguntas de investigación correctamente formuladas, es decir, expresadas de manera precisa y considerando todos los parámetros necesarios, este aprendizaje es aún una deuda pendiente para algunos profesores del curso. Para ilustrar esto citaremos los siguientes ejemplos: el profesor (P16) en TL1 plantea la siguiente pregunta: “¿Cómo incide en la temperatura del aire, el grado de concentración del dióxido de carbono y del vapor de agua?” En éste caso en la pregunta se consideran dos aspectos que influyen en la temperatura del aire: la concentración del CO₂ y el vapor de agua, debería señalar uno sólo, por ello se considera que el profesor debe reformular la pregunta planteada. De otra parte, la pregunta planteada por el profesor (P14) en TL1: “¿En el movimiento parabólico influirá el ángulo de lanzamiento?” También debe reformularse ya que no indica en qué aspectos del movimiento parabólico: alcance máximo, altura, velocidad, tiempo, etc. influirá el ángulo de lanzamiento. De manera similar en TL2 se encuentra que a algunos profesores les falta afinar la redacción de la pregunta que han formulado, tal es el caso del profesor (P19) quien plantea la siguiente pregunta: “¿Influye el tipo de soluto en la solubilidad del agua?”, esta pregunta debe reestructurarse ya que el soluto sería soluble en el agua.

Tabla 6.24

Test de medias correcta redacción dela pregunta investigable

Criterio	Media TL1 (22)	Media TL2 (30)	T	P-Value
Redacción	0.5909	0.7333	-1.08148	0.279484

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.4.4. Análisis de los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales planteadas por los profesores en TL1 y TL2.

Otro punto a considerar fue comparar las actividades experimentales propuestas tomando en cuenta los niveles de indagación que proponían los profesores, cuando planificaban de manera autónoma las actividades experimentales que llevarían al aula de clase.

En la Figura 6.12 se recogen los resultados obtenidos de los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales planteadas en TL1 y en TL2. En TL1 los profesores plantean el 100% de sus actividades experimentales en el nivel estructurado, en cambio en TL2 los profesores plantean las actividades experimentales en los cuatro niveles de indagación: confirmatorio (10.0%), estructurado (33.3%), guiado (50.0%) y abierto (6.7%).

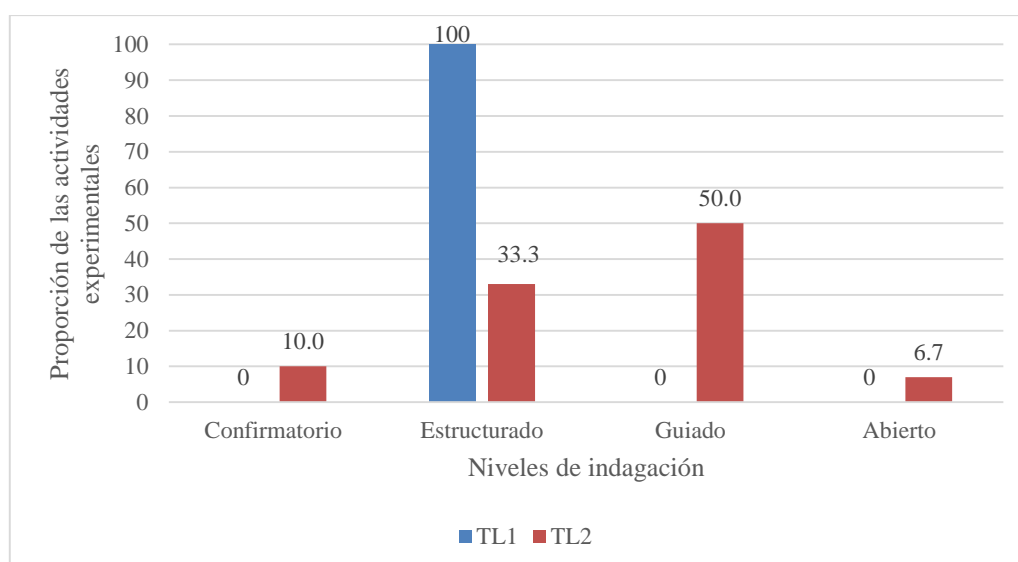


Figura 6.12. Niveles de indagación de las actividades experimentales propuestas por los profesores en TL1 y en TL2.

Aunque las actividades propuestas en las sesiones de formación hayan sido desarrolladas con niveles de indagación mayores al estructurado, se puede observar a partir de los resultados obtenidos que algunos profesores proponen actividades experimentales con niveles de indagación confirmatorio y estructurado, esto puede deberse a que les resulta difícil cuando deben planificar sus actividades experimentales de manera autónoma proponerlas en otros niveles.

A lo largo de la Especialización los profesores aprendieron a plantear actividades experimentales de diferentes niveles de apertura, en este contexto resulta interesante mencionar que ya en TL2 se evidencia una variedad en la proporción de los niveles de indagación, esto puede deberse a que en general hay más profesores que hacen preguntas investigables y por tanto los niveles de las mismas son más heterogéneos. También es necesario comentar que hay una proporción importante de profesores que plantean actividades experimentales con un nivel de indagación mayor al estructurado, esto es significativo ya que habla de que hay un grupo de profesores que están llevando al aula de clase actividades con un mayor nivel de indagación e incluso se encuentra en los resultados que proponen actividades abiertas.

Con el objeto de determinar si las diferencias encontradas son estadísticamente significativas se aplicará en test de medias para cada nivel de indagación propuesto en TL1 y TL2 (ver Tabla 6.25).

Tabla 6.25

Test de medias de los niveles de indagación propuestos en TL1 y TL2

Nivel	Media TL1 (22)	Media TL2 (30)	T	P-Value
Confirmatorio	0	0.1000	-1.52797	0.126519
Estructurado	1	0.3333	4.88214	1.0509E-06
Guiado	0	0.5000	-3.93185	8.4329E-05
Abierto	0	0.0667	-1.23536	0.216694

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

En TL1 los profesores no plantean actividades experimentales en nivel confirmatorio, en cambio en TL2 la proporción de profesores que plantean actividades experimentales en este nivel de indagación es el 10.0%, sin embargo, el aumento de 10 puntos porcentuales no es significativo ($p\text{-value}>0.01$). Este resultado podría considerarse como un retroceso a la situación inicial, por ello se considera importante señalar algunos comentarios de los profesores: “Algunos temas no pueden ser realizados por todos los alumnos a nivel experimental, por falta de material o por ser peligrosos y es mejor hacerlo de manera demostrativa” (P35), de acuerdo a estas razones algunos de los profesores plantean sus actividades en el nivel confirmatorio.

En TL1 la proporción de los profesores que plantean sus actividades experimentales en el nivel estructurado es el 100%, en cambio en TL2 la proporción es del 33.3%, como se puede apreciar en la Tabla 6.25, hay una caída de 66.7 puntos porcentuales lo cual es significativo al 99% ($p\text{-value}<0.01$). Aunque se puede apreciar que ha disminuido la proporción de profesores que llevan a aula de clase actividades experimentales con un nivel de indagación estructurado hay una gran parte de ellos que aún lo hacen, en esta línea se debe tomar en cuenta que los profesores desde sus tiempos escolares hasta en su propia formación docente sólo han conocido esta manera de llevar los experimentos al aula de clase.

En TL1 los profesores no plantean actividades experimentales en el nivel guiado, en cambio en TL2 la proporción de profesores que proponen sus actividades experimentales en este nivel es del 50.0%, de acuerdo con los datos de la Tabla 6.25, el aumento de 50 puntos porcentuales es significativo al 99% ($p\text{-value}<0.01$). Este cambio en la propuesta del nivel de indagación de los profesores puede deberse al hecho de que han tenido modelos a lo largo de las sesiones de formación y estos les han servido para poder planificar sus propias actividades con un nivel de apertura mayor.

En TL1 los profesores no plantean actividades experimentales en el nivel de indagación abierto, en cambio en TL2 la proporción de profesores que plantean actividades en este nivel es del 6.7%, a pesar de haber un aumento de 6.7 puntos porcentuales este no es significativo (ver Tabla 6.25). El hecho de que en TL2 los profesores planifiquen actividades experimentales más abiertas, es un indicativo de que están dejando que los alumnos puedan asumir un rol más autónomo en el diseño de la investigación, desde la planificación del tema a investigar, hasta el diseño del experimento, esto es un cambio muy significativo en la propuesta de los profesores.

6.4.5. Análisis del diseño experimental propuesto por los profesores en TL1 y TL2.

El análisis de las actividades experimentales propuestas por los profesores no se limitó a la propuesta de la actividad, por ello se consideró importante también investigar si dicha actividad al ser llevada al aula de clase estaba bien planificada en función de las habilidades de proceso científico (hipótesis, variables, procedimiento a seguir). En otras palabras, se hizo una revisión de las hipótesis, variables a controlar y procedimiento a seguir que proponían los profesores cuando elaboraban el desarrollo de su actividad experimental.

6.4.5.1. Análisis de la formulación de hipótesis en TL1 y TL2.

En TL1 la proporción de hipótesis correctamente planteadas es de 77.3%. Muchos de los profesores incluyen en sus diseños experimentales las hipótesis, a manera de ejemplo citaremos el caso del profesor (P17), quien plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Afectará la altura a la cual se coloque la rampa en la velocidad de una canica?”, señalando que la hipótesis seleccionada es: a mayor altura de la rampa, más rápido descenderá la canica. También cabe señalar que en TL1 hay una proporción de 22.7% de hipótesis incorrectamente planteadas, como es el caso siguiente: “¿La masa del proyectil influirá en la altura alcanzada?”, cuando plantea la hipótesis el profesor (P20) comenta, “Si el ángulo varía la altura también lo hace”, en este caso la hipótesis planteada no se corresponde a la pregunta investigable.

El análisis de las hipótesis correctamente formuladas en TL2 muestra que la proporción de las mismas es un 70.0%, para ilustrar esto mostraremos el caso del profesor (P11), el cual formula la siguiente pregunta a sus alumnos: “¿Qué factores afectan la oxidación de un clavo?”, planteando como hipótesis la siguiente: “A mayor humedad del ambiente se produce mayor oxidación”. En TL2 se encuentra también el caso de hipótesis

incorrectamente planteadas, como el que ilustramos con la propuesta del profesor (P34), quien formula la siguiente pregunta investigable: “¿Influirá la temperatura en la velocidad de reacción de los productos como el vinagre con el bicarbonato de sodio?”, anotando a continuación como hipótesis: “Si se coloca más vinagre la velocidad aumenta”, la hipótesis planteada no se corresponde a la pregunta investigable formulada.

Como puede observarse a partir de la Tabla 6.26, hay un descenso de 7.3 puntos porcentuales al pasar de TL1 a TL2, los cuales no son significativos ($p\text{-value} > 0.01$).

Tabla 6.26

Test de medias del criterio formulación de hipótesis propuesto en TL1 y TL2

Criterio	Media TL1 (22)	Media TL2 (30)	T	P-Value
Hipótesis	0.7727	0.7000	0.583911	0.559278

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

Los valores así obtenidos nos llevan a pensar que aún hay una tarea pendiente en la formación de los profesores la cual se relaciona con la correcta elaboración de las hipótesis.

6.4.5.2. Análisis del procedimiento a seguir planteados en TL1 y TL2.

En el caso del procedimiento a seguir se les pidió a los profesores que detallen los pasos que seguirían en el desarrollo de la actividad experimental y que lo representen en un esquema. Se consideró que, si el procedimiento a seguir estaba completo y era adecuado a la pregunta investigable propuesta, se asignaría el valor de uno (1), en caso contrario se le asignaría el valor de cero (0).

En TL1 en el 86.4% de las actividades experimentales propuestas por los profesores el procedimiento a seguir está planteado de manera correcta. Como ejemplo de ello, se muestra la propuesta del profesor (P15), quien, trabajando en el tema de solubilidad, aborda uno de los factores que influye en la solubilidad de un gas en líquido: la temperatura. En la actividad les plantea a los alumnos la siguiente pregunta investigable: “¿Influirá la temperatura del agua en la solubilidad del CO_2 ?”. Seguidamente les muestra en la pizarra un dibujo del procedimiento que seguirán. En primer lugar, les dice que usarán varias botellas del mismo tipo de bebida gasificada, luego les explica la manera de obtener distintas temperaturas mezclando agua fría con agua caliente en diferentes proporciones, les dice que deben poner las botellas al mismo tiempo en los recipientes con agua a diferente temperatura. Finalmente les indica que deben abrir todas las botellas al mismo tiempo y colocar en el pico un globo desinflado. Después de un tiempo deben comparar el tamaño de los globos. En este caso se

asignó el valor de uno al procedimiento detallado por el profesor, ya que a través de sus dibujos y explicaciones detalla el procedimiento a seguir de manera completa.

Los resultados obtenidos en TL1 también muestran que hay 13.6% de profesores que aún no plantean correctamente el procedimiento a seguir, a manera de ejemplo mostramos el siguiente caso planteado por el profesor (P29), quien plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Qué sucederá con el tiempo que demora en recorrer la misma distancia el carrito si duplicamos la masa del mismo?”. En el procedimiento a seguir contempla el hecho de cambiar la altura por ello se le asignó el valor de cero, en la pregunta investigable formulada la variable independiente era la masa del carrito, no la altura.

En TL2 el 96.7% de los profesores plantea correctamente el procedimiento a seguir en las actividades experimentales propuestas. Si se compara TL2 con TL1 (ver Tabla 6.27) hay un aumento de 10.3 puntos porcentuales los cuales no son significativos ($p\text{-value}>0.01$).

Estos resultados nos muestran que si bien hay una proporción elevada de profesores que elaboran bien el procedimiento a seguir, aún hay un grupo que no lo hace. Esto es importante a tener en cuenta dado que si los profesores no tienen claridad y precisión en el procedimiento a seguir no pueden ayudar a sus alumnos a realizarlo.

Tabla 6.27

Test de medias del criterio procedimiento propuesto en TL1 y TL2

Criterio	Media TL1 (22)	Media TL2 (30)	T	P-Value
Procedimiento	0.8636	0.9667	-1.37845	0.168063

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.4.5.3. Análisis del control de variables planteadas en TL1 y TL2.

En TL1 en el 81.8% de las actividades planteadas por los profesores las variables están bien planteadas. Para ejemplificar esta categoría se citará el ejemplo del profesor (P3), el cual desarrollando una clase sobre el suelo les plantea a los alumnos el reto de determinar en tres muestras de suelo: arena, arcilla y humus, cuál contendrá más aire. Para lo cual el profesor entrega a cada grupo tres muestras de suelo y les indica el procedimiento que deben seguir. Comentándoles en forma explícita que deben, rotular tres vasos diferentes con 1, 2 y 3, tomar la misma cantidad de muestra, la cantidad de agua que deben agregar que debe ser la misma en los tres vasos y las observaciones a realizar. Además, les indica que deben comparar: “la cantidad de burbujas que se forman en cada vaso (colocando más, menos igual)”.

En TL1 también encontramos que en un 18.2% de las actividades planteadas por los profesores las variables no están bien planteadas. Por ejemplo, en la actividad propuesta por el profesor (P25), quien plantea a sus alumnos la siguiente pregunta investigable: “¿El ángulo de tiro influirá en el alcance máximo del movimiento parabólico?”. Para lo cual los saca al jardín del colegio y con una manguera la cual está conectada al caño de agua, les muestra el procedimiento a seguir para visualizar el movimiento parabólico. En las mediciones que propone que hagan -si bien les indica cómo medir con una cinta métrica el alcance máximo-, no les menciona que deben colocar la manguera a una cierta altura, ni que el caudal del agua debe mantenerse constante en todas las mediciones. En este caso se ha considerado que el profesor debe ser más explícito al momento de detallarles a los alumnos las variables a controlar.

En TL2 se encontró que en un 86.7% de las actividades experimentales planteadas por los profesores las variables estaban bien planteadas. A manera de ejemplo citaremos en caso del profesor (P8) quien trabajando con sus alumnos el tema de la oxidación de los metales, en la solución de su actividad plantea la siguiente hipótesis: “Si un metal se encuentra en contacto con la humedad se oxida más rápido”. Luego plantea el siguiente diseño experimental:

Se pone un clavo en un vaso con agua, otro en un vaso al aire libre y un tercero en un vaso cerrado en el cual se ha colocado un deshumidificador (de los que vienen en algunos productos comerciales). Se debe cuidar que los tres clavos sean iguales, del mismo material y tamaño, también los vasos, esto constituirá la variable de control. Cada día se observarán los clavos sin sacarlos del vaso con una lupa, si es necesario sacarlos del vaso se hará con una pinza para que la humedad de las manos no interfiera. Se ha cambiado la humedad en cada vaso, por ello esta será la variable independiente, se observa cuánto se oxida el clavo, será la dependiente.

