



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES CON NIVEL DE INDAGACIÓN GUIADA Y ABIERTA Y SU IMPACTO EN LA FORMACIÓN DE FUTUROS DOCENTES

Denisse Nonajulca-Córdova

Piura, octubre de 2018

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

Nonajulca, D. (2018). *Las actividades experimentales con nivel de indagación guiada y abierta y su impacto en la formación de futuros docentes* (Tesis para optar el título de Licenciado en Educación, Nivel Secundaria, especialidad Matemática y Física). Universidad de Piura. Facultad de Ciencias de la Educación. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](https://repositorio.institucional.pirhua.edu.pe/)

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN



**Las actividades experimentales con nivel de indagación guiada y abierta y su
impacto en la formación de futuros docentes**

Tesis para optar el Título de Licenciado en Educación

Nivel Secundaria - Especialidad Matemática y Física

Denisse Consuelo Nonajulca Córdova

Asesor: Dra. María del Carmen Barreto de Guerrero

Piura, Octubre 2018

Aprobación

La tesis titulada “*Las actividades experimentales con nivel de indagación guiada y abierta y su impacto en la formación de futuros docentes*”, presentada por la bachiller Denisse Consuelo Nonajulca Córdova, en cumplimiento con los requisitos para optar el grado de Licenciado en Ciencias de la Educación - Nivel Secundaria - Especialidad Matemática y Física, fue aprobada por la asesora oficial, Dra. María del Carmen Barreto de Guerrero y fue defendida el.....de..... de 2018 ante el tribunal integrado por:

.....
Presidente

.....
Informante

.....
Secretario

Agradecimientos

A Dios, por haber dirigido mis pasos hacia la Universidad de Piura y poder tener la oportunidad de conocer a personas tan valiosas que han aportado en el desarrollo de mi crecimiento personal y profesional. A mi familia, por enseñarme a luchar por mis metas, en especial a mi abuelo Roberto Córdova Palacios, por ser el faro que guía mi actuar, a mis hermanas y hermano por ser el regocijo cuando todo se ponía difícil, a mis padres quienes me dieron la vida. A mi asesora María del Carmen Barreto de Guerrero por la paciencia y por inyectarme el amor por la ciencia, de quien aprendí que la perfección está en los pequeños detalles. A mis amigos y formadores que desde un principio me han acompañado a culminar esta investigación. A las personas que Dios ha sabido, en su infinita sabiduría, colocar en mi camino, gracias Jaime Talledo, Prof. Emma Carreño y Julia Maza.

RESUMEN ANALÍTICO - INFORMATIVO

Título de la tesis: Las actividades experimentales con nivel de indagación guiada y abierta y su impacto en la formación de futuros docentes.

Autor de la tesis: Denisse Consuelo Nonajulca Córdova.

Asesor de la tesis: Dra. María del Carmen Barreto de Guerrero.

Tipo de tesis: Tesis de título.

Título que opta: Licenciado en Educación. Nivel Secundaria - Especialidad Matemática y Física.

Institución. Facultad: Universidad de Piura. Facultad de Educación.

Fecha de sustentación: Piura, de de 2018.

Palabras claves: Estudiante para profesor / Contenido conceptual / Habilidades de proceso científico / Indagación / Nivel de indagación

Descripción: Tesis para optar el Título de Licenciado en Educación, perteneciente a la línea de investigación sobre “*Las actividades experimentales con nivel de indagación guiada y abierta y su impacto en la formación de futuros docentes*”.

La autora presenta la descripción de las habilidades de proceso científico y el dominio conceptual en dos actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta; planteadas por los estudiantes para profesor matriculados en el curso de Introducción a las Ciencias impartido en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Piura, en el semestre 2015-I.

Contenido: La tesis está dividida en cinco capítulos: el primer capítulo, presenta el planteamiento del problema y describe la metodología de la investigación. El segundo capítulo trata los lineamientos teóricos que sustentan este estudio, y el estado de la cuestión. En el tercer capítulo se realizan las descripciones de las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada e indagación abierta. En el cuarto capítulo se comparan los alcances obtenidos en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta relacionados con las habilidades de proceso científico y el contenido desarrollado durante la investigación. Finalmente, en el quinto capítulo se detallan las conclusiones, limitaciones y perspectivas de la investigación.

Metodología: La investigación se trabajó bajo el paradigma interpretativo. El análisis de las actividades experimentales fue cualitativa y cuantitativa. Para recoger las actividades experimentales planteadas, se usó como instrumento un cuestionario.

Conclusiones: Los resultados evidenciaron una mejora en la adquisición de las habilidades de proceso científico y el dominio conceptual en la actividad experimental planteada en el nivel de indagación abierta con respecto al nivel de indagación guiada.

Fuentes: Análisis de dos actividades experimentales planteadas en los niveles de indagación guiada y abierta. Análisis de artículos de revistas y libros reseñados en las referencias bibliográficas de la tesis.

Fecha de elaboración resumen: 05 de octubre de 2018.

Tabla de Contenidos

Introducción	1
Capítulo 1. Planteamiento del estudio y metodología de la investigación	5
1.1. Introducción	5
1.2. Planteamiento del problema.....	5
1.3. Objetivos de la investigación.....	7
1.3.1. Objetivo general.....	7
1.3.2. Objetivos específicos	7
1.4. Justificación	8
1.5. Paradigma de la investigación	8
1.6. Diseño de la investigación	8
1.6.1. Preguntas de investigación.....	9
1.6.2. Muestra	9
1.6.3. Instrumento de recogida de datos.....	9
1.7. Organización de la investigación.....	9
1.7.1. Análisis de datos	11
Capítulo 2. Marco teórico y estado de la cuestión	13
2.1. Introducción	13
2.2. Definición de la indagación	13
2.2.1. La indagación científica en las Rutas del aprendizaje	15
2.2.2. Actividades experimentales	17
2.2.3. Niveles de indagación	17
2.2.3.1. Indagación confirmatoria.....	18
2.2.3.2. Indagación estructurada.....	18
2.2.3.3. Indagación guiada.....	18
2.2.3.4. Indagación abierta	19
2.3. La ciencia como proceso y producto	19
2.3.1. Las habilidades de proceso científico	20
2.3.1.1. Clasificación de las habilidades de proceso científico	22
2.3.1.1.1. Habilidades básicas de proceso científico	22
2.3.1.1.2. Habilidades integradas de proceso científico	22
2.3.2. Definición de las habilidades de proceso científico, materia de la presente investigación.....	23
2.3.2.1. Formulación de la pregunta investigable.....	23
2.3.2.1.1. Definición de la pregunta investigable	23
2.3.2.1.2. Tipos de preguntas investigables.....	24
2.3.2.2. Elaboración del diseño experimental.....	25
2.3.2.2.1. Manejo de variables.....	26
2.3.2.2.2. Elaboración del procedimiento a seguir	26
2.3.2.3. Formulación de conclusiones	26
2.3.3. Contenido conceptual.....	26
2.4. Formación de profesorado en ciencias.....	29
2.5. Estado de la cuestión.....	32
2.5.1. Artículos relacionados a la formación de profesores	32
2.5.2. Artículos relacionados a las habilidades de proceso científico, materia de la presente investigación.	33
2.5.3. Artículos relacionados al contenido conceptual	34