De acuerdo con la Tabla 6.28, hay un aumento de 4.9 puntos porcentuales al pasar de TL1 a TL2 lo cual no es significativo ($p\text{-value} > 0.01$). Estos resultados dan cuenta de la importancia que tiene en incidir en la adquisición de habilidades de proceso científico de parte de los profesores, ya que si no son capaces de plantear correctamente las variables en sus diseños experimentales no podrán guiar a sus alumnos a realizarlo.

Tabla 6.28

Test de medias del criterio variables propuesto en TL1 y TL2

Criterio	Media TL1 (22)	Media TL2 (30)	T	P-Value
Variables	0.8182	0.8667	-0.478933	0.631983

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.4.5.4. Análisis global del diseño experimental propuesto en TL1 y TL2.

Se consideró importante analizar aquellos casos en que los profesores planteaban correctamente de manera simultánea las hipótesis, el procedimiento a seguir y las variables. Este análisis resultaba importante realizarlo ya que da cuenta de aquellas actividades experimentales en las que los profesores ponen en juego de manera adecuada las habilidades de proceso científico antes mencionadas y que dan indicios de que la actividad experimental está mejor planificada.

De la Tabla 6.29 se puede observar que en TL1 en el 54.6% de las actividades experimentales propuestas por los profesores el diseño experimental (hipótesis, variables y procedimiento a seguir) es correcto, en TL2 se encuentra que es el 66.7%, a pesar de haber un aumento de 12.1 puntos porcentuales la diferencia no es significativa ($p\text{-value} > 0.01$). Estos resultados nos muestran que aún algunos profesores tienen dificultad para en conjunto aplicar bien el diseño experimental. Cuando se analizan de manera aislada estas habilidades los resultados que se obtienen son más elevados, pero cuando se hace en conjunto disminuyen, esto habla de que la adquisición de las habilidades de proceso científico es independiente una de otra y que esto es un factor a tomar en cuenta en capacitaciones sucesivas.

Tabla 6.29

Test de medias del diseño experimental en TL1 y TL2

Criterio	Media TL1 (22)	Media TL2 (30)	T	P-Value
Diseño experimental	0.5455	0.6667	-0.887553	0.374779

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

6.4.6. Análisis de los patrones que se generan en las actividades experimentales de acuerdo al criterio de mejor actividad experimental desarrollada en TL1 y TL2.

Cuando los profesores llevan al aula de clase las actividades experimentales, es importante la propuesta que hagan, pero también es importante que sepan desarrollarla en

clase. Para tomar en cuenta lo señalado anteriormente, las actividades experimentales propuestas por los profesores fueron analizadas tomando en cuenta los siguientes factores: (a) la formulación de la pregunta investigable y (b) las habilidades de proceso científico que se habían puesto en juego para realizar el diseño experimental.

Para analizar estos aspectos, se elaboró el criterio “mejor actividad desarrollada”, considerando dentro de éste, aquella actividad formulada por el profesor en la cual la pregunta investigable estaba correctamente formulada (que se identificará como C) y además el diseño experimental (formulación de hipótesis, variables y procedimiento a seguir) también era correcto (que se identificará como D).

6.4.6.1. Búsqueda y análisis de patrones.

Tomando como base la Tabla 6.30 se construyó una la tabla de datos que fue introducida en el programa AQUAD-7; con esta tabla se realizó un análisis de implicantes, tomando como criterios: la redacción de la pregunta investigable y la elaboración del diseño experimental. Esto se realizó sólo para las preguntas investigables formuladas.

Tabla 6.30

Formato de la tabla de datos utilizada para la detección de los patrones

Profesor	Datos a partir del desarrollo experimental propuesto	
	Pregunta investigable y diseño experimental	
	Redacción de la Pregunta investigable	Diseño experimental
P1		
P2		
...		

La descripción de los patrones encontrados después de procesar los datos en AQUAD-7 se muestran en la Tabla 6.31. En la lectura de los patrones se deberá tomar en cuenta que las letras mayúsculas indican que tanto la redacción como el diseño experimental es correcto y las minúsculas es incorrecto.

En la Tabla 6.32 se muestra el número de patrones encontrados en TL1 y TL2 pudiendo observar el aumento o disminución en los casos, por ejemplo se observa un aumento en el patrón CD, el cual indica un correcto planteamiento de la pregunta investigable y un correcto diseño del experimento, siendo un buen indicador el aumento de 7 a 18 casos. Cada caso se corresponde a una actividad experimental planteada por un profesor.

Tabla 6.31

Descripción de los patrones encontrados

Patrones	Descripción de los patrones
Patrón CD	Los profesores plantean correctamente la pregunta investigable y elaboran el diseño experimental correcto.
Patrón cD	Los profesores no redactan correctamente la pregunta investigable, pero en cambio elaboran el diseño experimental correctamente.
Patrón cd	Los profesores no redactan correctamente la pregunta investigable ni el diseño experimental.
Patrón Cd	Los profesores plantean correctamente la pregunta investigable pero no así el diseño experimental.

Tabla 6.32

Número de casos en TL1 y TL2 de acuerdo a los patrones

Patrón	TL1	TL2
CD	7	18
cD	5	2
cd	4	6
Cd	6	4
Total	22	30

6.4.6.2. Análisis comparativo de los casos que presentan un patrón CD en TL1 y en TL2.

Cuando se compara el número de casos que tienen patrón CD en TL1 con el número de casos que lo presentan en TL2, se puede apreciar que hay un aumento de 11 casos en TL2 con respecto a TL1. Se podría indicar que un mayor número de profesores en TL2 han diseñado mayor número de actividades experimentales que a su vez tiene como características las descritas en el criterio “mejor actividad desarrollada”, es decir que presentan el patrón CD. En la Figura 6.13 se presenta a manera gráfica los casos con patrón CD en ambos trabajos.

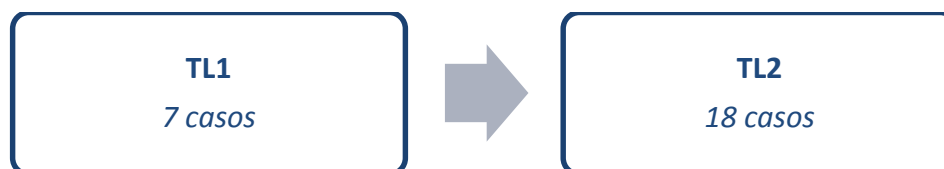


Figura 6.13. Comparación entre los casos con patrón CD en TL1 y en TL2.

En TL1 al desarrollar la actividad experimental una menor proporción de profesores (31.8%) muestra un patrón CD, por el contrario en TL2 un 60.0% lo muestra (ver Tabla

6.33). Mediante un test de medias se comparan los resultados obtenidos en TL1 y TL2, comprobando que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de TL1 y TL2. Por lo tanto, se puede afirmar que el aumento de 28.2 puntos porcentuales es significativo al 95% ($p\text{-value}<0.01$), es decir que una mayor proporción de profesores en TL2 han aplicado las habilidades correctamente.

Tabla 6.33

Número de profesores distribuidos de acuerdo al patrón CD de las habilidades encontradas en TL1 y TL2

Ítem	TL1	TL2
Informes con Actividad Experimental	22	30
Profesores con Patrón CD	7	18
Profesores con Patrón CD (%)	31.8%	60.0%

En segundo lugar, se compara el número de casos que tienen un patrón CD tanto en TL1 como en TL2, pero centrando el análisis en el nivel de indagación de la actividad propuesta. La distribución del número de casos mostrada en la Tabla 6.34.

Tabla 6.34

Distribución del número de casos con un patrón CD en TL1 y en TL2

Caso	CD (TL1)	CD (TL2)
Confirmatorio	0	2
Estructurado	7	6
Guiado	0	9
Abierto	0	1
Total de casos	7	18

De la Tabla 6.35 se puede deducir que hay un aumento de la proporción de casos en los cuales los profesores teniendo un patrón CD plantean actividades en el nivel confirmatorio, encontrándose que en TL1 no plantean y en TL2 un 11.1% de los que tienen el patrón CD lo hacen, este aumento de 11.1 puntos porcentuales no es significativo ($p\text{-value}>0.01$). Este resultado da indicios de que algunos profesores que redactando bien la pregunta investigable y elaborando correctamente el diseño experimental aún no proponen actividades experimentales con un nivel de apertura mayor.

En el caso del nivel estructurado, se observa que, aunque el número de profesores que tienen un patrón CD aumenta al pasar de TL1 a TL2, la proporción de profesores que plantea actividades en este nivel disminuye, en TL1 (100%) y en TL2 (33.3%), la disminución de 66.7 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$). Los resultados obtenidos muestran que ha habido un cambio en la forma de llevar las actividades experimentales al

aula de clase y los profesores después del segundo semestre académico plantean en menor proporción actividades experimentales en el nivel estructurado.

En el nivel guiado juntamente con un aumento del número de profesores que tienen un patrón CD, hay también un aumento de la proporción de profesores que plantean actividades en este nivel de indagación, hay un aumento de 50 puntos porcentuales lo cual es significativo al 95% ($p\text{-value}<0.05$). Esto nos lleva a pensar que los profesores han planteado bien su pregunta investigable y su diseño experimental y a su vez plantean su actividad experimental en un nivel guiado, lo cual puede dar indicios de que están mejor preparados para ayudar a sus alumnos en sus propios diseños experimentales.

En el caso del nivel de indagación abierto hay un aumento de 5 puntos porcentuales en la proporción de profesores que plantean actividades en este nivel, a pesar de que este aumento es interesante desde el aspecto de que los profesores en TL2 comienzan a proponer actividades abiertas lo cual no había sido hecho en TL1, no es estadísticamente significativo ($p\text{-value}>0.01$). Algunos profesores comienzan a plantearse como opción que los alumnos planteen sus propias preguntas de investigación, los ejemplos que se han encontrado formulados en este nivel de indagación han sido estructurados dentro de un tema específico. A manera de ejemplo mostramos la actividad presentada por el profesor (P8) quien desarrolla en clase el tema: la oxidación de los metales. Para iniciar la actividad experimental focaliza la atención de los alumnos a través de una narración y luego les pide que planteen una pregunta investigable y posteriormente el diseño experimental para resolver la pregunta.

Martín al caminar de casa hasta su Institución Educativa observa varios tipos de metales, los recoge y observa que unos tienen un aspecto rojizo-pardo, y otros tiene cierto brillo. A continuación, les solicita que planteen una pregunta investigable que guarde relación con lo que ha observado Martín.

Cuando se les preguntó a los profesores si dejarían que los alumnos elijan por sí solos el tema a investigar, respondieron que no lo veían conveniente porque pensaban que no podrían atender a todos los grupos con preguntas y diseños diferentes. El hecho de acotar a un tema, que además estaba dentro del curso y ya había sido pensado por ellos les daba seguridad para llevarlo a su clase de esta manera.

Tabla 6.35

Test de medias entre las proporciones de profesores en TL1 y TL2 que presentan el patrón CD de acuerdo a los niveles de indagación

Nivel	Media CD - TL 1 (7)	Media CD - TL 2 (18)	T	P-Value
Confirmatorio	0	0.111	-0.918962	0.358114
Estructurado	1	0.3333	2.99587	0.00273679
Guiado	0	0.5	-2.33854	0.0193594
Abierto	0	0.05	-0.602553	0.546803

Nota: Para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01, al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

Capítulo VII

Discusión de resultados-
Conclusiones- Implicaciones

7.1. Introducción

En este capítulo se discuten los resultados y se presentan las conclusiones e implicaciones de toda la tesis. Para ello, se ha organizado el discurso en tres partes correspondiéndose con las fases trabajadas en la tesis: fase diagnóstica, fase proceso y fase trabajos autónomos.

7.2. Fase diagnóstica

7.2.1. Discusión de resultados.

Los resultados obtenidos, se discutirán en cuatro aspectos: las representaciones de los docentes acerca del significado de lo que es el modelo didáctico por indagación, así como el tipo de actividades experimentales que manifestaban realizar antes de la Especialización, las habilidades de proceso científico que promueven que adquieran los alumnos en las actividades experimentales que planteaban los profesores y los niveles de indagación de las actividades propuestas.

En cuanto a la interpretación de lo que es indagación o lo que significa llevarla al aula de clase, se ha podido observar que los profesores no tienen claridad en lo que el modelo didáctico requiere. Una de las razones de ello reside en que el término indagación es muy utilizado en la vida cotidiana y se asocia a formularse preguntas, tal como se plantea en la propuesta del Ministerio Peruano. Adicionalmente, se ha encontrado que el término indagación o *inquiry* (en inglés) –en la literatura educativa y en los lineamientos educativos de los países para la enseñanza de las ciencias– se le da diferentes interpretaciones (Abd El-Khalick et al., 2004; Anderson, 2002; Barrow, 2006; Newman et al., 2004; NRC, 2000) y esto constituye una dificultad para implementar la indagación en el aula de clase. Los profesores conciben la indagación, como un proceso en que el estudiante debe responder a una serie de preguntas, como un proceso en que los alumnos deben observar un fenómeno y explicar lo que sucede. En esta línea, Ozel y Luft (2013) comentan que los profesores frecuentemente no llevan a cabo actividades de indagación propiamente dichas, debido a las concepciones que tienen acerca de la indagación, las cuales, además, determinan el tipo y la cantidad de actividades de indagación que se llevan al aula de clase (Lotter et al., 2007).

En relación al tipo de actividades que llevaban al aula de clase, en los resultados obtenidos al clasificar las actividades propuestas por los profesores de acuerdo a Caamaño (2011), se encontró que los profesores proponían en mayor proporción actividades experimentales que les servían para ilustrar la teoría, a continuación las actividades interpretativas, luego las perceptivas y en menor proporción los ejercicios prácticos para aprender destrezas. Los

resultados muestran que no utilizaban investigaciones en su aula de clase que sirvieran para construir nuevo conocimiento, lo cual coincide con lo que encuentra en su investigación Wells (1995).

Esta manera de llevar las actividades experimentales al aula de clase también es parecida a la que señalan diversos autores como Näslund-Hadley, Norsworthy y Thompson (2010), Valverde y Näslund-Hadley (2010), Beuermann, Naslund-Hadley, Ruprah, Thompson (2013), quienes focalizando su investigación en las escuelas de Latinoamérica encuentran que las clases de ciencias naturales se caracterizan por la reproducción mecánica de los conceptos, dejando de lado los modos de pensamiento característicos de la ciencia y el modo en que dichos conocimientos fueron construidos (Furman & De Podestá, 2009; Valverde & Näslund-Hadley, 2010). Los resultados muestran que los profesores antes de comenzar la Especialización llevaban al aula de clase actividades experimentales que estaban orientadas como un medio de verificación de lo aprendido en la clase.

En cuanto a las habilidades de proceso científico que los profesores decían promover en sus clases antes de la Especialización, los resultados obtenidos son similares a los encontrados en las investigaciones realizadas en otros países (Ahmed & Siddiquee, 2013; Akinbobola & Afolabi, 2010; Ongowo & Indoshi, 2013; Rauf et al., 2013) en las que se promovían más las habilidades básicas como: observar, anotar los resultados, describir, que las integradas como: identificar y controlar las variables, experimentar, formular hipótesis, interpretar los datos en las actividades experimentales que se llevaban a la escuela.

Asimismo, en el análisis realizado se encontró que una de las habilidades que más promovían los profesores en las actividades experimentales era la observación, este resultado es similar al encontrado por Aziz y Zain (2010) López y Guerra (2013). En cuanto a la manera de realizar las observaciones, no se aprecia en las actividades propuestas que se genere un espacio para que los alumnos se hagan preguntas o que interpreten lo que observan en experimentos diseñados para responder una pregunta y discutan sus resultados, lo cual es necesario para que el proceso de aprendizaje de las habilidades científicas se produzca (Sanmartí, 2002). El análisis realizado mostró que no se les pedía a los alumnos que formularan preguntas investigables, ni se planteaba que ellos elaboraran el diseño experimental, tampoco se trabajaba con los alumnos el manejo de variables o que plantearan sus propias investigaciones, estos hallazgos son semejantes a los de Aslan (2015).

Los niveles de indagación focalizados en los niveles confirmatorio y estructurado que los profesores proponían en sus actividades experimentales antes de comenzar la

Especialización son similares a los encontrados por Tobin, Tippins y Gallard (1994); Figueiroa (2003); Mordeglia et al. (2006); Fay et al. (2007); Buck et al. (2008); Chabalengula y Mumba (2012); Kim y Liu (2012); Crisafulli y Villalba (2013); Fernández (2014); y Aldahmash et al. (2016).

De otra parte, se ha encontrado que para la elaboración de las actividades experimentales muchos de los profesores se guiaban de los modelos propuestos en la OTP del año 2010, en la cual se daban mostraban actividades con un nivel de indagación estructurado y se promovían en su mayoría habilidades de proceso científico básicas.

7.2.2. Conclusiones e implicaciones.

El análisis de las actividades propuestas por los profesores al comienzo de la Especialización nos muestra que las mismas están focalizadas en el nivel confirmatorio y estructurado, no promueven habilidades de proceso científico integradas tales como. Identificar y controlar las variables, formular hipótesis, interpretar los datos. Adicionalmente, los profesores no tienen suficiente claridad en cómo llevar el modelo didáctico de enseñanza por indagación al aula de clase, ya que en muchos casos promueven actividades de observación de fenómenos difíciles de explicar sin apelar a conocimientos previos o fuentes externas (como en el ejemplo de la atracción electrostática), y proponen que los alumnos los expliquen de la observación directa.

Dado que al inicio de la Especialización los profesores no tenían claridad en lo que el modelo didáctico de enseñanza de las ciencias por indagación implicaba (en realidad tenían claridad, pero su claridad era incorrecta), se considera que debe ser primordial contar con lineamientos más precisos de las características de este enfoque y de cómo llevar la indagación al aula de clase. A partir de estas consideraciones se plantea que los profesores cuenten con oportunidades a lo largo de la Especialización de comprender qué es la indagación y cómo se lleva al aula, como señalan (Godoy, Segarra, & Di Mauro, 2014). Esta recomendación vale tanto para la Especialización y otros posgrados para docentes, así como para la formación docente inicial y para los materiales curriculares orientadores para docentes que elaboren tanto organismos estatales (como el Ministerio de Educación) o privados (como editoriales, etc.).

Otro de los puntos a considerar es que es necesario que los profesores planteen en el aula de clase, con sus alumnos, actividades experimentales cada vez más abiertas, que vayan más allá de protocolos completamente estructurados, y en este contexto es importante tomar en

cuenta las opiniones de los estudiantes como lo que señala Álvarez (2007) “los estudiantes manifiestan que desearían trabajos prácticos más desafiantes en el que se pongan en juego sus propias ideas y deban resolver situaciones problemáticas usando estrategias de investigación, con más o menos orientación del profesor” (p. 7). Dado que los profesores no cuentan con un modelo a seguir antes de la Especialización, se ve oportuno considerar que durante el desarrollo de la misma se les brinde oportunidades para hacerlo, con modelos de sesiones de clase donde los profesores puedan vivenciar la aplicación del modelo didáctico –en actividades experimentales con niveles de indagación diferentes–, de esta manera podrán contar con modelos a seguir y replicar en sus aulas de clase. Esto mismo se aplica al diseño de otros programas de formación docente, tanto inicial como continua.

Las habilidades de proceso científico son un punto importante a trabajar con los profesores, se ha identificado que en sus actividades están promoviendo sólo habilidades de proceso científico básicas, será necesario que en las sesiones de formación se plantee cómo promover en los alumnos las habilidades de proceso científico integradas. Nuevamente, esta recomendación también es válida para el diseño de otros programas de formación docente, además del que se describe en este estudio.

7.3. Fase Proceso

7.3.1. Discusión de resultados.

La discusión de resultados de la fase proceso estará focalizada en tres aspectos: la formulación de las preguntas investigables, el nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas por los profesores y las habilidades de proceso científico que ponen en juego los profesores cuando resuelven las actividades experimentales que proponen.

7.3.1.1. La formulación de las preguntas investigables.

La discusión de los resultados de la formulación de las preguntas investigables se ha considerado importante dividirla en dos partes, una primera en la que se comentarán los resultados relacionados con la definición y dificultades asociadas a la propia formulación y la segunda relativa a los aspectos de la Especialización que aportaron en la formulación de las preguntas investigables.

Para comenzar la discusión de la primera parte, se debe anotar que los datos recogidos muestran que los profesores que participaron en la Especialización llevaban años planteando

los experimentos en las clases de ciencias a través de objetivos o títulos, el hecho de partir de una pregunta investigable les supone un cambio que les cuesta afrontar. En esta línea, algunos profesores manifestaron que les resultaba difícil plantear una pregunta investigable, dado que habían estado acostumbrados a utilizar guías propuestas por los libros de texto o extraídas de internet. Esto también se encuentra en otras investigaciones que señalan que durante muchos años (y aún hoy en día) los libros de texto proporcionan una fuente privilegiada de consulta para los profesores (Calvo & Martín, 2005), donde las actividades experimentales se plantean como un guion completamente prescripto a seguir (Mordeglia et al., 2006). Otro aspecto que se debe tomar en cuenta que estas guías parten de un título o de un objetivo, pero no de una pregunta de investigación y raramente los profesores han tenido oportunidad de elaborar preguntas investigables (Melear et al., 2000; Mugaloglu & Saribas, 2010), esta falta de práctica en la elaboración de preguntas investigables puede ser una razón de la dificultad manifestada por los profesores. Adicionalmente muchos de los profesores no han tenido oportunidad de hacer investigaciones a lo largo de su experiencia profesional, lo cual les limita en el momento de plantear la pregunta investigable. Asimismo, algunos autores encuentran que los profesores que tienen mayores dificultades para implementar la indagación en el aula de clase (Roth, McGinn, & Bowen, 1998; Windschitl, 2002) son aquellos que no han participado en investigaciones durante su período de formación (Shedletzky & Zion, 2005).

En la segunda parte relativa a los aspectos de la Especialización que aportaron en la formulación de las preguntas investigables, se van a considerar tres situaciones, la carga conceptual involucrada en la sesión de formación, la disponibilidad de material y la discusión grupal.

A lo largo de la Especialización se impartieron sesiones de clase de distinta carga conceptual, lo cual permitió evaluar las ventajas y desventajas de esta manera de llevar las sesiones con respecto a la elaboración de preguntas investigables.

A continuación, se revisarán las actividades experimentales de baja carga conceptual y su efecto en la formación de los profesores en el modelo didáctico: en primer lugar, este tipo de actividades propiciaron que los profesores identifiquen y construyan problemas a partir de hechos y fenómenos de la vida cotidiana tal como propone Cortés y De la Gándara (2007). En segundo lugar, este tipo de actividades permitió focalizar la sesión de clase en temas como diseño experimental, control de variables, análisis de gráficos, conclusiones, tal como lo describen Brendzel (2005) y Joseph (2011). En tercer lugar, al ser temas sencillos y

conocidos por los profesores el proceso de elaborar preguntas investigables fue más fácil y espontáneo. Si bien las sesiones de formación impartidas con baja carga conceptual, pueden servir para introducir a los profesores en la elaboración de preguntas investigables, como menciona Alfke (1974) en su investigación citado por Allison y Shrigley (1986), los resultados de la presente investigación muestran que no pueden ser los únicos modelos a utilizar, se debe tener presente que podrían limitar el aprendizaje de los profesores y quedarse con la idea de que no es necesaria una articulación con el contenido conceptual. En la investigación realizada plantear actividades de formación con baja carga conceptual permitió que los profesores practicaran en la elaboración de preguntas investigables, pero también se tuvo el cuidado de proporcionarles información teórica que sustentara sus diseños experimentales y que complementara los resultados de la experimentación. Estas consideraciones deben ser tomadas en cuenta, dado que se trata de hacer ciencia en la escuela y cualquier investigación que se lleve al aula de clase debe estar asociada a unos conceptos científicos, leyes modelos como señalan Windschitl et al. (2008) y Couso (2014). Los profesores deben tomar en cuenta como señalan (Arslan, Bekiroğlu, Süzük, & Gürel, 2014; Tatar, Korkmaz, & Ören, 2007) que uno de los objetivos de una actividad experimental es que los alumnos aprendan cómo los científicos llevan a cabo sus investigaciones, además la actividad debe proporcionar oportunidades para que los alumnos mejoren su razonamiento científico.

En segundo lugar, se analizarán las implicancias de llevar a cabo sesiones de formación con alta carga conceptual. Cuando se propongan temas para trabajar con los profesores y que a partir de ellos los profesores planteen preguntas investigables es importante considerar que los profesores cuenten con un dominio del contenido conceptual. Los resultados obtenidos muestran que contar con un conocimiento conceptual del fenómeno a estudiar les permite a los profesores no sólo elaborar una mayor cantidad de preguntas, también agrega el hecho de que las preguntas que formulen sean relevantes como señala Hofstein y Lunetta (2004), la importancia del dominio del contenido conceptual también es reconocido en la investigación realizada por Blanchard et al. (2008). La formulación de preguntas relevantes resulta importante ya que se debe incorporar la dimensión teórica de la construcción del conocimiento científico (Windschitl, 2006) en las investigaciones que realicen los alumnos. En esta línea, Hodson (1994) comenta que un estudiante que carezca de la comprensión teórica apropiada no sabrá dónde o cómo mirar para efectuar las observaciones adecuadas a la tarea en cuestión, o no sabrá cómo interpretar lo que vea, esto también puede trasladarse

al planteamiento de las preguntas investigables, los resultados de esta investigación coinciden en este aspecto con lo propuesto por Hodson, el planteamiento de una buena pregunta investigable va acompañada de la comprensión teórica del fenómeno, de otra manera es difícil que los profesores comiencen a plantear preguntas investigables aun contando con el material apropiado. En las sesiones impartidas en la Especialización que se caracterizaron por una carga conceptual alta, se tuvo especial cuidado de impartir el contenido conceptual de manera previa o durante la sesión de clase, ello facilitó la comprensión del fenómeno en estudio y la elaboración de preguntas investigables relacionadas con los contenidos conceptuales involucrados.

Respecto a la disposición de materiales para explorar el fenómeno en estudio, los resultados obtenidos también dan indicios de que disponer de material adecuado para comprobar hipótesis y controlar variables, ayudó a los profesores a reformular las preguntas que iban planteando. Estos resultados concuerdan con los de Manzo y Leganza (1975) que llegaron a la conclusión de que la manipulación de material durante la actividad influye en el tipo de preguntas que se plantean los estudiantes. De otra parte, Froschauer (2010) añade a la manipulación de materiales otro factor, el tiempo que dedican los alumnos a trabajar con ellos, comentando que si se da más tiempo la cantidad y calidad de preguntas formuladas mejora. Hodson (1994) agrega que los estudiantes necesitan experimentar directamente y manejar los objetos y organismos para así desarrollar un bagaje de experiencia personal. Muchos de los profesores participantes en la Especialización no habían tenido la oportunidad de interactuar con materiales e instrumentos en su formación inicial y, por ello, muchas de las situaciones planteadas durante la Especialización constituían un primer contacto con el fenómeno objeto de estudio. Casi en su totalidad, los profesores explicitan esta falta de experiencia al señalar que en su formación inicial no hicieron experimentos, como se muestra en el comentario de uno de los profesores “cuando yo estudiaba para ser profesor no me hicieron experimentos, sólo nos dedicamos a estudiar la teoría” (P13). Hodson (1994) señala que los estudiantes pueden aprender más acerca de la relación entre la observación, el experimento y la teoría si tienen el tiempo suficiente para la reflexión. Trasladando esto a la construcción de preguntas investigables, si se dispone de mayor tiempo para interactuar con el fenómeno se puede reflexionar en la relación con los contenidos conceptuales involucrados para redactar de manera más relevante la pregunta a investigar.

Una de las limitaciones que señalaban los profesores al inicio de la Especialización era la dificultad de plantear preguntas investigables dado que no disponían de material adecuado

para probarlas. A lo largo de la Especialización los profesores fueron utilizando distintos materiales para trabajar los diseños experimentales y dar respuesta a las preguntas planteadas. Esto les dio una nueva perspectiva acerca de la posibilidad de hacer investigaciones en el aula de clase con material de bajo costo, lo cual es similar a los resultados obtenidos son similares a los encontrados por Lustick (2009) y Kang et al. (2013).

Respecto a la discusión de las actividades de los profesores con sus compañeros, los resultados encontrados muestran que la discusión con sus compañeros de grupo y la exposición de las preguntas investigables y de los diseños experimentales fue un aspecto que contribuyó en mejorar la formulación de las preguntas investigables. Este resultado es similar al encontrado por Lotter et al. (2007); Blanchard et al. (2008) y Kazempour (2009). La discusión en grupo les permitió a los profesores tener una perspectiva diferente de cómo llevar las investigaciones al aula de clase lo cual es similar a lo encontrado por Warren y Ogonowski (1998). Asimismo la formación de pequeñas comunidades de aprendizaje formadas por profesores y expertos en donde se discuten las actividades a realizar es un aspecto que Jeanpierre et al. (2005) consideran importante en un curso de formación de profesores.

7.3.1.2. El nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas por los profesores.

En esta sección se discutirán los resultados obtenidos relacionados con el nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas por los profesores a lo largo de los dos semestres académicos. Para tener una mayor perspectiva de cómo varió el nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas a lo largo de la Especialización, se consideró oportuno incluir en esta parte también los resultados obtenidos en la fase diagnóstica.

Antes de comenzar la Especialización (Fase diagnóstica), los profesores planteaban actividades experimentales correspondientes a los dos primeros niveles de indagación. La mayoría de las actividades descritas por los profesores corresponden a un nivel confirmatorio y estructurado. Ningún profesor planteó en esta instancia actividades experimentales del tipo investigación guiada ni investigación abierta.

Los resultados encontrados nos muestran que las actividades experimentales que se llevaban al aula antes de la Especialización se planteaban como demostraciones ilustrativas de la teoría o proporcionando guías a los alumnos, lo que coincide con lo descrito por

Valverde, Jiménez y Viza (2006), quienes muestran que estos tipos de actividades experimentales son las más utilizadas por los profesores.

En el primer semestre académico todas las actividades experimentales propuestas por los profesores estuvieron en el nivel estructurado, a pesar de haber participado en sesiones de clase propuestas en un nivel de indagación guiado. Estos resultados guardan relación con lo que comentan Joyce y Showers (1980), según dichos autores el dominio de esas nuevas estrategias de enseñanza no se da de manera rápida en los profesores, dado que el cambio en las mismas es muy significativo y de otra parte algunos profesores prefieren continuar con un modelo de enseñanza en que el conocimiento se trasmite del profesor al alumno (Hofstein & Lunetta, 2004).

De otra parte, algunos autores como Perales (2006), señalan que el libro de texto es el principal recurso que utilizan los profesores para preparar sus sesiones de clase en ciencias, en el caso del Perú contexto del presente estudio esta realidad es muy similar. Muchos autores han hecho investigaciones acerca del libro de texto desde diferentes aspectos: cómo se introducen los contenidos científicos (Solaz, 2009) y las actividades experimentales que se llevan al aula de clase (Guerra & López, 2011). En esta última línea, señalamos el aporte de Doosti (2015):

El maestro enseña a través de estos libros de texto, que incluye experimentos de laboratorio que se deben aplicar después de la enseñanza de la parte teórica. También hay algunas guías disponibles para estos experimentos de laboratorio para los profesores. Algunos experimentos de laboratorio que se mencionan en los libros de texto de biología son: Prueba para identificar la glucosa en la sangre; la identificación de anillos de flores y dibujar el diagrama de la flor; la identificación de almidón mediante el uso de yodo etc. (p.1)

En el comentario de Doosti, se puede recoger que los libros de texto son utilizados por los profesores para preparar sus sesiones de clase, a su vez hace notar que los experimentos que se muestran en su mayoría están planteados en el nivel confirmatorio y estructurado. La influencia de los tipos de actividades propuestas en los libros de texto y en los documentos de trabajo del Ministerio de Educación del Perú, podría originar que los profesores consideren estos niveles de indagación como modelos en las actividades experimentales que proponen a lo largo de la Especialización. Los profesores también reconocen que antes de la Especialización sólo habían conocido esta manera de llevar los experimentos al aula de clase lo cual también lo recoge en su investigación (Shedletzky & Zion, 2005).

Por ende, estos resultados del primer semestre académico nos llevan a pensar que para que un profesor en ejercicio aprenda a plantear una actividad experimental con un nivel de indagación diferente al estructurado, no resulta suficiente un semestre de capacitación con las características descritas para este programa. Esto podría responder en gran medida a que aprender a planificar actividades experimentales de mayores niveles de apertura implica un cambio profundo en la forma de realizar actividades experimentales en el aula, muchas veces tan arraigada en la práctica del profesor incluso desde sus propias trayectorias escolares. Diversas investigaciones muestran que muchos de los profesores enseñan como a ellos les enseñaron es decir con actividades experimentales en nivel confirmatorio y estructurado (Davis, 2003; Gieryn, 1999; Windschitl, 2006).

Durante el segundo semestre académico del programa de Especialización se da un cambio en los niveles de apertura en las actividades propuestas por los profesores. Los resultados muestran que los profesores mejoran su capacidad para plantear actividades experimentales, ya que en su mayoría las actividades fueron de indagación guiada, sin embargo, se presentaron algunos casos en que los profesores que bajaron a un nivel confirmatorio en sus propuestas y otros que aún se mantuvieron en el nivel estructurado. Es importante precisar que aún no hay ejemplos de actividades experimentales con un nivel de indagación abierta.