Capítulo 3. Análisis de resultados	35
3.1. Introducción.....	35
3.2. Habilidades de proceso científico.....	35
3.2.1. Análisis de las preguntas investigables formuladas.....	35
3.2.1.1. Clasificación de las preguntas investigables según su tipología.....	39
3.2.2. Análisis de los diseños experimentales.....	44
3.2.2.1. Análisis del procedimiento a seguir.....	44
3.2.2.1.1. Nivel de indagación guiada.....	45
3.2.2.1.2. Nivel de indagación abierta.....	49
3.2.2.2. Pertinencia entre el procedimiento a seguir y la pregunta investigable.....	53
3.2.2.3. Estilos de presentación de los procedimientos a seguir en actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.....	55
3.2.2.4. Análisis de las variables experimentales.....	56
3.2.2.4.1. Análisis de los tipos de variables de las actividades experimentales.....	60
3.2.2.4.2. Análisis de las variables experimentales en relación con la pregunta investigable y el procedimiento a seguir.....	61
3.2.2.5. Análisis del diseño experimental: procedimiento y variables.....	64
3.2.3. Análisis de la redacción de conclusiones.....	67
3.2.4. Análisis de la redacción de conclusiones en relación con la pregunta investigable, el procedimiento a seguir y las variables.....	69
3.3. Contenido.....	73
3.3.1. Análisis de contenido de la pregunta investigable.....	74
3.3.1.1. Análisis de contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.....	75
3.3.1.2. Análisis de contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.....	77
3.3.2. Pertinencia del contenido desarrollado en los cuestionarios con la pregunta investigable.....	84
3.3.3. Evaluación del contenido propiamente dicho.....	86
3.3.3.1. Evaluación del contenido propiamente dicho en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.....	87
3.3.3.1.1. Categoría A.....	88
3.3.3.1.2. Categoría B.....	88
3.3.3.1.3. Categoría C.....	89
3.3.3.1.4. Categoría D.....	89
3.3.3.2. Evaluación del contenido propiamente dicho en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.....	90
3.3.3.2.1. La levadura.....	90
3.3.3.2.2. La oxidación.....	91
3.3.3.2.3. El plano inclinado.....	91
3.3.3.2.4. La solubilidad.....	92
3.3.3.2.5. El suelo.....	93
3.3.3.2.6. La turbina.....	93
3.3.4. Análisis de contenido con relación a la pregunta investigable, el procedimiento, las variables y las conclusiones.....	94

Capítulo 4. Discusión de resultados	99
4.1. Introducción	99
4.2. Discusión de resultados respecto a las habilidades de proceso científico.	99
4.2.1. Discusión de resultados respecto a la formulación de las preguntas investigables.....	99
4.2.1.1. Discusión de resultados respecto a la tipología de las preguntas investigables	100
4.2.2. Discusión de resultados respecto al diseño experimental	102
4.2.2.1. Discusión de resultados respecto a los procedimientos.....	102
4.2.2.1.1. Discusión de resultados respecto a los procedimientos a seguir en relación con la pregunta investigable	103
4.2.2.2. Discusión de resultados respecto a las variables	104
4.2.2.2.1. Discusión de resultados respecto a los tipos de variables experimentales	105
4.2.2.3. Discusión de resultados respecto al diseño experimental: procedimiento y variables experimentales	106
4.2.3. Discusión de resultados respecto a las conclusiones	107
4.2.3.1. Discusión de resultados respecto a las conclusiones en relación con la pregunta investigable, el procedimiento a seguir y las variables.....	108
4.3. Discusión de resultados respecto al contenido	109
4.3.1. Discusión de resultados respecto al análisis del contenido de la pregunta investigable	109
4.3.2. Discusión de resultados respecto a la pertinencia entre contenido y la pregunta investigable.	110
4.3.3. Discusión de resultados respecto al análisis del contenido con relación a la pregunta investigable, el procedimiento, las variables y las conclusiones	111
4.4. Resumen.....	112
 Capítulo 5. Conclusiones, limitaciones y prospectivas de la investigación	113
5.1. Introducción	113
5.2. Conclusiones.....	113
5.2.1. Habilidades de proceso científico	113
5.2.2. Contenido	114
5.3. Limitaciones de la investigación.....	115
5.4. Prospectivas de la investigación	116
 Referencias bibliográficas	117
 Anexos.....	131
Anexo A1.	133
Anexo B1.....	134
Anexo C1.....	135

Índice de tablas

Tabla 2.1:	Rúbrica utilizada para evaluar los tipos de preguntas investigables.....	12
Tabla 2.2:	Clasificación de las preguntas investigables según Chin (2002).....	24
Tabla 3.1:	Categorías según el tipo de pregunta.	40
Tabla 3.2:	Test de medias de la proporción de los tipos de preguntas investigables propuestas de acuerdo al nivel de indagación involucrado en la sesión.....	41
Tabla 3.3:	Ejemplos según el tipo de preguntas en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	42
Tabla 3.4:	Ejemplos según el tipo de pregunta de la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	43
Tabla 3.5:	Cuadro comparativo del procedimiento a seguir planteado correctamente, aunque la pregunta investigable es incorrecta en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	52
Tabla 3.6:	Test de medias del porcentaje respecto a las variables correctamente planteadas en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	59
Tabla 3.7:	Test de medias del porcentaje respecto a las Conclusiones.....	68
Tabla 3.8:	Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	76
Tabla 3.9:	Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema de la Levadura.....	79
Tabla 3.10:	Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema de Oxidación	80
Tabla 3.11:	Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema del Plano inclinado	81
Tabla 3.12:	Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema de Solubilidad	82
Tabla 3.13:	Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema del Suelo	83

Tabla 3.14:	Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema de la Turbina	84
Tabla 4.1:	Test de medias del porcentaje de preguntas investigables propuestas de acuerdo con el nivel de indagación involucrado en la sesión.....	99
Tabla 4.2:	Test de medias de la proporción de los tipos de preguntas investigables propuestas de acuerdo con el nivel de indagación involucrado en la sesión	101
Tabla 4.3:	Test de medias del porcentaje de los procedimientos planteadas en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación guiada y abierta	102
Tabla 4.4:	Test de medias del porcentaje respecto al procedimiento a seguir con la pregunta investigable	103
Tabla 4.5:	Test de medias del porcentaje respecto a las variables correctamente planteadas en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	105
Tabla 4.6:	Test de medias del porcentaje obtenido respecto a cada una de las variables correctamente planteadas en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	106
Tabla 4.7:	Test de medias del porcentaje de los diseños experimentales planteados en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.....	106
Tabla 4.8:	Test de medias del porcentaje respecto a las conclusiones	107
Tabla 4.9:	Test de medias del porcentaje respecto a las conclusiones en relación con la pregunta investigable, el procedimiento a seguir y las variables.....	108
Tabla 4.10:	Test de medias del porcentaje respecto al contenido correctamente planteado en actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	109
Tabla 4.11:	Test de medias del porcentaje respecto al contenido correctamente planteado en relación con la pregunta investigable en las actividades experimentales de propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	111
Tabla 4.12:	Test de medias del porcentaje respecto al análisis del contenido con relación a la pregunta investigable, el procedimiento, las variables y las conclusiones.....	112