Estos resultados nos dan indicios de que, luego de participar de una serie de actividades de indagación guiada y abierta, en las cuales los profesores van adquiriendo práctica en la formulación de las preguntas investigables y en la elaboración de los diseños experimentales, les permite tener una comprensión más clara de lo que significa llevar la ciencia a la escuela lo cual es similar a lo encontrado por Shapiro (1996), de esta manera los profesores van avanzando en la capacidad de planificar actividades más abiertas para su propia aula de clase. Asimismo, los profesores empiezan a poner en práctica su habilidad para motivar a los alumnos para plantearse las preguntas que les guiarán en sus investigaciones (Chin & Chia, 2004), esto no se daba antes de la Especialización. Esto también supone un reto para los profesores que se convierten en co-investigadores con los alumnos (McNeal & D'Avanzo, 1997) y de mentores de los alumnos para que sean capaces de realizar sus propias investigaciones sin necesidad de seguir protocolos estructurados (Windschitl, 2006).

De los comentarios recogidos cuando los profesores comienzan a aplicar las actividades experimentales más abiertas en el aula de clase, se puede extraer que van evidenciando progresos en sus alumnos en cuanto a la adquisición de habilidades de proceso científico. Visualizar estos logros en sus alumnos les sirve como motivación para continuar

implementando este nivel de indagación en las actividades experimentales que proponen en el aula de clase, dándoles pruebas de la factibilidad de implementar propuestas más abiertas y desafiantes con sus propios estudiantes en su contexto real de trabajo. Se considera que este factor fue fundamental en los cambios observados en las planificaciones de los docentes, en tanto les dio a los profesores una “prueba de lo posible” (Cochran-Smith, 2004) que les ofreció, además, evidencias de los posibles efectos positivos en los aprendizajes y participación de los alumnos en las clases de ciencias.

7.3.1.3. *Habilidades de proceso científico.*

A lo largo de la Especialización uno de los aspectos desarrollados fue la formación de las habilidades de proceso científico de los profesores, ya que diversos autores consideran que son necesarias para que los profesores puedan implementar el modelo didáctico de enseñanza de las ciencias en el aula de clase (Anderson, 2002; Minstrell & Van Zee, 2000), por lo que deben adquirirlas antes de plantearse llevarlas al aula de clase (Aka et al., 2010; Blanchard et al., 2008).

A continuación se expondrán los resultados obtenidos durante la Especialización en tres aspectos: la elaboración de hipótesis, el planteamiento del proceso a seguir y el manejo de variables.

Respecto de la elaboración de hipótesis, los resultados muestran que, si bien ha habido una mejora al pasar de un semestre académico a otro, algunos profesores aún tienen dificultades para plantear las hipótesis, estas dificultades también han sido encontradas por diversos autores en sus investigaciones (Aktaş & Ceylan, 2016; Aydoğdu, 2015; Chabalengula et al., 2012; Karamustafaoğlu, 2011; Phang & Tahir, 2012).

En cuanto al procedimiento a seguir, desde el primer semestre académico una gran cantidad de profesores lo propusieron correctamente y en el segundo semestre esto se mantuvo. Quizás el hecho de haber enseñado por muchos años con guías estructuradas propuestas en los libros de texto (Fernández, 2014) les permite tener experiencia en la elaboración del procedimiento a seguir y lo aprendido en la Especialización contribuyó en la adquisición de esta habilidad.

En cuanto al control de variables, los resultados nos muestran que algunos profesores después de la Especialización tienen dificultades para determinar las variables que intervienen, lo cual se relaciona con lo encontrado por Aydoğdu (2015). Se ha encontrado en la presente investigación que algunos de los profesores tienden a confundir entre los tipos

de variables (dependiente, independiente y de control), lo cual también ha sido identificado en la investigación de Ateş (2005).

A manera de síntesis a partir de los resultados obtenidos se puede anotar que en el desarrollo de un plan de formación se debe tomar en cuenta, como señalan diversos autores (Chabalengula et al., 2012; Emereole, 2009; Lacin-Simsek, 2010; Mutisya, S. Rotich, & P. Rotich, 2013), que muchas veces los profesores no comprenden las habilidades de proceso científico o no cuentan con el suficiente fundamento teórico para comprender las implicancias de las mismas (Karsli, Şahin, & Ayas, 2009), por ello es importante contar con espacios para formar a los profesores en habilidades de proceso científico.

7.3.2. Conclusiones e implicaciones.

Las conclusiones e implicaciones se estructurarán en tres puntos: la formulación de las preguntas investigables, comprensión de lo que representa llevar la indagación al aula de clase y las habilidades de proceso científico.

En primer lugar, se debe plantear el tema relativo a la formulación de las preguntas investigables, generalmente los profesores no están familiarizados con el término pregunta investigable y por contexto deducen que es una pregunta que debe resolverse a través de una investigación. En esta línea la investigación puede asociarse a la búsqueda de información, lo cual limita el ámbito de aplicación de lo que es una pregunta investigable. Por ello es importante contar con una definición clara y con ejemplos que sirvan de modelos para que los profesores comprendan el alcance de lo que representa una pregunta investigable. Este punto es importante a tomar en cuenta tanto en programas de formación como en los lineamientos impartidos para la enseñanza de las ciencias.

Otro aspecto a considerar es proporcionar situaciones contextualizadas a través de las cuales los profesores puedan plantear una serie de preguntas investigables, para luego con ayuda del docente tutor o formador seleccionar aquellas que son investigables y cuáles no. Las situaciones contextualizadas pueden ser textos, videos o partir de materiales concretos que ayuden a comprender el fenómeno que se está planteando.

La investigación realizada muestra que en esta línea proporcionar a los profesores modelos de sesiones de clase en las cuales se evidencie que la pregunta formulada contribuye al proceso de construcción de conocimiento es una buena alternativa, ya que esto favorecerá que los profesores planteen preguntas similares. En cambio, mostrar ejemplos de sesiones en las cuales la pregunta investigable está orientada sólo a resolver un problema de tipo

práctico o cotidiano puede originar una comprensión distorsionada de lo que significa enseñar ciencias como construcción del conocimiento. Para contrarrestar esto, deberían ir acompañadas de un proceso de selección de preguntas y material adicional que complementen la comprensión del fenómeno en estudio.

Empezar sesiones de capacitación en el cual se les pida a los profesores plantear preguntas investigables y no cuenten con el dominio del contenido teórico, origina que planteen pocas preguntas o que las preguntas no sean relevantes con el contenido teórico. Es por ello que se sugiere comenzar en forma gradual empezando por contenidos más sencillos hasta conocidos por los profesores para luego abordar contenidos más complejos o que requieran una formación más compleja del profesor.

Posteriormente sería bueno trabajar con los profesores en la selección de las preguntas investigables que sean relevantes al tema en estudio, descartando aquellas que no generarán articulación con los contenidos conceptuales involucrados. Una estrategia que ayudó en este proceso de formular preguntas investigables fue promover que los profesores planteen en grupo preguntas investigables y acompañarlos en la elaboración del diseño experimental. Además, las exposiciones de las actividades experimentales y la discusión en grupo les permitan reconocer las limitaciones o errores de las preguntas investigables formuladas.

Los resultados muestran también que proporcionarles a los profesores situaciones en las cuales se evidencie la sustitución de los materiales necesarios para llevar a cabo la experimentación enriquece el proceso, y permite que los profesores lo exploren y se familiaricen con el fenómeno quizás sin preocuparse del gasto económico que ello supone. La selección del material, que puede ayudar a comprender el fenómeno, puede hacerse de manera gradual comenzando por realizarla el docente capacitador, luego poniendo material extra que pueda servir para que el profesor forme su criterio de elección y, luego, permitiéndole al mismo escoger el material.

La posibilidad de trabajar en grupo discutir las preguntas investigables que planteaban, analizar los diseños experimentales planteados, les proporcionó a los profesores la oportunidad de reformular tanto sus preguntas investigables como también sus diseños experimentales, generando una pequeña comunidad de aprendizaje que les permitió mejorar las habilidades tanto de formulación de la pregunta investigable como del diseño experimental. Esta estrategia es importante considerarla cuando se planteen cursos de formación de profesores.

Respecto de la comprensión del enfoque por indagación en el aula de clase, a lo largo del trayecto de formación, y más evidentemente después del segundo semestre académico, se observa que los profesores que participaron en la Especialización demostraron una comprensión más profunda y apropiada de la indagación y sus implicancias en la enseñanza de las ciencias que la que mostraban en el punto de partida. Los profesores empezaron a llevar al aula de clase actividades experimentales con un mayor grado de apertura, planificando las habilidades de proceso científico que iban a promover en sus alumnos, acercándolos a fenómenos relacionados con la vida cotidiana, tomando en cuenta la dimensión de la ciencia tanto como producto como proceso de generación de conocimiento, elaborando sus propias actividades experimentales, contextualizándolas y planificando los aspectos teóricos a trabajar con los estudiantes.

La investigación realizada revela que la posibilidad de contar con variados modelos de sesiones de clase de niveles de indagación más abierta, donde la promoción de habilidades de proceso científico y el contenido conceptual son los ejes principales, participando personalmente de la realización de ese tipo de experiencias, contribuye sustancialmente a este cambio. Los resultados obtenidos dan cuenta de que generar un ambiente adecuado donde se pueda discutir, tener a disposición material de bajo costo para probar sus diseños experimentales como seleccionar los temas con contenido conceptual apropiado y relacionado con la vida cotidiana, tiene el potencial de permitir que los profesores entiendan mejor e interioricen el significado de la enseñanza de las ciencias por indagación.

En este marco, resulta interesante analizar el discurso de los profesores respecto de la implementación de actividades experimentales de indagación guiada o abierta y sus condiciones de factibilidad en el aula real. Más allá de que sean factores objetivamente limitantes o promuevan el quehacer del profesor, la percepción de los docentes es clave para entender lo que sucede en las aulas. En este sentido, el hecho de que nuestros resultados demuestren cambios en las ideas más arraigadas de los profesores, producto de un proceso de reflexión sistemático, es un resultado alentador a tener en cuenta para la formación docente continua.

Finalmente, en cuanto a las habilidades de proceso científico, los profesores al inicio de la Especialización propiciaban en su aula de clase habilidades de proceso científico básicas: observar, anotar resultados. A lo largo de la Especialización comprendieron que podían promover en el aula de clase habilidades de proceso científico integradas, este proceso no fue rápido, los profesores tuvieron que adquirir ellos mismos las habilidades de proceso

científico, luego probar que era factible de hacerlo en el aula para posteriormente propiciarlas. El primer punto es necesario tenerlo en cuenta en posteriores especializaciones, los profesores no están muy preparados en las habilidades de proceso científico y si no se sienten seguros no dejarán de lado las actividades con indagación estructurada. Por ello es importante que se dediquen sesiones a capacitar a los profesores en esta línea.

Nuestro estudio muestra, también, que el proceso de cambio de las visiones de los docentes sobre las actividades experimentales como recurso para el aprendizaje y la evolución de la capacidad de diseñar oportunidades de indagación más abierta lleva tiempo. En este caso, los profesores mostraron avances importantes recién luego del segundo semestre del curso. Este resultado tiene implicancias para la formación docente, en tanto habla de la importancia de destinar un tiempo prolongado a que los docentes participen de manera reiterada en múltiples actividades de indagación. Así, da un llamado de atención sobre programas más cortos que busquen alcanzar este tipo de objetivos.

La formación de los docentes en el enfoque por indagación sigue siendo un desafío pendiente en muchos países del mundo como el Perú, contexto del presente estudio. Nuestro trabajo da una cuota de optimismo y da cuenta de la posibilidad de que dicho desafío se alcance en tiempos compatibles con los habitualmente ofrecidos por los programas de posgrado. Al mismo tiempo, el estudio abre nuevas preguntas acerca de las estrategias más efectivas para continuar profundizando el enfoque por indagación en los docentes, avanzando hacia la posibilidad de implementar indagaciones de mayores niveles de apertura en los distintos temas del currículum y de diseñar evaluaciones coherentes con este modelo de enseñanza.

7.4. Fase autónoma: Los Trabajos Libres

7.4.1. Discusión de resultados.

En esta sección se discutirán los resultados obtenidos en las actividades propuestas por los profesores cuando lo hacen de manera autónoma, es decir sin la participación del docente a cargo de la Especialización. La discusión se organizará en dos partes: en primer lugar, se compararán los resultados obtenidos entre cada semestre académico y sus correspondientes trabajos libres y, en segundo lugar, se discutirán los resultados obtenidos en los dos trabajos libres elaborados al final de cada semestre académico.

7.4.1.1. Primer semestre académico y TL1.

Después de transcurrido el primer semestre académico los profesores plantean de manera individual una actividad experimental, los resultados encontrados se discutirán en los siguientes aspectos: preguntas investigables formuladas, nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas y las habilidades de proceso científico que ponen en práctica los profesores cuando resuelven la actividad experimental.

En cuanto a las preguntas investigables formuladas, los resultados muestran que cuando los profesores trabajan de manera autónoma la cantidad de preguntas investigables formuladas disminuye, esto puede ser debido a que los profesores se encuentran con un escenario diferente en el cual no cuentan con la ayuda de sus compañeros para discutir sus planteamientos ni del docente capacitador. En cuanto a la redacción de las preguntas investigables se puede observar en los resultados obtenidos que la proporción de preguntas redactadas correctamente se mantiene, esto significa que la redacción de las preguntas investigables requiere más tiempo y práctica de parte de los profesores.

En cuanto al nivel de indagación se puede observar de los resultados obtenidos, que la proporción de actividades experimentales propuestas por los profesores en los dos casos corresponde a un nivel estructurado, no se proponen actividades en el nivel confirmatorio pero tampoco en el nivel guiado y nivel abierto.

En cuanto al planteamiento del diseño experimental se puede observar a partir de los resultados obtenidos que hay una disminución en la proporción de diseños experimentales correctamente elaborados cuando los profesores trabajan de manera autónoma.

7.4.1.2. Segundo semestre académico y TL2.

Después de transcurrido el segundo semestre académico los profesores plantean de manera individual una actividad experimental TL2, los resultados encontrados se discutirán en los siguientes aspectos: preguntas investigables formuladas, nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas y el diseño experimental.

En cuanto a la proporción de preguntas investigables formuladas, se puede apreciar que no varía entre el segundo semestre y TL2, en cambio en la redacción de las preguntas investigables se puede observar que hay una disminución en la proporción de preguntas correctamente redactadas en TL2. Estos resultados nos muestran que los profesores cuando tienen que redactar las preguntas de manera autónoma presentan más dificultad, es posible que el hecho de haber trabajado con otros profesores durante las sesiones de la

Especialización les permitió reestructurar sus preguntas y mejorar su propia redacción, de esta manera mejoran la habilidad -en este caso la redacción de la pregunta investigable- al evaluar nuevas prácticas de enseñanza con sus colegas (Andrews & Lewis, 2002; Sandholtz, 2002).

En cuanto a los niveles de indagación, se puede observar que los profesores plantean en distintos niveles las actividades experimentales. A continuación, se compararán cada uno de los niveles.

Nivel confirmatorio: Se puede observar que en ambos casos se proponen actividades experimentales en este nivel, algunos profesores a través de sus conversaciones comentan que este tipo de actividad les permite controlar el tiempo que dedican a la misma, un mayor control de los alumnos tanto para el orden como en el uso de los instrumentos y materiales. Estos comentarios surgen debido a que muchos profesores en sus aulas tienen un número elevado de alumnos y manifestaban que les era muy difícil cuidar que los alumnos no se hicieran daño con los materiales y tenerlos trabajando de manera ordenada, los comentarios de los profesores son similares a los encontrados por (Montes & Rockley, 2002).

Nivel estructurado: en los resultados obtenidos se encuentra que en TL2 hay un aumento en la proporción de actividades en dicho nivel con respecto a la proporción propuesta durante el segundo semestre académico. Este aumento en la proporción de actividades propuestas en el nivel estructurado puede deberse a que los profesores al tener que diseñar ellos solos las actividades experimentales tienden a recurrir a los libros de texto los cuales presentan actividades con bajo nivel de indagación (Cheung, 2011; Fuhrman, Lunetta, & Novick, 1982) y a veces los recursos y los materiales con que cuentan son pocos (Costenson & Lawson, 1986). Este resultado da indicios de que los profesores cuando cuentan con una cierta autonomía para plantear sus actividades experimentales aún tienen dificultades para transformar las actividades estructuradas presentes en los libros de texto en actividades con niveles de indagación mayores, por ello es necesario que los profesores aprendan a rediseñar las actividades desde el enfoque de investigación, tal como sugieren (Kim & Chin, 2011).

Nivel guiado: con respecto al nivel guiado, a partir de los resultados obtenidos se puede apreciar que hay una disminución en la proporción de las actividades experimentales que los profesores proponen en este nivel cuando lo hacen de manera autónoma. Cuando los profesores deben llevar al aula de clase las actividades experimentales que proponen, algunos prefieren no llevar actividades en un nivel de indagación guiado, entre los motivos que expusieron fueron: “si les propongo a los alumnos que hagan el diseño experimental, se

demoran mucho, la sesión de clase se extiende y no terminamos con el experimento en el tiempo previsto”(P1), este comentario lo encontramos también en la literatura (Trautmann et al., 2004), en el cual una de las limitaciones que consideran los profesores es el tiempo empleado en llevar actividades en el nivel guiado en el aula de clase.