Índice de figuras

Figura 1.1.	Niveles en los cuales se planificó la investigación.....	10
Figura 1.2.	Temas propuestos a los estudiantes para profesor para la elaboración de la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	11
Figura 3.1:	Porcentaje de preguntas formuladas (investigables y no investigables) y no formuladas. Actividad propuesta en el nivel de indagación guiada	37
Figura 3.2.	Proporción de las preguntas formuladas en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	39
Figura 3.3.	Proporción de preguntas investigables planteadas en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	41
Figura 3.4.	Porcentaje de los procedimientos a seguir correcta e incorrectamente diseñados y no planteados en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	45
Figura 3.5.	Esquema de la relación entre las preguntas investigables y el procedimiento a seguir correctamente formuladas	46
Figura 3.6.	Materiales indicados en el procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A7)	47
Figura 3.7.	Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A7) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	47
Figura 3.8.	Esquema de la relación entre las preguntas investigables incorrectas y el procedimiento a seguir correctamente formulado	48
Figura 3.9.	Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A13) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	49
Figura 3.10.	Porcentaje de los procedimientos a seguir planteados en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	50
Figura 3.11.	Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A17) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	51
Figura 3.12.	Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A60) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	53
Figura 3.13.	Porcentaje sobre la pertinencia entre el procedimiento a seguir y la pregunta investigable en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	54

Figura 3.14.	Procedimiento planteado por el estudiante para profesor (A8) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	54
Figura 3.15.	Esquema de los criterios hallados al analizar los procedimientos a seguir en la actividad propuesta en el nivel de indagación guiada	55
Figura 3.16.	Esquema de los criterios hallados al analizar los procedimientos a seguir en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.....	56
Figura 3.17.	Proporción de la identificación de variables experimentales en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	57
Figura 3.18.	Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A6) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.....	58
Figura 3.19.	Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A6) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	58
Figura 3.20.	Variables experimentales planteadas por el estudiante para profesor (A26) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.....	59
Figura 3.21.	Variables experimentales planteadas por el estudiante para profesor (A26) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.....	60
Figura 3.22.	Proporción de las variables experimentales en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	61
Figura 3.23.	Proporción de la correspondencia entre las variables, la pregunta investigable y el procedimiento a seguir en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	61
Figura 3.24.	Variables experimentales planteadas por el estudiante para profesor (A1) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.....	63
Figura 3.25.	Variables experimentales planteadas por el estudiante para profesor (A7) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.....	63
Figura 3.26.	Variables experimentales planteadas por el estudiante para profesor (A7) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.....	64
Figura 3.27.	Porcentaje de los diseños experimentales propuestos por los estudiantes para profesor en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	65
Figura 3.28.	Procedimiento elaborado por el estudiante para profesor (A5) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	66
Figura 3.29.	Procedimiento elaborado por el estudiante para profesor (A49) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	67

Figura 3.30.	Porcentaje de la correspondencia entre el análisis de conclusiones en relación con la pregunta investigable, el procedimiento a seguir y las variables en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	70
Figura 3.31.	Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A9) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.....	71
Figura 3.32.	Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A50) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	73
Figura 3.33.	Proporción de categorías del análisis de contenido de las preguntas investigables en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	75
Figura 3.34.	Proporción de categorías del análisis de contenido de las preguntas investigables propuestas en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	77
Figura 3.35.	Proporción del grado de pertinencia entre el contenido y la pregunta en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	85
Figura 3.36.	Esquema planteado por el estudiante para profesor (A1) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	85
Figura 3.37.	Porcentaje de la evaluación del contenido propiamente dicho en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta	87
Figura 3.38.	Esquema propuesto por el estudiante para profesor (A9) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	94
Figura 3.39.	Contenido propuesto por el estudiante para profesor (A1) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	95
Figura 3.40.	Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A1) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.....	96
Figura 3.41.	Contenido desarrollado por el estudiante para profesor (A2) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.....	96
Figura 3.42.	Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A2) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta	97

Introducción

La presente investigación tiene por objetivo describir las habilidades de proceso científico y el dominio conceptual, desarrollados en dos actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada e indagación abierta. Han sido desarrolladas por 74 estudiantes para profesor, matriculados en el curso de Introducción a las Ciencias impartido en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Piura.

La presente investigación se realizó bajo el *paradigma interpretativo*. Asimismo, el análisis de las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada e indagación abierta fue mixta, puesto que, parte de la investigación es cualitativa y otra, cuantitativa. Para recoger las actividades experimentales planteadas, se usó como instrumento un cuestionario. Así también, el análisis se desarrolló en función de dos criterios: la apropiación de las habilidades de proceso científico en relación con el nivel de indagación de las actividades experimentales, propuestas por los estudiantes para profesor, y el nivel de indagación de las actividades experimentales en relación con el dominio conceptual.

Las habilidades de proceso científico se definen como “las capacidades relacionadas con: identificar una pregunta investigable, diseñarla, obtener evidencia en términos de la pregunta que se está investigando, y comunicar el proceso de investigación” (Harlen, 1999, p. 129). A nivel internacional, se considera de suma importancia el desarrollo de las habilidades de proceso científico, haciendo uso de la metodología indagatoria (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999). Asimismo, son muchas las organizaciones que las evalúan constantemente, como el Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes o informe PISA. Del mismo modo, son diversos los autores (Akinbobola y Afolabi, 2010; Aslan, 2015; Ongowo y Indoshi, 2013) que han realizado investigaciones teniendo como objeto evaluar las habilidades de proceso científico. Entre estas, como materia de la presente investigación, se encuentran la formulación de la pregunta investigable, la elaboración del procedimiento a seguir, el manejo de las variables y la formulación de conclusiones.

En este trabajo, las actividades experimentales se desarrollaron teniendo en cuenta dos de los cuatro niveles de indagación, clasificados de manera que miden el grado de apertura o autonomía de las habilidades de proceso científico que posee un estudiante durante una investigación. Entre los niveles de indagación, se tiene: la indagación confirmatoria, la

indagación estructurada, la indagación guiada y la indagación abierta; estas dos últimas son objeto del presente estudio.

En el nivel de indagación guiada el profesor proporciona a los estudiantes para profesor la pregunta investigable. Estos deben diseñar o seleccionar el proceso para llevar a cabo su investigación y explicar sus resultados. Mientras que en el nivel de indagación abierta los estudiantes para profesor plantean las preguntas, elaboran el diseño experimental, registran y analizan datos y comunican sus resultados.

El contenido de la tesis se ordena en cinco capítulos, como se detalla a continuación:

En el capítulo I, llamado “Planteamiento del estudio y metodología de la investigación”, se presenta el planteamiento del problema. Aquí se dan a conocer los antecedentes sobre el presente estudio, con la información recopilada analizando artículos relacionados con el desarrollo de habilidades de proceso científico haciendo uso de la metodología indagatoria. Del mismo modo, se explican aportes sobre los niveles de indagación planteados en actividades experimentales y artículos sobre formación de profesores en ciencias. Además, se describe la metodología de la investigación, la misma que abarca los objetivos y las preguntas de investigación que dirigieron este estudio.

En el capítulo II, llamado “Marco teórico y estado de la cuestión”, se tratan los principales lineamientos teóricos que sustentan esta investigación. Primero, se detalla todo lo concerniente a la indagación científica, empezando por la definición, los niveles de indagación, las habilidades de proceso científico, que son materia de la presente investigación, así como la teoría que recoge la literatura científica respecto al contenido conceptual y a la formación del profesorado en ciencias. Culminando este capítulo, se expone el estado de la cuestión en el cual se describen las contribuciones de diversos investigadores que han desarrollado estudios relacionados con el presente estudio.

En el capítulo III de “Análisis de resultados” se realizan las descripciones de las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada e indagación abierta. Estas se analizaron en dos puntos importantes, respondiendo a las preguntas de investigación. El primer punto hace un análisis de las habilidades de proceso científico que los estudiantes para profesor desarrollan de acuerdo con el nivel de indagación con el que se trabaja; el segundo punto analiza el dominio de conceptos desarrollados por los estudiantes para profesor en función al nivel de indagación con el que se está investigando.

En el capítulo IV de “Discusión de resultados” se comparan los alcances obtenidos en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación en estudio relacionados con las habilidades de proceso científico y el contenido desarrollado durante la investigación.

Finalmente, se detallan las “Conclusiones, limitaciones y perspectivas de la investigación”, relacionadas al desarrollo de habilidades de proceso científico y el dominio conceptual en relación con los niveles de indagación propuestos en las actividades experimentales desarrolladas por los estudiantes para profesor. Asimismo, se presentan de manera específica las condiciones que delimitan esta investigación, así como también, la reflexión a futuro sobre nuevas directrices de estudio que se relacionen con este trabajo.

Capítulo 1

Planteamiento del estudio y metodología de la investigación

1.1. Introducción

En este capítulo se desarrollará el planteamiento del estudio y la metodología de la investigación. En la primera parte se desarrollarán los siguientes puntos: el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación y la justificación de la misma. En la segunda parte se darán a conocer los aspectos importantes de la metodología empleada en la investigación, la cual abarcará: el paradigma y el diseño de la investigación, y dentro de éste se detallará las preguntas de investigación, la muestra y el instrumento de recogida de datos; además se describirá la organización de la investigación para el análisis de los datos.

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente, el modelo didáctico de enseñanza de las ciencias basada en la indagación está siendo utilizada por muchos profesores en diferentes países (Harlen, 1999) como modelo a seguir en la enseñanza de las ciencias tanto en los colegios como en las instituciones de nivel superior. En esta línea Rocard, Csermely, Walweg-Henriksson y Hemmo (2007), recomiendan que: “Las nuevas formas pedagógicas deben comportar mejoras en la educación científica; debería promoverse y apoyarse activamente la introducción en las escuelas de enfoques basados en la investigación, la formación del profesorado en este método” (p.115).

Por otra parte, se debe tomar en cuenta que el modelo didáctico de enseñanza por indagación propone generar situaciones que sitúen al estudiante ante una realidad que le permita desarrollar hábitos de pensamiento científico (García González y Furman, 2014). De acuerdo con la literatura científica estas habilidades de proceso científico reciben una variedad de nombres: “método científico, pensamiento científico, y pensamiento crítico” (Özgelen, 2012, p. 283). Así también se refieren a ella como “competencias científicas, modos de conocer, hábitos del pensamiento, habilidades, destrezas o procedimientos científicos” (Furman y de Podestá, 2009, p. 44). En torno a esta investigación, se les llamarán “habilidades de proceso científico”. Se debe tomar en cuenta que las habilidades de proceso científico forman una parte importante de la indagación científica y también promueven la alfabetización en los estudiantes (Anderson, 2002). Harlen (1999), establece que el concepto de habilidades de proceso científico “incluye, de una forma u otra, las capacidades relacionadas con: identificar una pregunta

investigable, diseñarla, obtener evidencia en términos de la pregunta que se está investigando, y comunicar el proceso de investigación” (p.129).

A nivel internacional son muchas las organizaciones que evalúan constantemente las habilidades de proceso científico que poseen los estudiantes; un ejemplo de ello es el Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA), el cual utiliza un examen estandarizado aplicado cada tres años a alumnos y alumnas de quince años, con la intención de evaluar competencias, sobre: lectura, matemática y ciencias naturales. En el área de ciencias se evalúan tres competencias: “identificación de cuestiones científicas, explicación de fenómenos científicos y uso de pruebas científicas” (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2015, p. 386). Por otra parte, diversos autores han evaluado las habilidades de proceso científico a estudiantes, en diversos contextos y con diferentes propósitos; por ejemplo, Aslan (2015), Akinbobola y Afolabi (2010), Ongowo y Indoshi (2013), Öztürk, Tezel y Acat (2010) y Sukarno y Hamidah (2013).

En el año 2015, el Perú ocupó el penúltimo lugar en América Latina (puesto 64 de 70 países) (OECD, 2015) en el área de matemática y de ciencias en el examen PISA. Sin embargo, nuestro país no solo obtuvo los últimos lugares sino una calificación menor al promedio que establece la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), los cuales son de 387, 397 y 398 de puntaje (OECD, 2015) para matemáticas, ciencias y comprensión lectora, respectivamente. Perú solo obtuvo un promedio de 368, 373 y 384 correspondientemente. Ante este panorama, el Ministerio de Educación Peruano (2015) ha desarrollado las Rutas del Aprendizaje, éstas son orientaciones pedagógicas y didácticas para mejorar la enseñanza de las ciencias, en las cuales se sugiere incluir el modelo didáctico basado en la enseñanza por indagación para la adquisición de las habilidades de proceso científico. En el fascículo general de las Rutas del Aprendizaje (Ministerio de Educación del Perú, 2014) se define a la indagación científica como “un enfoque que moviliza un conjunto de procesos que permiten 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).

Internacionalmente, algunos autores como Banchi y Bell (2008) entienden la adquisición de las habilidades de proceso científico como modos de conocer de la ciencia, en donde se ponen en juego capacidades complejas, las mismas que se desarrollan gradualmente desde las más simples en los primeros años, para luego refinarse hasta convertirse en

habilidades con mayor dificultad. Asimismo, se debe tener en cuenta que la literatura científica recoge que el binomio, conceptos y habilidades de proceso científico, muchas veces no son perfeccionados adecuadamente; pues se abastece al estudiante con información que no comprende ni interpreta; teniendo como consecuencia la deficiencia para poder expresarla o compartirla (Furman y de Podestá, 2009). Por ello, para que los estudiantes comprendan, es necesario que vinculen sus nuevas experiencias con las ya poseídas para ampliar sus conocimientos y habilidades, de esta manera las pequeñas ideas desarrolladas en fenómenos particulares, unidas entre sí, se aplicarán a fenómenos relacionados con un mayor poder explicativo (Harlen, 1999).