En cuanto al nivel de indagación abierto, se puede apreciar que en TL2 hay un porcentaje pequeño de profesores que plantean actividades experimentales en este nivel, el cual no había sido propuesto a lo largo de la Especialización.

En cuanto al planteamiento del diseño experimental se puede observar a partir de los resultados obtenidos que hay una disminución en la proporción de diseños experimentales correctamente elaborados cuando los profesores trabajan de manera autónoma.

Los resultados nos muestran que algunos profesores tienen mayor dificultad para elaborar de manera completa el diseño experimental (hipótesis, procedimiento y variables) cuando deben realizarlo de manera autónoma, lo cual nos da indicios de la importancia que tiene la formación de los profesores en estos aspectos, dado que la enseñanza de las ciencias de acuerdo al modelo didáctico de enseñanza por indagación requiere que los profesores tengan una buena comprensión de las habilidades de proceso científico (Mutisya, Too, & Rotich, 2014).

7.4.1.3. TL1 y TL2.

En esta sección se discutirán los resultados encontrados en los dos trabajos libres, elaborados de manera autónoma por los profesores al concluir cada uno de los semestres académicos. Los resultados encontrados se discutirán en los siguientes aspectos: correcta redacción de las preguntas investigables formuladas y del diseño experimental y nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas.

Respecto al nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas, en TL1 todos los profesores plantean sus actividades en el nivel estructurado, mientras que en TL2 los profesores plantean sus actividades experimentales en los cuatro niveles de indagación: confirmatorio, estructurado, guiado y abierto. Al respecto algunos autores como Zion et al. (2007) y Zion y Mendelovici (2012) señalan que los profesores pueden tener ciertas preferencias en los niveles de indagación cuando deben llevar las actividades experimentales al aula de clase, los profesores a lo largo del segundo semestre académico habían diseñado actividades experimentales en otros niveles e incluso algunos los habían probado en clase,

esto les puede motivar a plantear actividades con niveles de indagación más abiertos en el momento que deben hacerlo de manera autónoma.

En TL2 los profesores plantean actividades experimentales en un nivel confirmatorio, algunos autores reconocen la importancia de este nivel de indagación como por ejemplo Concannon y Brown (2008), quienes consideran que sirven para focalizar aspectos de la terminología de la ciencia, los conceptos y hechos pero también hacen notar que dejan de lado algunos aspectos importantes como son las experiencias previas de los estudiantes y la generación de conocimiento, por ello proponen que se modifiquen este tipo de actividades de tal manera que permitan que los alumnos elaboren preguntas a investigar, formulen predicciones y propongan diseños experimentales para probar sus predicciones, lo que permitiría que los alumnos relacionen la actividad experimental con el contenido teórico (Krajcik et al., 2003).

De los resultados obtenidos también se puede apreciar que los profesores proponen algunas actividades experimentales en el nivel estructurado en TL2, pero en menor proporción que en TL1.

En cuanto al nivel de indagación guiado en TL2 los profesores proponen actividades experimentales en este nivel lo cual significa que ha habido un progreso ya que han planteado estas actividades de manera autónoma.

Otro cambio importante es que los profesores proponen actividades en el nivel abierto.

En cuanto a la correcta redacción de las preguntas investigables y del diseño experimental, los resultados encontrados muestran que en TL2 la proporción de actividades que proponen los profesores en las cuales la pregunta investigable está correctamente redactada y el planteamiento del diseño experimental es correcto es mayor a lo encontrado en TL1. Esto significa un avance en la apropiación del modelo didáctico por los profesores.

7.4.2. Conclusiones e implicaciones.

En esta sección se harán algunas recomendaciones a partir de los resultados obtenidos.

En general se puede observar que los profesores presentan mayor dificultad al trabajar de manera autónoma, para plantear y desarrollar las actividades experimentales que proponen en sus propias aulas, en comparación con la demostración de dichas capacidades en el marco de las sesiones de clase de la Especialización. Una de las diferencias relevantes entre las dos situaciones puede ser el trabajar, en el segundo caso, en forma grupal discutiendo y

evaluando las actividades experimentales, reformulando las preguntas investigables, revisando los diseños experimentales y evaluando los resultados obtenidos. Esto nos lleva a plantear dos puntos: la importancia de formar grupos o comunidades de profesores que evalúen y planifiquen las actividades que se llevan al aula de clase. El otro punto es la necesidad de contar con un seguimiento a más largo plazo de parte del docente capacitador a los profesores en formación, en tanto un trabajo de casi un año no parece ser suficiente para generar la autonomía buscada.

Los profesores por lo general trabajan con los libros de texto, los cuales en su mayoría proponen actividades experimentales en un nivel confirmatorio y estructurado por lo que les resulta difícil encontrar ejemplos de actividades experimentales más abiertas como señala (Cheung, 2008). Una estrategia que puede utilizarse en los cursos de formación de profesores es de transformar las actividades que se encuentran en los libros que manejan los propios profesores en actividades más abiertas (Brownell, Kloser, Fukami, & Shavelson, 2012). Inclusive algunos autores dan las pautas para guiar a los profesores en este proceso (Alozie, Grueber, & Dereski, 2012; Furman & De Podestá, 2009; Gooding & Metz, 2012; Hart, Mulhall, Berry, Loughran, & Gunstone, 2000; Peters, 2005; Sundberg & Moncada, 1994).

7.5. Prospectiva

El trabajar por dos semestres académicos con profesores que se dedican a enseñar ciencias en la escuela secundaria en Perú, permitió tener una perspectiva diferente acerca de las dificultades y limitaciones que se presentan cuando se quiere introducir el modelo didáctico de enseñanza de las ciencias por indagación, en este sentido resultó muy valioso contar con las percepciones que tenían los profesores, lo cual aportó información importante en la investigación realizada. Los resultados obtenidos permiten resaltar algunos factores que podrían ponerse en práctica en situaciones similares de formación de profesores de ciencias, como pueden ser: los modelos de preguntas investigables, la carga conceptual de la sesión de formación, el trabajo en grupo, las exposiciones de las actividades experimentales propuestas por los profesores, las sesiones de formación en las cuales se trabaja con niveles de indagación guiada o abierta, etc.

Otro aspecto importante a resaltar es la necesidad de contar con material de consulta apropiado para que los profesores puedan elaborar sus actividades experimentales de acuerdo a este modelo. Esta es una tarea pendiente y que abre nuevos caminos de investigación tanto para la elaboración de estos materiales como para la evaluación de los mismos en el aula de clase.

Pero aún hay otros aspectos que necesitan ser abordados dentro de la investigación educativa. En el caso de la presente investigación, sólo se han analizado dos trabajos autónomos, lo cual es una limitación. Sería necesario contar con un mayor número de actividades propuestas de manera autónoma por los profesores y en diversos temas de manera de tener un estudio más amplio que permita evaluar el progreso de los profesores. Asimismo, sería importante realizar observaciones en las aulas de clase de los profesores participantes, de manera de contar con información pertinente para que los profesores realicen ajustes en sus actividades experimentales.

Otro aspecto a tomar en cuenta para futuras investigaciones es: la relación entre la formación inicial de los profesores y la pertinencia de las actividades experimentales que proponen. En este sentido, es necesaria una evaluación de las actividades experimentales que proponen los profesores cuando su formación ha sido en un contenido específico por ejemplo biología, física o química y debe preparar actividades experimentales en otro contenido para lo cual no está suficientemente preparado (Mizzi, 2013), ya que según diversos autores esta falta de preparación origina que los profesores se vean limitados en la variedad de actividades que presentan a los alumnos (Childs & McNicholl, 2007), tema importante a investigar. La situación de los profesores en el Perú se corresponde con lo antes señalado y en estos casos específicos es posible que los profesores necesiten que se les brinde una ayuda especial que fortalezca el contenido teórico.

En síntesis, esta tesis muestra que la formación docente continua para profesores de Ciencias presenta una serie de desafíos y, al mismo tiempo, oportunidades para generar en los docentes aprendizajes que puedan redundar en cambios en la práctica real. Para mí, como investigadora y formadora significó que se abriera una puerta para la reflexión sobre mi propia tarea cotidiana que seguramente ya nunca se cerrará.

Bibliografía

8.1. Referencias

- Abd El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok-Naaman, R., Niaz, M., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419. doi:10.1002/sce.10118
- Administración Pública de Educación Pública. (2015). *PISA 2015: Marco Teórico de Ciencias Naturales*. Uruguay: ANEP. Obtenido de <https://goo.gl/gPXqVJ>
- Afonso, A., & Leite, L. (2000). Concepções de futuros professores de ciências físico-químicas sobre a utilização de actividades laboratoriais. *Revista Portuguesa de Educação*, 13(1), 185-208. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37413109>
- Ahmed, R., & Siddiquee, M. N. (2013). Analysis of science process skills in the secondary schools certificate biology theoretical examinations in Bangladesh. *International Journal of Physical and Social Sciences*, 3(3), 66-76. Obtenido de <https://goo.gl/jDQn3W>
- Aka, E., Güven, E., & Aydogdu, M. (2010). Effect of problem solving method on science process skills and academic achievement. *Journal of Turkish Science Education*, 7(4), 13-25. Obtenido de <https://goo.gl/rH6I4I>
- Akinbobola, A. O., & Afolabi, F. (2010). Analysis of Science process skills in West African senior secondary school certificate Physics practical examinations in Nigeria. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 5(4), 234-240. Obtenido de [http://idosi.org/aejsr/5\(4\)10/3.pdf](http://idosi.org/aejsr/5(4)10/3.pdf)
- Aktaş, İ., & Ceylan, E. (2016). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Bilimsel Süreç Beceri Düzeylerinin Belirlenmesi ve Akademik Başarıyla İlişki Düzeyinin İncelenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(33). Obtenido de <http://sbed.mku.edu.tr/article/view/5000175607>
- Aldahmash, A. H., Mansour, N. S., Alshamrani, S. M., & Almohi, S. (2016). An Analysis of Activities in Saudi Arabian Middle School Science Textbooks and Workbooks for the Inclusion of Essential Features of Inquiry. *Research in Science Education*, 1-22. doi:10.1007/s11165-015-9485-7
- Allison, W., & Shrigley, R. L. (1986). Teaching children to ask operational questions in science. *Science Education*, 70(1), 73-80. doi:10.1002/sce.3730700109
- Alozie, N. M., Grueber, D. J., & Dereski, M. O. (2012). Promoting 21st-century skills in the science classroom by adapting cookbook lab activities: The case of DNA extraction of wheat germ. *The American Biology Teacher*, 74(7), 485-489. doi:10.1525/abt.2012.74.7.10
- Álvarez, R. M. (1994). De los trabajos prácticos adicionales a la actividad investigativa. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*, 2(2-3), 361-371. Obtenido de <http://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/88166/141231>
- Álvarez, S. M. (2007). Cómo desean trabajar los alumnos en el laboratorio de Biología. Un acercamiento a las propuestas didácticas actuales. (I. C. Organización de Estados

- Iberoamericanos para la Educación, Ed.) *Revista Iberoamericana de Educación*, 42(7). Obtenido de <http://rieoei.org/1741.htm>
- American Associates of Advancement of Science – AAAS. (1968). *Science – A Process Approach*. New York: Xerox Corporation.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., & Airasian, P. W. (2000). *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing, A: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Pearson.
- Anderson, R. (2002). Reforming Science Teaching: What Research Says About Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12. doi:10.1023/A:1015171124982
- Andrews, D., & Lewis, M. (2002). The experience of a professional community: Teachers developing a new image of themselves and their workplace. *Educational Research*, 44, 237–254. doi:10.1080/00131880210135340
- Aragón, M. D. (2004). La ciencia de lo cotidiano. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 109-121. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10498/16477>
- Arslan, A., Bekiroğlu, F. O., Süzük, E., & Gürel, C. (2014). Fizik laboratuvar derslerinin araştırma-sorgulama açısından incelenmesi ve öğretmen adaylarının görüşlerinin belirlenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 11(2), 3-37. doi:10.12973/tused.10107a
- Aslan, O. (2015). How Do Turkish Middle School Science Coursebooks Present the Science Process Skills? *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(6), 829-843. doi:10.12973/ijese.2015.279a
- Ateş, S. (2005). Developing teacher candidates' skills of identifying and controlling variables. *Gazi University Journal of Education*, 1, 21-39. Obtenido de <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/gefad/article/view/5000078738>
- Aydoğdu, B. (2015). Examining preservice science teachers' skills of formulating hypotheses and identifying variables. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 16(1). Obtenido de https://www.ied.edu.hk/apfs/v16_issue1/aydogdu/
- Aziz, M. S., & Zain, A. N. (2010). The inclusion of science process skills in yemeni secondary school physics textbooks. *European Journal Of Physics Education*, 1(1), 55. Obtenido de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1053817.pdf>
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29. Obtenido de http://static.nsta.org/files/sc0810_26.pdf
- Baram-Tsabari, A., Sethi, R. J., Bry, L., & Yarden, A. (2006). Using questions sent to an Ask-A-Scientist site to identify children's interests in science. *Science Education*, 90(6), 1050-1072. doi:10.1002/sce.20163
- Barberá, O., & Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379. Obtenido de <https://ddd.uab.cat/record/22337>

- Barolli, E., Laburú, C. E., & Guridi, V. M. (2010). Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 9(1), 88-110. Obtenido de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART6_VOL9_N1.pdf
- Barrow, L. H. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*(17), 265–278. doi:10.1007/s10972-006-9008-5
- Bastida, M., Ramos, F., & Soto, J. (1990). Prácticas de laboratorio: ¿una inversión poco rentable? *Investigación en la escuela*(11), 77-91. Obtenido de http://www.investigacionenlaescuela.es/articulos/11/R11_8.pdf
- Bell, R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33. Obtenido de <https://goo.gl/mwbBjr>
- Beuermann, D., Naslund-Hadley, E., Ruprah, I., & Thompson, J. (2013). The pedagogy of science and environment: Experimental evidence from peru. *The Journal of Development Studies*, 49(5), 719-736. doi:10.1080/00220388.2012.754432
- Biddulph, F., Symington, D., & Osborne, R. (1986). The Place of Children's Questions in Primary Science Education. *Research in Science & Technological Education*, 4(1), 77-88. doi:10.1080/0263514860040108
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., & Granger, E. M. (2008). No silver bullet for inquiry: Making sense of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers. *Science Education*, 93(2), 322-360. doi:10.1002/sce.20298
- Brendzel, S. D. (2005). *Strategies for Successful Science Teaching*. Oxford: University Press of America.
- Brownell, S. E., Kloser, M. J., Fukami, T., & Shavelson, R. (2012). Undergraduate biology lab courses: comparing the impact of traditionally based “cookbook” and authentic research-based courses on student lab experiences. *Journal of College Science Teaching*, 41(4), 36-45. Obtenido de <http://web.stanford.edu/~fukamit/brownell-et-al-2012.pdf>
- Buck, L., Bretz, S., & Towns, M. (2008). Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 52-58. Obtenido de <https://goo.gl/XvDLne>
- Bybee, R. W. (2004). Scientific inquiry and science teaching. En L. Flick, & N. Lederman, *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp. 1-14). Netherlands: Springer. doi:10.1007/978-1-4020-5814-1_1
- Bybee, R. W. (2010). *The Teaching of Science: 21st Century Perspectives*. NSTA Press.
- Bybee, R. W., Buchwald, C. E., Crisman, S., Heil, D. R., Kuerbis, P. J., Matsumoto, C., & McInerney, J. D. (1989). *Science and Technology Education for the Elementary Years: Frameworks for Curriculum and Instruction*. Washington, DC: The National Center for Improving Science Education.
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales [Versión electrónica]. *Aula de Innovación Educativa*, 9. Obtenido de <https://goo.gl/omOi5z>