Atendiendo a lo expuesto anteriormente, es de suma importancia desarrollar las habilidades de proceso científico haciendo uso de la metodología indagatoria para que, así el alumnado aprenda a dar el sentido que dan los científicos a los hechos que se llevan a cabo en la naturaleza, y asimismo aprendan a elaborar diseños experimentales para adquirir los contenidos utilizando las habilidades de proceso científico para comprender los fenómenos cotidianos que los rodean (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999) ya que de esta manera el estudiante construirá su propio aprendizaje, relacionándolo con su entorno para construir un nuevo conocimiento (Ministerio de Educación del Perú, 2015).

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

El objetivo general del trabajo de investigación es el siguiente:

- Describir las habilidades de proceso científico puestas en juego por los estudiantes para profesor y, el dominio conceptual involucrado por estos mismos en su desarrollo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las habilidades de proceso científico que ponen en juego los estudiantes para profesor cuando desarrollan las actividades experimentales propuestas por el profesor del curso.
- Identificar el nivel de dominio conceptual de los estudiantes para profesor en el desarrollo de las actividades experimentales.
- Establecer una relación entre el dominio conceptual y el nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas.

1.4. Justificación

El desarrollo del presente trabajo de investigación, permite no solo identificar el impacto en cuanto a la apropiación de habilidades de proceso científico y dominio conceptual de dos actividades experimentales propuestas en diferente nivel de indagación, sino también permite contar con un punto de partida para identificar las actividades experimentales que promueven una mejor comprensión por parte de los estudiantes para profesor de lo que representa llevar el modelo didáctico por indagación al aula de clase. Los resultados obtenidos servirán de guía para la implementación de futuras actividades experimentales en el curso de Introducción a las Ciencias.

1.5. Paradigma de la investigación

La investigación desempeña un rol activo en el progreso de la ciencia, ésta procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar y corregir o aplicar el conocimiento (Tamayo, 2004), a una determinada realidad. Según la literatura, existen muchos caminos para hacer ciencia, cada uno de ellos presenta unas características específicas. Los autores Latorre, Del Rincón y Arnal (1996) afirman que existen 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 implica analizar los cuestionarios de los estudiantes para profesor e interpretar los resultados que se obtengan.

Asimismo, Nieto (2010) proporciona unas modalidades para la investigación educativa, la presente investigación se ha clasificado según el carácter de medida, ya que se puede considerar una parte de este estudio como investigación cualitativa y cuantitativa, eso quiere decir que se ha llevado a cabo un análisis mixto. Por un lado, se le considera cualitativa puesto que analiza las actividades experimentales en función de las habilidades de proceso científico; asimismo se le considera cuantitativa porque en la investigación se hace uso de escalas de valoración en algunas rúbricas y se realizan los análisis estadísticos de los resultados obtenidos.

1.6. Diseño de la investigación

El método de investigación que se ha seguido en el presente trabajo es de tipo descriptivo. Según Bernal (2006) este tipo de investigación permite “seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes, categorías o clases de este objeto” (p. 113).

1.6.1. Preguntas de investigación

Teniendo en cuenta la importancia que tiene en la formación de los futuros profesores el aprendizaje del modelo didáctico de enseñanza por indagación y considerando que según la literatura científica son tres los aspectos considerados fundamentales para llevar este modelo al aula (*The Next Generation Science Standards*, 2013): el desarrollo de las habilidades de proceso científico, el contenido conceptual involucrado en la actividad y, el nivel de indagación propuesto en la actividad. En el presente estudio se plantearán las siguientes preguntas de investigación:

- ¿La apropiación de las habilidades de proceso científico dependerá del nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas a los estudiantes para profesor?
- ¿El nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas favorecerá el dominio conceptual de los estudiantes para profesor?

1.6.2. Muestra

En el desarrollo de esta investigación se hizo una revisión de 148 informes de las actividades experimentales presentados por la totalidad de 74 estudiantes para profesor matriculados en el curso de Introducción a las Ciencias impartido en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Piura, en el semestre 2015-I y que constituirán la muestra de la presente investigación.

1.6.3. Instrumento de recogida de datos

Para recoger las actividades experimentales planteadas por los estudiantes para profesor se usó como instrumento un cuestionario (véase el Anexo A1), el mismo que se aplicó en las sesiones de clase propuestas en los dos niveles de indagación (guiada y abierta).

1.7. Organización de la investigación

La investigación se organizó en dos etapas (véase Figura 1.1), en la primera los estudiantes para profesor trabajaron en una actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada, y en la segunda, la actividad experimental fue propuesta en el nivel de indagación abierta.

Actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada	Actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta
<ul style="list-style-type: none"> • La profesora del curso desarrolla una actividad experimental y facilita material (contenido) sobre el tema. Posteriormente explica de forma oral los pasos a llevar a cabo, y luego la desarrolla de forma práctica; al realizar el experimento; recoge los datos y los resultados. • Los estudiantes para profesor desarrollan de forma individual el cuestionario. 	<ul style="list-style-type: none"> • La profesora del curso determina por sorteo el tema a trabajar en cada grupo. • Los estudiantes para profesor investigan de forma grupal dicho tema. • Los estudiantes para profesor elaboran el informe de una actividad experimental. • Los estudiantes para profesor exponen su actividad experimental y reciben asesoramiento, realizan el experimento; recogen los datos y los resultados de manera autónoma. • Los estudiantes para profesor desarrollan de forma individual el cuestionario.

Figura 1.1. Niveles en los cuales se planificó la investigación

En la actividad experimental guiada, la profesora del curso propuso un caso para el desarrollo del cuestionario (véase Anexo A1). Asimismo, antes de resolver el cuestionario la profesora a cargo del curso propuso una actividad durante la sesión de clase, la misma que se lleva a cabo junto con los estudiantes para profesor; en un primer momento la profesora elaboró la actividad experimental de forma oral, es decir, junto a los estudiantes para profesor fue planificando la actividad, asimismo entregó el contenido a trabajar (separata), una vez terminada la fase de planificación los estudiantes para profesor llevaron a cabo la actividad experimental, siempre monitoreados por la profesora durante la sesión de clase.

Finalmente, el cuestionario fue aplicado de forma individual atendiendo a una situación propuesto por la profesora, en este contexto el estudiante para profesor debía plantear una actividad experimental que motive a sus estudiantes a buscar la pasta dental más adecuada para su salud, tal como se describe en el Anexo A1.

Para la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta el estudiante para profesor desarrolló el mismo cuestionario, pero con anterioridad se le asignó un tema al azar (véase Figura 1.2) el cual debieron investigar de forma grupal. Para lo cual, los estudiantes para profesor buscaron bibliografía con respecto al tema asignado que les ayudase a planificar una actividad experimental. Una vez elaborada la propuesta, esta fue expuesta a la profesora del curso quien asesoró el trabajo a desarrollar, una vez consolidada la actividad los estudiantes para profesor la llevaron a cabo a nivel experimental. Finalmente, los estudiantes para profesor desarrollaron el cuestionario mencionado en líneas precedentes; de forma individual, el cual tiene la misma estructura, pero con la diferencia que esta vez no se propuso ninguna situación, sino que el estudiante para profesor tuvo la libertad de proponer una actividad experimental con el tema que ha recibido al azar.



Figura 1.2. Temas propuestos a los estudiantes para profesor para la elaboración de la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta

1.7.1. Análisis de datos

Se analizaron cada uno de los informes (elaborados a partir de los cuestionarios estructurados (véase el Anexo A1)) desarrollados por los estudiantes para profesor a través de un análisis de contenido, definido por Fraenkel, Sawin y Wallen (1999) “como una técnica que permite al investigador estudiar el comportamiento humano de una manera indirecta a través de su comunicación” (p. 405).

Para el análisis de los resultados obtenidos se consideraron una serie de pasos:

Primero se organizaron los resultados del análisis de contenido teniendo en cuenta la rúbrica para evaluar las habilidades científicas (véase el Anexo C1).

- a. Con el objetivo de realizar un análisis que permita evidenciar el progreso de los estudiantes para profesor en cada habilidad de proceso científico, materia de la presente investigación; el análisis de los informes presentados por estos se dividió en cuatro categorías (pregunta investigable, diseño experimental, análisis de conclusiones y contenido conceptual), cada una con sus respectivas rúbricas, teniendo en cuenta que, las tres primeras categorías corresponden a las habilidades de proceso científico, mientras que la cuarta evalúa el contenido.

Posteriormente, se definió cada categoría teniendo en cuenta la rúbrica utilizada para evaluar las habilidades científicas (véase el Anexo C1), elaborada por las investigadoras Ferrés, Marbà y Sanmartí (2015, p. 28), la cual se adaptó a la presente investigación.

- La primera categoría evalúa si el estudiante para profesor redacta e identifica correctamente la pregunta investigable.
- La segunda categoría corresponde al planteamiento del diseño experimental, el cual a su vez toma en cuenta el procedimiento y las variables experimentales.

Con respecto al procedimiento, se examinan tres puntos:

- i. El primero verifica si el procedimiento presenta los datos con ayuda de esquemas (dibujos, tablas o diagramas).

- ii. El segundo identifica si se ha propuesto y desarrollado correctamente el procedimiento a seguir.
- iii. El tercero evalúa si el procedimiento propuesto responde o no a la pregunta investigable.

Con respecto a las variables; el análisis abarca la identificación de las variables experimentales: dependiente, independiente y control.

- La tercera categoría evalúa si el análisis de los datos y las conclusiones están bien fundamentados y se basan en pruebas experimentales.
 - Y finalmente, la cuarta categoría corresponde al contenido y examina si éste es coherente con el diseño y si está bien fundamentado.
- b. Para el análisis y la categorización de las preguntas investigables se tuvo en cuenta la tipología propuesta por Chin (2002), en ella se clasifica las preguntas investigables según cuatro tipos, atendiendo a su objetivo o demanda. En el caso de la presente investigación se asignó el valor de 1 en el caso de que la pregunta corresponda a un tipo determinado y cero si no corresponde, tal como se observa en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1

Rúbrica utilizada para evaluar los tipos de preguntas investigables

Categoría	Denominación	Valoración No corresponde/ sí corresponde
1	Causa-efecto	
2	Comparación	
3	Predicción	
4	Medida directa	

Escala de valoración: 0 = habilidad ausente. 1 = habilidad presente

- c. Luego, se verificó el procesamiento de los datos recogidos a través del programa Excel, y se buscó a nivel estadístico si existen diferencias significativas entre los resultados encontrados, este proceso se realizó a través de programas de estadística en donde se mide el grado de significancia de los posibles resultados.

Capítulo 2

Marco teórico y estado de la cuestión

2.1. Introducción

En este capítulo se desarrolla el enfoque teórico en el que se basa esta investigación y el estado de la cuestión, en primer lugar se dan los lineamientos teóricos con respecto a la investigación, así pues se elabora una definición de la indagación considerada como modelo didáctico de enseñanza de las ciencias tomando en cuenta la literatura científica consultada, así también se toma en cuenta los niveles de indagación que se utilizan en el aula de clase focalizando la atención en los niveles de indagación guiada y abierta. Luego, se abarca el estudio de la ciencia desde sus dos perspectivas: las habilidades de proceso científico y el contenido conceptual. Así también, se dedican unas líneas a la revisión de la importancia de la formación del profesorado en la enseñanza de las ciencias. Para finalizar, en el estado de la cuestión, se describen a modo de resumen el aporte de algunas de las investigaciones consultadas.

2.2. Definición de la indagación

Desde hace dos décadas el informe Delors¹ (1996) originó diversas propuestas para la promoción de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias centrándose en el desarrollo de competencias. Entre los proyectos planteados, están los realizados por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) y la Unión Europea. En esta línea cabe realizar la siguiente pregunta ¿Qué se entiende por competencias? Para dar respuesta a la misma se tomará la definición propuesta por las autoras Ferrés, Marbà y Sanmartí (2015) quienes definen a la competencia como “la capacidad de poner en práctica de manera integrada, en contextos y situaciones diversas, los conocimientos, las destrezas y las actitudes desarrolladas en el aprendizaje” (p. 23). Dentro de este contexto, una de las estrategias didácticas que ha ido adquiriendo relevancia para la enseñanza de las ciencias es el modelo didáctico de enseñanza por indagación, esto se aprecia tanto en los informes de la Unión Europea (Rocard et al., 2007) y como en la nueva generación de estándares del currículo de Estados Unidos: *The Next Generation Science Standards* (NGSS); así también en los artículos que hacen referencia a la

¹ El informe Delors fue realizado a petición de la UNESCO por una comisión internacional para la educación del siglo XXI.

investigación en didáctica de las ciencias experimentales (Bybee, 2010; Chin y Malhotra, 2002; Garritz, 2010; Pujol, 2003; Reyes-Cárdenes y Padilla, 2012; Sanmartí, 2002).

El modelo didáctico tiene su origen en Jhon Dewey quien para el año 1910 promovió el concepto de indagación, buscando incluirla en la enseñanza de la ciencia, desarrollando así el pensamiento crítico en los estudiantes en vez de la mera acumulación de contenido (Furman y de Podestá, 2009), desde entonces hasta la actualidad un gran número de investigadores como Anderson (2002), Cañal (2007), Imbernón (2010), Osborne (2014), Porlán (1999), entre otros, han ido desarrollando e innovando fundamentos didácticos y científicos que consoliden la propuesta inicial de Dewey, y en cuanto a lo que representa enseñar ciencias, la indagación se ha ido consolidando como una propuesta innovadora para la enseñanza de ésta.

Asimismo, la literatura recoge diferentes definiciones e interpretaciones de lo que es la indagación. Así, por ejemplo, Schwartz, Lederman y Crawford (2004) definen la indagación científica como: “a los métodos y actividades que conducen al desarrollo del conocimiento científico” (p. 612), pero existen definiciones menos específicas por ejemplo Barrow (2006) quien manifiesta que existen tres formas distintas para definir la indagación; la primera está relacionado al conocimiento científico el cual se puede entender desde dos puntos de vista: lo que los estudiantes entienden por indagación, y las habilidades que se desarrollan experimentando; la segunda definición involucra el entender cómo funciona la investigación, es decir, entender cómo trabajan los científicos; y la tercera definición corresponde al uso de estrategias de enseñanza por parte de los profesores para mejorar las capacidades científicas de los estudiantes, esta última definición es la que más se aproxima al objeto de este estudio.