- Caamaño, A. (2001). La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España. *Educación Química*, 12(1), 7-17. Obtenido de www.educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf609.pdf
- Caamaño, A. (2002). ¿Cómo transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos. *Aula de innovación educativa*, 113, 21-26. Obtenido de <https://goo.gl/pU82gp>
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*(39), 8-19. Obtenido de <https://goo.gl/BWtmBt>
- Caamaño, A. (2011). Los trabajos prácticos en Física y Química: interpretar e investigar. En A. Caamaño (Ed.), *Didáctica de la física y la química* (pp. 143-168). Barcelona: GRAÓ.
- Caamaño, A. (2012). Idea clave 6. La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos. En E. Pedrinaci, A. Caamaño, P. Cañal de León, & A. de Pro Bueno, *11 Ideas Clave. El desarrollo de la competencia científica* (p. 294). GRAÓ. Obtenido de <https://goo.gl/i1kx1N>
- Calvo, M. A., & Martín, M. (2005). Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículo oficial, en el campo de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 23, 17-32. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/1685>
- Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/1437>
- Cañal, P. (2007). La investigación escolar, hoy. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*(52), 9-19. Obtenido de <https://goo.gl/SELAIN>
- Carrascosa, J. (1995). Trabajos prácticos de física y química como problemas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*(5), 67-76. Obtenido de <https://goo.gl/RTlsha>
- Chabalengula, V. M., & Mumba, F. (2012). Inquiry-Based Science Education: A Scenario on Zambia's High School Science Curriculum. *Science Education International*, 23(4), 307-327. Obtenido de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1001626.pdf>
- Chabalengula, V. M., Mumba, F., & Mbewe, S. (2012). How pre-service teachers' understand and perform science process skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(3), 167-176. doi:10.12973/eurasia.2012.832a
- Chamizo, J. A. (1997). Evaluación de los aprendizajes. Tercera parte: POE, autoevaluación, evaluación en grupo y diagramas de Venn. *Educación Química*, 8(3), 141-145. Obtenido de http://www.educacionquimica.info/search_volume.php?id_revista=49
- Cheung, D. (2008). Facilitating chemistry teachers to implement inquiry-based laboratory work. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 107-130. doi:10.1007/s10763-007-9102-y

- Cheung, D. (2011). Teacher beliefs about implementing guided-inquiry laboratory experiments for secondary school chemistry. *Journal of Chemical Education*, 88(11), 1462-1468. doi:10.1021/ed1008409
- Chiappetta, E. L. (1997). Inquiry-based science. *The Science Teacher*, 64(10), 22-26. Obtenido de <https://goo.gl/wOPe7v>
- Chiappetta, E. L. (2008). Historical development of teaching science as inquiry. En J. Luft, & R. Bell, *Science as inquiry in the secondary setting* (pp. 21-30). Washington, DC: National Science Teachers Association. Obtenido de <http://static.nsta.org/files/PB216X-2.pdf>
- Childs, A., & McNicholl, J. (2007). Science teachers teaching outside of subject specialism: challenges, strategies adopted and implications for initial teacher education. *Teacher Development*, 11(1), 1-20. doi:10.1080/13664530701194538
- Chin, C. (2002a). Student-generated questions: Encouraging inquisitive minds in learning science. *Teaching and Learning*, 23(1), 59-67. Obtenido de <https://repository.nie.edu.sg/bitstream/10497/292/1/TL-23-1-59.pdf>
- Chin, C. (2002b). Open investigations in science: posing problems and asking investigative questions. *Teaching and Learning*, 2(23), 155-166. Obtenido de <https://repository.nie.edu.sg/bitstream/10497/301/1/TL-23-2-155.pdf>
- Chin, C., & Chia, L. (2004). Problem-based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science Education*, 88(5), 707-727. doi:10.1002/sce.10144
- Chin, C., & Kayalvizhi, G. (2002). Posing problems for open investigations: What questions do pupils ask? *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 269-287. doi:10.1080/0263514022000030499
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39. doi:10.1080/03057260701828101
- Chinn, C., & Malhotra, B. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218. doi:10.1002/sce.10001
- Cochran-Smith, M. (2004). *Walking the Road: Race, Diversity and Social Justice in Teacher Education*. New York: Teachers College Press. Obtenido de <http://store.tcpress.com/0807744336.shtml>
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science scope*, 23(6), 42-44. Obtenido de http://www.ubclts.com/docs/Inquiry_Primer.pdf
- Concannon, J. P., & Brown, P. L. (2008). Transforming osmosis: Labs to address standards for inquiry. *Science Activities*, 45(3), 23-25. doi:10.3200/SATS.45.3.23-26
- Cooke, R. L. (1938). Demonstration versus laboratory once again. *Journal of Chemical Education*, 15(12), 592. doi:10.1021/ed015p592

- Copriady, J. (2014). Teachers competency in the teaching and learning of chemistry practical. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(8), 312. doi:10.5901/mjss.2014.v5n8p312
- Corominas, J. (2011). Experimentos e investigaciones en química. En A. Caamaño, *Física y química. Investigación. Innovación y buenas prácticas* (pp. 85-102). Barcelona: Graó.
- Corominas, J. (2013). Actividades experimentales POE en la enseñanza de la química y de la física. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*(74), 69-75. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4198162>
- Corominas, J., & Lozano, M. T. (1994). Trabajos prácticos para la construcción de conceptos: experiencias y experimentos ilustrativos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 21-26. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1448477>
- Cortés, A. L., & De la Gándara, M. (2007). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 435-450. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/39804>
- Costenson, K., & Lawson, A. E. (1986). Why Isn't Inquiry Used in More Classrooms? *The American Biology Teacher*, 48(3), 150-158. doi:10.2307/4448241
- Couso, D. (2014). De la moda de "aprender indagando" a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva (Andalucía). Obtenido de <http://www.apice-dce.com/actas/conferencias.html>
- Crisafulli, F. A., & Villalba, H. (2013). Laboratorios para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación media general. *Educere*, 475-485. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/356/35630404011/>
- Crujeiras, B., & Jiménez, M. (2012). Competencia como aplicación de conocimientos científicos en el laboratorio ¿cómo evitar que se oscurezcan las manzanas? *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 18(70), 19-26. Obtenido de https://issuu.com/editorialgrao/docs/al070_z_tot/5
- Cuccio-Schirripa, S., & Steiner, H. E. (2000). Enhancement and Analysis of Science Question Level for Middle School Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 210-224. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(200002)37:2<210::AID-TEA7>3.0.CO;2-I
- Davis, K. S. (2003). Change is hard: What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices. *Science Education*, 87(1), 3-30. doi:10.1002/sce.10037
- De Pro, A. (1998a). Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 17(3), 411-430. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/1456>
- De Pro, A. (1998b). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/24480>
- Del Carmen, L. (2011). El lugar de los trabajos prácticos en la construcción del conocimiento científico en la enseñanza de la biología y la geología. En A. En Caamaño, *Didáctica de la*

- biología y la geología. Formación del profesorado. Educación secundaria.* (pp. 91-108). Barcelona: Grao.
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547. doi:10.1021/ed076p543
- Doosti, F. (2015). *Biology Teachers' Perception of Laboratory Work in Afghanistan: A Survey Study of Secondary Schools in Kabul City*. Tesis de maestría. Obtenido de <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:813327/FULLTEXT01.pdf>
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6(2), 109-120. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/43393>
- Driver, R. (1996). Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas. En R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien, *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia* (3a ed., pp. 225-258). Madrid: Ediciones Morata.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (1a ed.). Madrid: Ediciones Morata.
- Duarte, M. (1999). O trabalho laboratorial em manuais escolares de Química portugueses dos 8º e 9º anos de escolaridade. *Actas do II encontro nacional de pesquisa em educação em ciências.* (pp. 1-11). S. Paulo: Valinhos. Obtenido de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/iienpec/Dados/trabalhos/A38.pdf>
- Duggan, S. (1999). *Tesis doctoral. Pupils' understanding of scientific evidence in the context of investigative work*. Durham University. Durham: Durham University. Obtenido de <http://etheses.dur.ac.uk/4596/>
- Dunne, J., Mahdi, A. E., & O'Reilly, J. (2013). Investigating the potential of Irish primary school textbooks in supporting inquiry-based science education (IBSE). *International Journal of Science Education*, 35(9), 1513-1532. doi:10.1080/09500693.2013.779047
- Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias. La importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea Ediciones.
- Eick, C., Meadows, L., & Balkcom, R. (2005). Breaking into inquiry. *The Science Teacher*, 72(7), 49-53. Obtenido de <http://mitep.mtu.edu/include/documents/Breaking-into-Inquiry--Eick.pdf>
- Elstgeest, J. (1985). The right question at the right time. En W. Harlen, *Primary Science: Taking the Plunge* (pp. 36-46). Oxford: Heinemann Educational Books.
- Emereole, H. U. (2009). Learners' and teachers' conceptual knowledge of science processes: The case of Botswana. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(5), 1033-1056. doi:10.1007/s10763-008-9137-8
- Fay, M. E., Grove, N. P., Towns, M. H., & Bretz, S. L. (2007). A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 212-219. doi:10.1039/B6RP90031C
- Feixas, J. M. (2012). *Aprender ciencias en educación primaria* (Vol. I). GRAÓ.

- Fernández, J., & Catalán, V. (2001). Análisis de los trabajos prácticos de biología en los libros de texto de secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*(15), 77-94. Obtenido de <https://goo.gl/fjJ8HE>
- Fernández, N. (2013). Los Trabajos Prácticos de Laboratorio por investigación en la enseñanza de la Biología. *Revista de Educación en Biología*, 16(2), 15-30. Obtenido de <http://revistaadbia.com.ar/ojs/index.php/adbia/article/view/36>
- Fernández, N. (2014). Contenidos de Biología y nivel de indagación presentes en actividades prácticas de laboratorio de los libros de texto de Ciencias Naturales. *II Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, la Matemática y la Tecnología a realizarse en el Instituto Universitario de la Paz*. Barrancabermeja. Obtenido de <https://goo.gl/b6Y2Kh>
- Figueiroa, A. (2003). Uma análise das actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares de Ciências da Natureza (5º ano) e das concepções dos seus autores. *Revista Portuguesa de Educação*, 16(1), 193-230. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37416109>
- Flanagan, J., & McMillan, R. (2009). From Cookbook to Experimental Design. *Science and Children*, 46(6), 46-50. Obtenido de https://learningcenter.nsta.org/resource/?id=10.2505/4/sc09_046_06_46
- Foulds, K., & Gott, R. (1988). Structuring investigations in the science curriculum. *Physics Education*, 23(6), 347. doi:10.1088/0031-9120/23/6/308
- Franco, A., Blanco, A., & España, E. (2014). El desarrollo de la competencia científica en una unidad didáctica sobre la salud bucodental. Diseño y análisis de tareas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 649-667. doi:10.5565/rev/ensciencias.1346
- Froschauer, L. (2010). No Dumb Questions, But.... *Science and Children*. Obtenido de http://static.nsta.org/files/sc1012_6.pdf
- Fuhrman, M., Lunetta, V. N., & Novick, S. (1982). Do secondary school laboratory texts reflect the goals of the "new" science curricula? *Journal of Chemical Education*, 59(7), 563. doi:10.1021/ed059p563
- Furman, M., & De Podestá, M. E. (2009). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires: AIQUE.
- Furman, M., Barreto, M. C., & Sanmartí, N. (2013). El proceso de aprender a plantear preguntas investigables. *Educació química eDUo*(14), 9-28. Obtenido de <https://goo.gl/yH2kxv>
- Gallego, A., Gallego, R., & Pérez, R. (2009). El contexto histórico didáctico de la institucionalización de la química como ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 247-263. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92012978005>
- García, S., & Martínez, C. (2003). Las actividades de primaria y ESO incluidas en libros escolares: ¿Qué objetivo persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las ciencias*, 21(2), 243-264. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/1603>

- Garritz, A. (2010). Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación Química*, 21(2), 106-110. Obtenido de http://andoni.garritz.com/documentos/2013/04_editVol21-2Indagacion2010.pdf
- Gento, S. (2004). *Guía Práctica para la investigación en Educación*. Madrid: Sanz y Torres.
- Germann, P. J., & Aram, R. J. (1996). Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), 773-798. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199609)33:7<773::AID-TEA5>3.0.CO;2-K
- Germann, P., Haskins, S., & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science teaching*, 33(5), 475-499. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199605)33:5<475::AID-TEA2>3.0.CO;2-O
- Gieryn, T. F. (1999). *Cultural boundaries of science: Credibility on the line*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gil, D., & Valdés, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 155-163. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/22368>
- Gilmer, P. J. (1999). Teachers Learning Inquiry through Scientific Research. En T. Keilborn, & P. Gilmer (Edits.), *Meaningful science: Teachers doing inquiry + teaching science*. Talahase, FL: Southeastern Regional Vision for Education (SERVE).
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. New York: Aldine.
- Godoy, A., Segarra, C., & Di Mauro, M. (2014). Una experiencia de formación docente en el área de Ciencias Naturales basada en la indagación escolar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(3), 381. doi:10498/16590
- González, M. (1992). ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? *Enseñanza de las ciencias*, 10(2), 206-211. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/23525>
- González, S. M., & Furman, M. (2014). Categorización de preguntas formuladas antes y después de la enseñanza por indagación. *Praxis & Saber*, 5(10), 75-91. doi:10.19053/22160159.3023
- Gooding, J., & Metz, B. (2012). Folding Inquiry into Cookbook Lab Activities. *Science Scope*, 35(8), 42-47. Obtenido de <http://www.scithoughts.com/Cookbook%20published.pdf>
- Gott, R., & Duggan, S. (1995). *Investigative Work in the Science Curriculum. Developing Science and Technology Education*. England: Open University Press.
- Graves, C., & Rutherford, S. (2012). Writing a Scientific Research ("Testable") Question: The First Step in Using Online Data Sets for Guided Inquiry Assignments. *Journal of College Science Teaching*, 41(4), 46-51. doi:10.2505/4/jcst12_041_04_46
- Grup Recerca-Faraday. (1988). *Química Faraday: un enfoque conceptual, experimental e histórico*. Barcelona: Teide. Obtenido de <http://www.worldcat.org/oclc/911393882>

- Guerra, M., & López, D. (2011). Las actividades incluidas en el libro de texto para la enseñanza de las ciencias naturales en sexto grado de primaria: análisis de objetivos, procedimientos y potencial para promover el aprendizaje. *Revista mexicana de investigación educativa*, 16(49), 441-470. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14018533006>
- Gunstone, R. (1991). Reconstructing theory from practical experience. En B. Woolnough (Ed.), *Practical Science* (pp. 67-77). Milton Keynes: Open University Press.
- Gürses, A., Çetinkaya, S., Doğar, Ç., & Şahin, E. (2015). Determination of Levels of Use of Basic Process Skills of High School Students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, 644-650. doi:10.1016/j.sbspro.2015.04.243
- Harlen, W. (1998). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Ediciones Morata.
- Harlen, W. (1999). Purposes and Procedures for Assessing Science Process Skills. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 6(1), 129-144. doi:10.1080/09695949993044
- Harlen, W. (2011). Aprendizaje y enseñanza de ciencias basados en la indagación. *Mejoramiento escolar en acción*. Obtenido de <https://goo.gl/bP9Tiv>
- Harlen, W. (2013). *Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica*. (R. Devés, & P. Reyes, Trads.) Italia.
- Harlen, W., & Qualter, A. (2014). *The Teaching of Science in Primary Schools* (6a ed.). London: Routledge.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655-675. doi:10.1002/1098-2736(200009)37:7<655::AID-TEA3>3.0.CO;2-E
- Hartford, F., & Good, R. (1982). Training chemistry students to ask research questions. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(7), 559-570. doi:10.1002/tea.3660190705
- Herron, M. D. (1971). The Nature of Scientific Enquiry. *The School Review*, 79(2), 171-212. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/1084259>
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/22881>
- Hofstein, A. (1988). Practical work in science education II. En P. Fensham (Ed.), *Developments and dilemmas in science education* (pp. 189-217). Londres: Falmer Press.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/1170311>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54. doi:10.1002/sce.10106

- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806. doi:10.1002/tea.20072
- Horton, R. E. (1928). Does laboratory work belong? *Journal of Chemical Education*, 5(11), 1432. doi:10.1021/ed005p1432
- Hunt, H. (1935). Demonstrations as a substitute for laboratory practice in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 12(2), 73-75. doi:10.1021/ed012p73
- Internet Studios SL. (2016). *Mapas del mundo. Mapas y Banderas de todo el mundo*. Obtenido de <https://goo.gl/olixSv>
- Jeanpierre, B., Oberhauser, K., & Freeman, C. (2005). Characteristics of professional development that effect change in secondary science teachers' classroom practices. *Journal of Research in Science teaching*, 42(6), 668-690. doi:10.1002/tea.20069
- Jiménez, G., Llobera, R., & Llitjós, A. (2005). Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3). Obtenido de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N3.pdf
- Johnstone, A. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701. doi:10.1021/ed070p701
- Joseph, J. (2011). Which paper towel is best. *Science and Children*, 48(7), 37-39. Obtenido de <https://goo.gl/lmpDjU>
- Joyce, B., & Showers, B. (1980). Improving inservice training: The messages of research. *Educational leadership*, 37(5), 379-385. Obtenido de http://www.ascd.org/ASCD/pdf/journals/ed_lead/el_198002_joyce.pdf
- Kang, E. S., Bianchini, J. A., & Kelly, G. J. (2013). Crossing the Border from Science Student to Science Teacher: Preservice Teachers' Views and Experiences Learning to Teach Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 427-447. doi:10.1007/s10972-012-9317-9
- Karamustafaoğlu, S. (2011). Improving the Science Process Skills Ability of Science Student Teachers Using I Diagrams. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 3(1), 26-38. Obtenido de <http://www.eurasianjournals.com/index.php/ejpce/article/view/641/366>
- Karsli, F., Şahin, Ç., & Ayas, A. (2009). Determining science teachers' ideas about the science process skills: A case study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 890-895. doi:10.1016/j.sbspro.2009.01.158
- Kazempour, M. (2009). Impact of inquiry-based professional development on core conceptions and teaching practices: A case study. *Science educator*, 18(2), 56. Obtenido de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ864616.pdf>
- Keys, C. (1998). A study of grade six students generating questions and plans for open-ended science investigations. *Research in Science Education*, 28(3), 301-316. doi:10.1007/BF02461565