Otros autores como National Research Council (NRC, 2000) entienden la indagación desde dos puntos de vista, primero como objeto de aprendizaje, que es el aprender sobre la teoría, es decir sobre los conocimientos, las leyes, etc. y a hacer ciencia, es decir conocer sus métodos, y por el segundo punto entienden a la indagación como un modelo didáctico. Asimismo, los autores antes mencionados coinciden con las investigadoras Ferrés, Marbà y Sanmartí (2015) quienes señalan a la indagación como objeto de la enseñanza de las ciencias en donde no solo se busca comprender los conceptos científicos sino también conocer sus métodos. En esta línea en los *The Next Generation Science Standards* (2013) se ha sustituido el término actividades experimentales con indagación por el de prácticas científicas para hacer referencia a la relación entre la teoría y la práctica.

Por otra parte, la definición que se considerará central en el desarrollo de la presente investigación será la propuesta por (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2015) quienes proponen que: “La indagación científica es una dimensión importante en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias porque requiere que los estudiantes utilicen el conocimiento teórico junto con las destrezas y actitudes científicas y sociales para resolver problemas” (p. 64), la cual está de acuerdo con la concepción de indagación que se contempla en los estándares internacionales (NGSS, 2013) y por reconocidos especialistas en didáctica de las ciencias (Couso, 2014).

2.2.1. La indagación científica en las Rutas del aprendizaje

En el contexto de la presente investigación, el enfoque adoptado por el Ministerio de Educación del Perú concuerda con la opinión de los expertos mencionados anteriormente, entre los cuales tenemos a Anderson (2002), Barrow (2006), Bybee (2010), Cañal (2007), Imbernón (2010), Osborne (2014), Porlán (1999), Pujol (2003), Sanmartí (2002), entre otros. En el Fascículo General de Ciencia y Tecnología, documento elaborado por el Ministerio de Educación Peruano, en el año 2014, y que proporciona orientaciones para apoyar el trabajo pedagógico en el aula; se define a la indagación científica 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” (Ministerio de Educación, 2014, p. 34). Con ello se busca ofrecer al estudiante una educación científica que le permita mejorar sus habilidades de indagación para un mejor aprendizaje (IPEBA, 2013).

El enfoque del modelo didáctico de enseñanza por indagación tiene sus bases en el constructivismo (Chatterjee, Williamson, McCann y Peck 2009), una corriente pedagógica que considera al estudiante como un sujeto activo, responsable de su aprendizaje que transforma su comprensión inicial del mundo comparando sus resultados con la de sus compañeros para construir nuevos conocimientos (Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012). Por ello se entiende que, desde este enfoque, enseñar ciencias no es simplemente informar para que los estudiantes adquieran un mayor bagaje de conocimientos, sino que se pretende generar situaciones de enseñanza para confrontar sus esquemas en situaciones reales y mejorar el conocimiento de la realidad (Ministerio de Educación, 2014). Asimismo, los estudiantes deberán estar preparados para hacer frente a los problemas que se presentan en su entorno, generando soluciones apropiadas a su contexto, es por eso que el modelo didáctico de enseñanza por indagación es

uno de los métodos apropiados para cumplir con dicho objetivo (İnce, Güven y Aydogdu, 2010).

En las Rutas del Aprendizaje, documento elaborado por el Ministerio de Educación (2014) cuya función es orientar el trabajo pedagógico planteando cuáles son las capacidades y competencias que deben asegurar los estudiantes; se observa claramente la inclinación por el enfoque de la indagación para la enseñanza de las ciencias, ya que esta favorece el desarrollo de las habilidades, actitudes y conocimientos en los estudiantes, además se afirma que: “este enfoque se encuentra sustentado por propuestas psicopedagógicas, epistemológicas, y sociales contemporáneas, y también por la experiencia recabada de prácticas de profesores exitosas en muchos lugares del mundo” (Ministerio de Educación, 2014, p. 39). Así por ejemplo en países como Estados Unidos, Australia e Inglaterra se promueve la enseñanza de las ciencias basada en la indagación, para que sus estudiantes puedan aprender la ciencia y los procedimientos para hacer ciencia (IPEBA, 2013).

Según las Rutas del Aprendizaje el enfoque de la indagación científica presenta las siguientes características (Ministerio de Educación, 2014):

Es fundamentalmente formativo, puesto que, al abordar los contenidos desde contextos que favorecen la relación de la ciencia con la tecnología y la sociedad, privilegia el desarrollo de competencias.

Considera a cada estudiante como el centro de los procesos de aprendizaje y enseñanza, favoreciendo la autonomía de su construcción personal del conocimiento.

Redimensiona y fortalece el papel del profesor mediador en la formación del estudiante, para ir más allá de solo dejar tareas y actividades motrices, al promover la indagación y situarlo como guía durante su puesta en práctica.

Atiende a la diversidad cultural y social, y promueve el uso adecuado de recursos y materiales didácticos, así como de estrategias e instrumentos de evaluación.

Promueve una visión humana de la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico. (p. 39).

Finalmente, para definir el concepto de indagación en los lineamientos propuestos en las Rutas de Aprendizaje se toman en cuenta la propuesta de Anderson (2007), la misma que coincide con la de Barrow (2006); en donde se consideran tres visiones al definir la indagación; “primero lo que hacen los científicos; segundo lo que hacen y aprenden los estudiantes; y finalmente lo que saben y saben hacer los profesores en el aula” (citado en Reyes Cárdenas y Padilla, 2012, p. 416); y aunque la visión de Anderson (2007) comprende tres aspectos; las

Rutas del Aprendizaje solo se centran en las dos últimas que corresponden al estudiante y profesor para definir los roles que les corresponden a cada uno.

2.2.2. Actividades experimentales

De acuerdo al Ministerio de Educación (2015), una de las estrategias didácticas (conjunto de actividades que el profesor realiza con el propósito de lograr objetivos de aprendizaje) que se utilizan en clase constituyen los trabajos prácticos o también llamadas actividades experimentales, esto con el fin de desarrollar competencias científicas en los estudiantes. En el marco de la presente investigación se considerará la definición de Caamaño (2003) quien manifiesta que éstas son “Una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias porque permite una multiplicidad de objetivos: familiarización, observación e interpretación de los fenómenos que son objeto de estudio en las clases de ciencias” (p. 95). Asimismo, Caamaño (2003) distingue cuatro tipos de actividades experimentales, entre los que caben destacar a las “investigaciones”, cuyas características señala a continuación: están “Diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como lo hacen los científicos en resolución de problemas, familiarizarse con el trabajo científico y aprender en el curso de estas investigaciones las destrezas y procedimientos propios de la indagación” (p. 97) de esta manera se brinda mayor autonomía al estudiante. Como se puede apreciar las investigaciones están diseñadas para que los estudiantes logren dar respuesta a los problemas de su entorno promoviendo el desarrollo de habilidades de proceso científico, por lo que es necesaria una buena preparación por parte del profesor (Barros, Losada y Alonso, 1998).