- Khan, M. A. (2009). Teaching of heat and temperature by hypothetical inquiry approach: A sample of inquiry teaching. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 5(2), 43-64. Obtenido de <http://www2.phy.ilstu.edu/~wenning/jpteo/>
- Kim, M., & Chin, C. (2011). Pre-Service Teachers' Views on Practical Work with Inquiry Orientation in Textbook-Oriented Science Classrooms. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(1), 23-37. Obtenido de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ930276.pdf>
- Kim, S., & Liu, E. (2012). Analysis of Inquiry Activities in High School Biology Textbooks Used in China and Korea. *한국과학교육학회지*, 32(8), 1367-1377. doi:10.14697/jkase.2012.32.8.1367
- Kirschner, P. A., & Meester, M. A. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, 17(1), 81-98. doi:10.1007/BF00130901
- Kluger-Bell, B. (2000). Recognizing inquiry: Comparing three hands-on teaching techniques. En N. S. Foundation, *Foundations. Inquiry—Thoughts, Views, and Strategies for the K-5 Classroom* (pp. 39-50). Arlington: National Science Foundation.
- Koballa, T., Dias, M., & Atkinson, J. (2009). Science Conference Presenters' Images of Inquiry. *School Science and Mathematics*, 109(7), 403–414. doi:10.1111/j.1949-8594.2009.tb17871.x
- Krajcik, J., & Merritt, J. (2012). Engaging Students in Scientific Practices: What Does Constructing and Revising Models Look Like in the Science Classroom? *Science Teacher*, 79(3), 38-41. Obtenido de http://www.nsta.org/docs/ngss/201203_Framework-KrajcikAndMerritt.pdf
- Krajcik, J., Czerniak, C. M., Czerniak, C. L., & Berger, C. (2003). *Teaching Science in Elementary and Middle School Classrooms: A Project-based Approach*. McGraw-Hill.
- Lacin-Simsek, C. (2010). Classroom Teacher Candidates' Sufficiency of Analyzing the Experiments in Primary School Science and Technology Textbooks' in Terms of Scientific Process Skills. *Elementary Education Online*, 9(2), 433–445. Obtenido de <https://goo.gl/pIf1pn>
- Latorre, A., Rincón, D., & Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: GR92.
- Laufer, M. (2012). Apostar al futuro. *Interciencia*, 37(7), 489-491. Obtenido de http://www.interciencia.org/v37_07/489.pdf
- Lederman, N. (2004). Laboratory experiences and their role in science education. En S. Singer, M. Hilton, & H. Schweingruber (Edits.), *America's lab report: Investigations in high school science*. Washington, DC: National Academies Press.
- Leite, L. (1999). O ensino Laboratorial de “O Som e a Audição”. Uma análise das propostas apresentadas por manuais escolares do 8º ano de escolaridade. En R. Castro, A. Rodrigues, J. Silva, & M. Sousa (Edits.), *Manuais escolares: Estatuto, funções, história* (pp. 255-266). Braga: University of Minho.
- Leite, L. (2000). As actividades laboratoriais ea avaliação das aprendizagens dos alunos. *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*, 91-108. Obtenido de <https://goo.gl/ozV7AU>

- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. En H. Caetano, & M. Santos, *Cadernos Didácticos de Ciências* (pp. 79-97). Lisboa: Ministério da Educação - Departamento do Ensino Secundário.
- Leite, L. (2006). Da complexidade das actividades laboratoriais à sua simplificação pelos manuais escolares e às consequências para o ensino e a aprendizagem das ciências. *Boletín das Ciências*, 163-164. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1822/9800>
- Leite, L., & Figueiroa, A. (2004). Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 29-30. Obtenido de <https://goo.gl/rTCfdy>
- Ley N° 24029. (1984). *Ley del Profesorado [Ley N° 24029]*. Ministerio de Educación del Perú. Lima. Obtenido de <http://www.minedu.gob.pe/normatividad/leyes/Ley24029.php>
- Lock, R. (1988). A history of practical work in school science and its assessment, 1860-1986. *School Science Review*, 70(250), 115-119. Obtenido de http://www.rogerlock.novawebs.co.uk/pubs1_a.html
- López, D., & Guerra, M. (2013). Análisis de las actividades de aprendizaje incluidas en libros de texto de ciencias naturales para educación primaria utilizados en México. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 173-191. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/107311>
- Lotter, C., Harwood, W., & Bonner, J. (2007). The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(9), 1318–1347. doi:10.1002/tea.20191
- Luera, G. R., & Otto, C. A. (2005). Development and evaluation of an inquiry-based elementary science teacher education program reflecting current reform movements. *Journal of Science Teacher Education*, 16(3), 241-258. doi:10.1007/s10972-005-4585-2
- Lunetta, V., Hofstein, A., & Clough, M. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. En S. Abell, & N. Lederman (Edits.), *Handbook of Research on Science Education* (1a ed., pp. 393-441). Routledge.
- Lustick, D. (2009). The Failure of Inquiry: Preparing Science Teachers with an Authentic Investigation. *Journal of Science Teacher Education*, 20(6), 583-604. doi:10.1007/s10972-009-9149-4
- Manzo, A. V., & Legenza, A. (1975). Inquiry training for kindergarten children. *Educational Leadership*, 32(7), 479-483. Obtenido de http://www.ascd.org/ASCD/pdf/journals/ed_lead/el_197504_manzo.pdf
- Marbach-Ad, G., & Sokolove, P. (2000). Can undergraduate biology students learn to ask higher level questions? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 854-870. doi:10.1002/1098-2736(200010)37:8<854::AID-TEA6>3.0.CO;2-5

- Martens, M. L. (1999). Productive Questions: Tools for Supporting Constructivist Learning. *Science and Children*, 24-27, 53. Obtenido de http://www.nsta.org/store/product_detail.aspx?id=10.2505/4/sc99_036_08_24
- Martínez, A. (2004). *De la escuela expansiva a la escuela competitiva: dos modos de modernización educativa en América Latina*. Bogotá: Anthropos Editorial.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry: Exploring the Many Types of Inquiry in the Science Classroom. *Science Teacher*, 69(2), 34-37. Obtenido de http://www.nsta.org/store/product_detail.aspx?id=10.2505/4/tst02_069_02_34
- McComas, W. (2005). Laboratory instruction in the service of science teaching and learning: reinventing and reinvigorating the laboratory experience. *The Science Teacher*, 72(7), 24. Obtenido de <https://goo.gl/Ow4zas>
- McComas, W. (2013). *The Language of Science Education: An Expanded Glossary of Key Terms and Concepts in Science Teaching and Learning*. Sense Publishers.
- McDermott, L. C., Shaffer, P. S., & Constantinou, C. P. (2000). Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. *Physics Education*, 35(6), 411. doi:10.1088/0031-9120/35/6/306
- McNeal, A. P., & D'Avanzo, C. (1997). Research for all students: Structuring investigation into first-year courses. En A. P. McNeal, & C. D'Avanzo (Edits.), *Student-Active Science: Models of Innovation in College Science Teaching* (pp. 279-300). Fort Worth: Saunders College Publishing.
- Melear, C., Goodlaxson, J. D., Warne, T. R., & Hickok, L. G. (2000). Teaching Preservice Science Teachers How to Do Science: Responses to the Research Experience. *Journal of Science Teacher Education*, 11(1), 77-90. doi:10.1023/A:1009479915967
- Merritt, M. V., Schneider, M. J., & Darlington, J. A. (1993). Experimental design in the general chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 70, 660. doi:10.1021/ed070p660
- Miguens, M., & Garret, R. M. (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 229-236. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/64544>
- Miller, K. R., & Levine, J. S. (2006). *Prentice hall biology*. Boston, MA: Pearson Prentice Hall.
- Milne, C. (2008). In praise of questions: Elevating the role of questions for inquiry in secondary school science. En J. Luft, R. L. Bell, & J. Gess-Newsome, *Science as inquiry in the secondary setting* (pp. 99-106). Arlington, VA: NSTA Press.
- Ministerio de Educación del Perú. (2001). *Reglamento general de los institutos superiores pedagógicos y escuelas superiores de formación docente públicos y privados*. Lima. Obtenido de <http://www.minedu.gob.pe/normatividad/reglamentos/RegISP-ESFDpublicosyprivados.php>
- Ministerio de Educación del Perú. (2006). *Orientaciones para el Trabajo Pedagógico del Área de Ciencia, Tecnología y Ambiente 2006*. Lima: Ministerio de Educación.

- Ministerio de Educación del Perú. (2010). *Orientaciones para el Trabajo Pedagógico del Área de Ciencia, Tecnología y Ambiente 2010*. Lima. Obtenido de <http://www2.minedu.gob.pe/minedu/03-bibliografia-para-ebr/9-otpept2010.pdf>
- Ministerio de Educación del Perú. (2014). *Rutas del Aprendizaje. Usa la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida*. Lima. Obtenido de <https://goo.gl/yFCIO3>
- Minstrell, J., & Van Zee, E. (2000). *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in*. Whashington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Mizzi, D. (2013). The Challenges Faced by Science Teachers when Teaching Outside Their Specific Science Specialism. *Acta Didactica Napocensia*, 6(4), 1-6. Obtenido de http://padi.psiedu.ubbcluj.ro/adn/article_6_4_1.pdf
- Montes, L. D., & Rockley, M. G. (2002). Teacher perceptions in the selection of experiments. *Journal of Chemical Education*, 79(2), 244. doi:10.1021/ed079p244
- Mordeglia, C., Cordero, S., & Dumrauf, A. (2006). Experimentando en ciencias naturales de tercer ciclo de egb. ¿qué nos ofrecen los libros de texto? *Actas del 8º Simposio de Investigadores en Enseñanza de la Física* (pp. 220-228). Gualeguaychú, Argentina: Universidad Nacional del Litoral. Obtenido de <https://goo.gl/mIYZRx>
- Mugaloglu, E., & Saribas, D. (2010). Pre-service science teachers' competence to design an inquiry based lab lesson. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4255-4259. doi:10.1016/j.sbspro.2010.03.674
- Mutisya, S., Rotich, S., & Rotich, P. (2013). Conceptual understanding of science process skills and gender stereotyping: a critical component for inquiry teaching of science in Kenya's primary schools. *Asian Journal of Social Sciences & Humanities*, 2(3), 359-369. Obtenido de [http://www.ajssh.leena-luna.co.jp/AJSSHPDFs/Vol.2\(3\)/AJSSH2013\(2.3-38\).pdf](http://www.ajssh.leena-luna.co.jp/AJSSHPDFs/Vol.2(3)/AJSSH2013(2.3-38).pdf)
- Mutisya, S., Too, J., & Rotich, S. (2014). Performance in Science Process Skills: The Influence of Subject Specialization. *Asian Journal of Social Sciences & Humanities*, 3(1), 179-188. Obtenido de [http://www.ajssh.leena-luna.co.jp/AJSSHPDFs/Vol.3\(1\)/AJSSH2014\(3.1-17\).pdf](http://www.ajssh.leena-luna.co.jp/AJSSHPDFs/Vol.3(1)/AJSSH2014(3.1-17).pdf)
- Näslund-Hadley, E., Norsworthy, M., & Thompson, J. (2010). *Aportes: No. 7: Diciembre 2010: Despertando la curiosidad científica en Perú*. Inter-American Development Bank. Obtenido de <https://publications.iadb.org/handle/11319/3882?locale-attribute=es>
- National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academies Press. doi:10.17226/4962
- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. (S. Olson, & S. Loucks-Horsley, Edits.) Washington, DC: National Academies Press. doi:10.17226/9596
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. (H. Schweingruber, T. Keller, & H. Quinn, Edits.) Washington: National Academies Press. doi:10.17226/13165

- Newman, W., Abell, S., Hubbard, P., McDonald, J., Otaala, J., & Martini, M. (2004). Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods. *Journal of Science Teacher Education*, 15(4), 257-279. doi:10.1023/B:JSTE.0000048330.07586.d6
- Newton, L. D. (2002). Questions That Help Children Understand Elementary Science. *Investigating*, 18(2), 6-9. Obtenido de http://ubclts.com/docs/Questions_for_Elementary_Science.pdf
- Nieto, S. (2010). *Principios, Métodos y Técnicas esenciales para la Investigación educativa*. Madrid: Dykinson.
- OECD. (2006). *PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. París: OECD. Obtenido de <https://www.oecd.org/pisa/39732471.pdf>
- Ongowo, R. O., & Indoshi, F. C. (2013). Science Process Skills in the Kenya Certificate of Secondary Education Biology Practical Examinations. *Creative Education*, 4(11), 713-717. doi:10.4236/ce.2013.411101
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. doi:10.1007/s10972-014-9384-1
- Ozel, M., & Luft, J. A. (2013). Beginning secondary science teachers' conceptualization and enactment of inquiry based instruction. *School Science and Mathematics*, 113(6), 308-316. doi:10.1111/ssm.12030
- Özgelen, S. (2012). Students' Science Process Skills within a Cognitive Domain Framework. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(4), 283-292. Obtenido de http://www.ejmste.com/v8n4/eurasia_v8n4_ozgelen.pdf
- Öztürk, N., Tezel, Ö., & Acat, M. B. (2010). Science process skills levels of primary school seventh grade students in science and technology lesson. *Turkish Science Education (TUSED)*, 7(3), 15-28. Obtenido de <http://www.tused.org/internet/tused/archive/v7/i3/text/tusedv7i3s2.pdf>
- Padilla, M. J. (1990). The Science Process Skills. *Research Matters - to the Science Teacher*, (9004). Obtenido de <https://www.narst.org/publications/research/skill.cfm>
- Pardo, L. (2004). What Every Teacher Needs to Know About Comprehension. *The Reading Teacher*, 272-280. doi:10.1598/RT.58.3.5
- Perales, F. (1994). Los trabajos prácticos y la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 122-125. Obtenido de <https://ddd.uab.cat/record/23137>
- Perales, F. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 13-30. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/30486>
- Perales, F., & Vílchez, J. (2012). Libros de texto: ni contigo ni sin ti tienen mis males remedio. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*(70), 80. Obtenido de <https://goo.gl/OYjfWe>
- Pérez, G. (2007). *Modelos de investigación cualitativa en educación social y animación sociocultural. Aplicaciones prácticas*. Madrid: Narcea Ediciones.
- Peters, E. (2005). Reforming cookbook labs. *Science Scope*, 29(3), 16-21. Obtenido de <http://www.nsta.org/publications/news/story.aspx?id=51209>

- Peters, J. M., & Stout, D. L. (2006). *Science in elementary education: Methods, concepts and inquiries*. Prentice Hall.
- Phang, F. A., & Tahir, N. A. (2012). Scientific skills among pre-service science teachers at universiti teknologi malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 56, 307-313. doi:10.1016/j.sbspro.2012.09.659
- Pickering, M. (1993). The teaching laboratory through history. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 699-700. doi:10.1021/ed070p699
- Pozo, J. M., & Gómez, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata.
- Priestly, W. P., Schmuckler, J., Hilosky, A., Sutman, F., & Wang, M. (1998). Science laboratory instruction: Summary and findings of four companion studies. *The annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching*. Chicago. Obtenido de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED406164.pdf>
- Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis Educación.
- Radford, D. L., & Ramsey, L. L. (1996). Experiencing Scientific Inquiry and Pedagogy: A Model for Inservice Training for Science Education Reform. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. St. Louis, MO. Obtenido de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED394820.pdf>
- Rambuda, A., & Fraser, W. (2004). Perceptions of teachers of the application of science process skills in the teaching of Geography in secondary schools in the Free State province. *South African Journal of Education*, 24(1), 10-17. Obtenido de <http://www.ajol.info/index.php/saje/article/view/24960>
- Rauf, R., Rasul, M., Mansor, A., Othman, Z., & Lyndon, N. (2013). Inculcation of Science Process Skills in a Science Classroom. *Asian Social Science*, 9(8), 47. doi:10.5539/ass.v9n8p47
- Real Academia Española. (2014). *Real Academia Española*. Obtenido de www.rae.es/
- Reiser, B. J., Berland, L. K., & Kenyon, L. (2012). Engaging students in the scientific practices of explanation and argumentation. *Science and Children*, 49(8), 8-13. Obtenido de <https://goo.gl/aCmBCO>
- Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23(4), 415-421. Obtenido de <https://goo.gl/cRh4FY>
- Rezba, R., Sprague, C., & Fiel, R. (2003). *Learning and Assessing Science Process Skills* (4a ed.). Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Rezba, R., Sprague, C., McDonnough, J., & Matkins, J. (2007). *Learning and Assessing Science Process Skills* (5a ed.). Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Rocard, M., Csermely, P., Walwerg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Informe Rocard - Enseñanza de las ciencias ahora: Una nueva pedagogía para el futuro de Europa*. Comisión europea. Obtenido de <https://goo.gl/XZKd6Z>

- Roth, W., McGinn, M., & Bowen, G. (1998). How prepared are preservice teachers to teach scientific inquiry? Levels of performance in scientific representation practices. *Journal of Science Teacher Education*, 9(1), 25-48. doi:10.1023/A:1009465505918
- Rutherford, F. (1991). Vital connections: Children, science and books. En W. Saul, & S. Jagusch, *Vital connections: Children, science and books* (pp. 21-30). Portsmouth, NH: Heinemann.
- Sandholtz, J. (2002). In service training or professional development: Contrasting opportunities in a school/university partnership. *Teaching and Teacher Education*, 18, 815-830. doi:10.1016/S0742-051X(02)00045-8
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación.
- Sanmartí, N., & Márquez, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique. Didáctica de las Ciencias experimentales*, (70), 27-36. Obtenido de <https://goo.gl/jlTCuw>
- Sanmartí, N., Márquez, C., & García, P. (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de innovación educativa*, 8(13), 113-114. Obtenido de <https://goo.gl/LXE9Jo>
- Schwab, J. (1962). The teaching of science as enquiry. En J. J. Schwab, & P. F. Brandwein, *The Teaching of science: The teaching of science as enquiry*. Cambridge: Harvard University Press.
- Sears, J., & Sorensen, P. (Edits.). (2000). *Issues in Science Teaching*. London: RoutledgeFalmer.
- Settlage, J., & Southerland, S. A. (2007). *Teaching science to every child: Using culture as a starting point*. NY: Roudlegde Taylor & Francis.
- Shapiro, B. L. (1996). A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science: Learning about the “face of science that does not yet know”. *Science Education*, 80(5), 535-560. doi:10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<535::AID-SCE3>3.0.CO;2-C
- Sharkawy, A. (2010). A Quest to Improve: Helping Students Learn How to Pose Investigable Questions. *Science and Children*, 48(4), 32-35. Obtenido de http://static.nsta.org/files/sc1012_32.pdf
- Shedletzky, E., & Zion, M. (2005). The essence of open-inquiry teaching. *Science Education International*, 16(1), 23-38. Obtenido de http://www.icasonline.net/sei/16-01-2005/16-01-2005-23_38.pdf
- Sheeba, M. N. (2013). An Anatomy of Science Process Skills In The Light Of The Challenges to Realize Science Instruction Leading To Global Excellence in Education. *Educationia Confab*, 2(4), 108-123. Obtenido de <https://goo.gl/Kg4bYM>
- Shively, C. T., & Yerrick, R. (2014). A case for examining pre-service teacher preparation for inquiry teaching science with technology. *Research in Learning Technology*, 22. Obtenido de <http://researchinlearningtechnology.net/index.php/rlt/article/view/21691>

- Silva, J., & Leite, L. (1997). Atividades laboratoriais em manuais escolares: proposta de critérios de análise. *Boletín das Ciências*, 32, 259-264. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1822/25325>
- Solaz, J. (2009). Aprender ciencia con textos: Bases teóricas y directrices. *Latin American Journal of Physics Education*, 3(2), 376-379. Obtenido de <https://goo.gl/hWbHDM>
- Staer, H., Goodrum, D., & Hackling, M. (1998). High school laboratory work in Western Australia: Openness to inquiry. *Research in Science Education*, 28(2), 219-228. doi:10.1007/BF02462906
- Sukarno, Hamidah, I., & Permanasari, A. (2013). The Profile of Science Process Skill (SPS) Student at Secondary High School (Case Study in Jambi). *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, 1(1), 79-83. Obtenido de <http://ijser.in/archives/v1i1/MDExMzA5MTg=.pdf>
- Sundberg, M. D., & Moncada, G. J. (1994). Creating effective investigative laboratories for undergraduates. *Bioscience*, 44(10), 698. doi:10.2307/1312513
- Tafoya, E., Sunal, D. W., & Knecht, P. (1980). Assessing Inquiry Potential: A Tool For Curriculum Decision Makers. *School Science and Mathematics*, 80(1), 43-48. doi:10.1111/j.1949-8594.1980.tb09559.x
- Tamir, P., & García, M. P. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de textos de Ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 3-12. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/23542>
- Tan, M., & Temiz, K. (2003). Fen öğretiminde bilimsel süreç becerilerinin yer ve önemi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(13), 89-101. Obtenido de <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/pauefd/article/view/5000056326/0>
- Tatar, N., Korkmaz, H., & Ören, F. (2007). Araştırmaya dayalı fen laboratuvarlarında bilimsel süreç becerilerini geliştirmede etkili araçlar: Vee ve I diyagramları. *İkretim*, 6(1), 76-92. Obtenido de <http://ilkogretim-online.org.tr/vol6say1/v6s1m7.pdf>
- The Next Generation Science Standards (NGSS). (2013). *The Next Generation Science Standards*. Obtenido de <https://goo.gl/aldMW1>
- Tobin, K., Tippins, D. J., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. En D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 45-93). New York: Macmillan.
- Trautmann, N., MaKinster, J., & Avery, L. (2004). What makes inquiry so hard? (and why is it worth it?). *Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Vancouver, BC. Obtenido de http://www.ei.cornell.edu/pubs/NARST_04_CSIP.pdf
- Trumper, R. (2003). The physics laboratory—a historical overview and future perspectives. *Science & Education*, 12(7), 645-670. doi:10.1023/A:1025692409001
- Valladares, J., De Dios, J., & Perales, F. J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 003-19. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/1519>

- Valverde, G., & Näslund-Hadley, E. (2010). *La condición de la educación en matemáticas y ciencias naturales en América Latina y el Caribe [Nota técnica]*. Inter-American Development Bank.
- Valverde, G., Jiménez, R., & Viza, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de apertura. *Enseñanza de las ciencias*, 24(1), 59-70. Obtenido de <http://ddd.uab.cat/record/30489>
- Warren, B., & Ogonowski, M. (1998). From Knowledge to Knowing: An Inquiry into Teacher Learning in Science. *Center for Development of Teaching Paper Series*. Obtenido de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED428958.pdf>
- Watson, R., Goldsworthy, A., & Wood-Robinson, V. (2001). Sc1: Beyond the fair test. En J. Sears, P. Sorensen, J. Sears, & P. Sorenson (Edits.), *Issues in Science Teaching* (pp. 70 - 79). London, Londres: Routledge Falmer.
- Wells, G. (1995). Language and the Inquiry-Oriented Curriculum. *Curriculum Inquiry*, 25(3), 233-269. doi:10.1080/03626784.1995.11076181
- Wenning, C. J. (2005). Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 2(3), 3-11. Obtenido de http://www2.phy.ilstu.edu/pte/publications/levels_of_inquiry.pdf
- Wenning, C. J. (2011). Experimental inquiry in introductory physics courses. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 6(2), 2-8. Obtenido de http://www2.phy.ilstu.edu/pte/publications/exp_inq_intro_courses.pdf
- Westerlund, J. F., García, D. M., Koke, J. R., Taylor, T. A., & Mason, D. (2002). Summer scientific research for teacher: The experience and its effect. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 63-83. doi:10.1023/A:1015133926799
- Wheeler, L., & Bell, R. (2012). Open-ended inquiry: Practical ways of implementing the most challenging form of inquiry. *The Science Teacher*, 79(6), 32-39. Obtenido de <https://goo.gl/00X0s0>
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. New York: Routledge.
- Windschitl, M. (2002). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143. doi:10.1002/sce.10044
- Windschitl, M. (2004). Folk Theories of “Inquiry:” How Preservice Teachers Reproduce the Discourse and Practices of an Atheoretical Scientific Method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481–512. doi:10.1002/tea.20010
- Windschitl, M. (2006). Why can't we talk to one another about science education reform. *Phi Delta Kappan*, 87(5), 348 – 355. Obtenido de <https://goo.gl/3ADrgy>
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967. doi:10.1002/sce.20259

- Worth, K., Duque, M., & Saltiel, E. (2009). *Designing and implementing inquiry-based science units for primary education*. Montrouge: La main à la pâte foundation.
- Yakar, Z. (2014). Effect of teacher education program on science process skills of pre-service science teachers. *Educational Research and Reviews*, 9(1), 17-23. doi:10.5897/ERR2013.1530
- Zeitoun, S., & Zeina, H. (2015). Investigating the Science Process Skills in Cycle 3 National Science Textbooks in Lebanon. *American Journal of Educational Research*, 3(3), 268-275. doi:10.12691/education-3-3-3
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27, 172-223. doi:10.1016/j.dr.2006.12.001
- Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from Structured to Open Inquiry: Challenges and Limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399. Obtenido de <http://www.icasonline.net/sei/december2012/p6.pdf>
- Zion, M., Cohen, S., & Amir, R. (2007). The spectrum of dynamic inquiry teaching practices. *Research in Science Education*, 37(4), 423-447. doi:10.1007/s11165-006-9034-5

Anexos

Anexo A

Cuestionario aplicado a los profesores participantes al inicio de la Especialización

Recordar y narrar por escrito dos actividades experimentales que propusieron en su aula de clase, detallando las preguntas que formularon a sus alumnos durante el desarrollo de las mismas. También deberán explicar qué les solicitaron a los alumnos que hicieran durante la actividad, por ejemplo, si les pidieron que planteen hipótesis, realicen mediciones, hagan gráficos, etc.

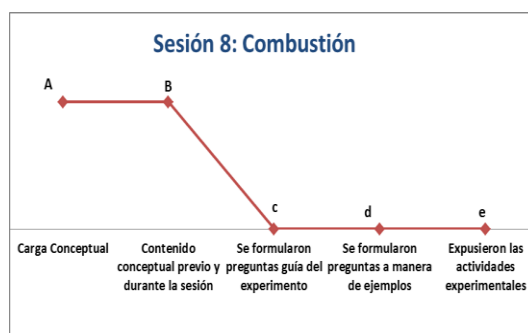
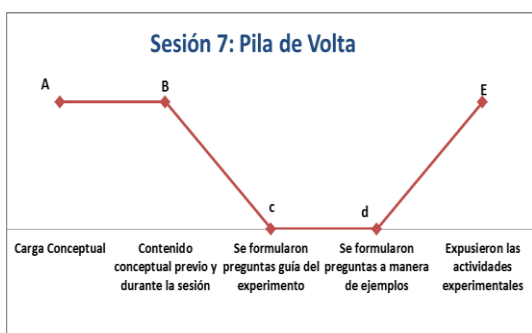
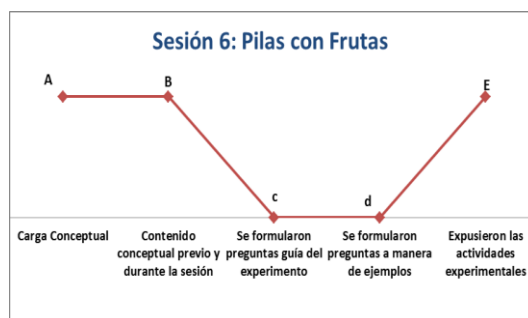
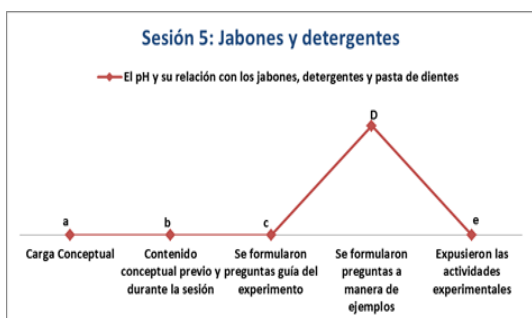
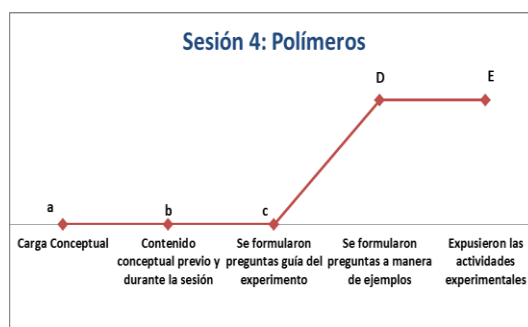
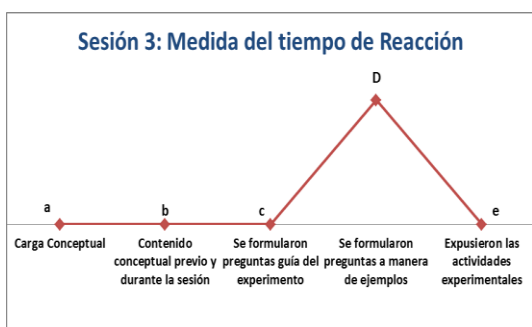
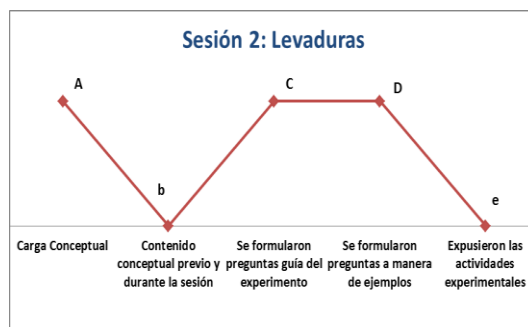
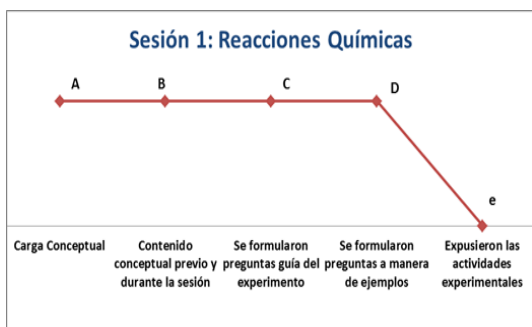
Anexo B

Cuestionario aplicado a los profesores participantes en la Especialización

Recuerde una clase con experimentos, redáctela y explique cómo aplicó el modelo didáctico por indagación.

Anexo C

Patrones de las sesiones de clase



Anexo D

Trabajo planteado a los profesores de la Especialización en cada una de las sesiones de clase

Tomando como base el tema trabajado en la sesión de clase, de manera individual deberá presentar un trabajo a manera de un informe. En la elaboración del mismo, deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos: (a) en dicho trabajo deben explicar: los conceptos teóricos involucrados, el procedimiento a seguir (qué les pedirán hacer a los alumnos), quiénes plantean la pregunta investigable, quiénes el diseño experimental, etc., es decir, deberán señalar explícitamente, por ejemplo, si el profesor plantea la pregunta de investigación, el diseño experimental o lo hace el alumno, (c) si la pregunta investigable es formulada por el alumno, deben incluir en su trabajo una alternativa posible, igualmente si el diseño experimental lo realizará el alumno. En cualquier caso, se debe incluir un desarrollo de la actividad planteada, de tal manera que cualquier otro profesor al leer su informe podrá comprender con facilidad la pregunta investigable planteada, el diseño experimental propuesto: hipótesis, procedimiento y control de variables.

Anexo G

Consigna para la realización de los trabajos libres 1 y 2 (TL1 y TL2)

De manera individual deberán presentar un trabajo a manera de un informe. En la elaboración del mismo, deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos: (a) debe relacionarse con los contenidos conceptuales que se imparten en el aula de clase que tienen a su cargo, (b) en dicho trabajo deben explicar: los conceptos teóricos involucrados, el procedimiento a seguir (qué les pedirán hacer a los alumnos), quiénes plantean la pregunta investigable, quiénes el diseño experimental, etc., es decir, deberán señalar explícitamente, por ejemplo, si el profesor plantea la pregunta de investigación, el diseño experimental o lo hace el alumno, (c) si la pregunta investigable es formulada por el alumno, deben incluir en su trabajo una alternativa posible, igualmente si el diseño experimental lo realizará el alumno. En cualquier caso, se debe incluir un desarrollo de la actividad planteada, de tal manera que cualquier otro profesor al leer su informe podrá comprender con facilidad la pregunta investigable planteada, el diseño experimental propuesto: hipótesis, procedimiento y control de variables.

Anexo H

Cuestionario aplicado a los profesores participantes en la Especialización al inicio del segundo semestre académico

1. ¿Qué dificultades encuentran para plantear preguntas investigables en sus sesiones de clase?

2. ¿Cuáles son los criterios que toman en cuenta para plantear una pregunta investigable?

3. ¿Cómo lo he ido aplicando en mi práctica docente?

Anexo J

Cuestionario aplicado a los profesores participantes en la Especialización al inicio de cada semestre académico.

¿En algún experimento propició que los alumnos hicieran su diseño experimental?

Detalle