2.2.3. Niveles de indagación

Diversos autores han clasificado las actividades experimentales que se llevan al aula de clase de acuerdo con los niveles de apertura o niveles de indagación (Chin y Malhotra 2002; Herron, 1971; Martin-Hansen, 2002). 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.

Para efectos de la presente investigación se tomará en consideración la rúbrica propuesta por Banchi y Bell (2008), quienes aplicaron la misma en contextos similares a la presente investigación. Dichos autores sugieren la existencia de cuatro niveles de indagación basados en la investigación en la didáctica de la ciencia, estos son: indagación confirmatoria, indagación

estructurada, indagación guiada e indagación abierta. A continuación, se describirá a cada una de ellas.

2.2.3.1. Indagación confirmatoria

La indagación confirmatoria es útil cuando el objetivo del profesor es reforzar una idea; por ejemplo, las actividades de laboratorio presentadas al final del capítulo para verificar que un concepto se ha aprendido satisfactoriamente; también para introducir a los alumnos a llevar a cabo una experiencia indagatoria o para que los estudiantes practiquen una habilidad de investigación específica, como recolectar y registrar datos. Además, los estudiantes son provistos de la pregunta investigable (aquella pregunta que se debe responder) y del método a seguir (el procedimiento a seguir para dar respuesta a la pregunta), así como del conocimiento de los resultados (Bell, Smetana y Binns, 2005).

2.2.3.2. Indagación estructurada

En el nivel de indagación estructurada, las preguntas investigables y el procedimiento a seguir son provistos por el profesor, los estudiantes van generando explicaciones apoyados por la evidencia que van recolectando. Este nivel es importante porque permite a los estudiantes desarrollar gradualmente sus capacidades con una investigación más abierta (Banchi y Bell, 2008). De esta manera los estudiantes investigan una pregunta presentada por el profesor a través de un procedimiento determinado.

El nivel de indagación confirmatoria y estructurada son llamados comúnmente "recetas de cocina" (Tümay, 2001), porque incluyen instrucciones paso a paso, la literatura recoge que la mayoría de las investigaciones de laboratorio encontradas en los libros de texto se caracterizan por pertenecer a estos dos primeros niveles de indagación (Bell, Smetana y Binns, 2005).

2.2.3.3. Indagación guiada

En este tipo de indagación, el profesor proporciona a los alumnos una pregunta investigable, este nivel requiere que los estudiantes diseñen o seleccionen el proceso para llevar a cabo su investigación, y expliquen sus resultados. Cabe señalar que algunos autores indican que se obtienen mejores resultados cuando los estudiantes ya han tenido oportunidades para aprender y realizar experimentos, y recoger datos (Bell, Smetana y Binns, 2005) lo que implica que su aplicación sea gradual. Ello no supone que el profesor no jugará ningún rol en el

aprendizaje de los estudiantes por el contrario ellos necesitarán de un guía (Banchi y Bell, 2008) por lo general, los estudiantes suelen tener muy poca práctica en el diseño de sus propias investigaciones, por lo que las investigaciones guiadas tienen el potencial de llevar el trabajo de laboratorio de los estudiantes a un nuevo nivel. Además, las actividades de investigación guiadas pueden crearse fácilmente a partir de los laboratorios propuestos en los libros de ciencia, esto se realiza simplemente eliminando las instrucciones paso a paso y promoviendo en los estudiantes plantear sus propios métodos para responder a la pregunta de investigación (Banchi y Bell, 2008). El profesor guía los procedimientos del estudiante antes de que se realicen las investigaciones ayudándolos a que sigan las pautas de seguridad apropiada (Smithenry, 2010; Spronken-Smith, Walker, Batchelor, O'Steen y Angelo, 2012).

2.2.3.4. Indagación abierta

Cuando se diseñan actividades con indagación abierta, los estudiantes tienen la oportunidad de actuar como científicos planteando preguntas, elaborando un diseño experimental, registrando y analizando datos, y comunicando sus resultados (Martin-Hansen, 2002). Este nivel requiere de un mayor razonamiento científico y de grandes demandas cognitivas por parte del estudiante, quien ya debe manejar los tres primeros niveles de indagación, para poder conducir con éxito investigaciones abiertas (Banchi y Bell, 2008). Según Bell, Smetana y Binns (2005) para llegar a este nivel es apropiado que los estudiantes hayan demostrado que pueden diseñar y llevar a cabo exitosamente las investigaciones cuando se les proporcione la pregunta, así también que sean capaces de registrar y analizar datos, y sacar conclusiones de las pruebas que han recogido.

2.3. La ciencia como proceso y producto

Al hablar de la ciencia se debe tener en cuenta dos dimensiones que la abarcan: la ciencia como producto y la ciencia como proceso.

La primera dimensión se refiere a los conceptos y se le define como:

Conjunto de conocimientos que la humanidad ha construido a lo largo de varios siglos y que permiten explicar cómo funciona el mundo natural. Estos conocimientos, no están dispersos ni son ideas sueltas, sino que están fuertemente organizadas en marcos explicativos más amplios (teorías y leyes) que les dan sentido (Furman y de Podestá, 2009, p. 39).

Pero si se reduce el estudio de las ciencias solo al producto se deja de lado otro aspecto importante: el proceso. A esta segunda dimensión se le define como:

Unos modos de conocer la realidad a través de la cuales se genera ese producto. En este otro aspecto de la ciencia tiene un rol fundamental la curiosidad, el pensamiento lógico, la imaginación, la búsqueda de evidencias, la contrastación empírica y la formulación de modelos teóricos (Furman y de Podestá, 2009, pp. 39-40).

En esta investigación, a esta segunda dimensión se le denominará “habilidades de proceso científico” de acuerdo con la propuesta realizada por Harlen (1999), quien añade que: “Son las capacidades relacionadas con: identificar una pregunta investigable, diseñarla, obtener evidencia en términos de la pregunta que se está investigando, y comunicar el proceso de investigación” (p. 129). De acuerdo con los conceptos descritos sobre la ciencia como proceso y como producto, se puede entender que las habilidades de proceso científico y el contenido conceptual son dos partes inseparables en el aprendizaje de la ciencia, por lo que no puede entenderse una sin la otra. Ambos aspectos están interrelacionados y se refuerzan mutuamente. Por lo tanto, en las actividades de aprendizaje de la ciencia, ambos aspectos deben ser considerados.

2.3.1. Las habilidades de proceso científico

Desde hace algunos años numerosos expertos vienen resaltando la importancia del aprendizaje de habilidades científicas (Di Mauro y Furman, 2012). Estas destrezas o también denominadas habilidades de proceso científico son fundamentales para la implementación de la enseñanza de la indagación (Anderson, 2002; Minstrell y Van Zee, 2000). Asimismo, son consideradas como actividades que llevan a cabo los científicos cuando estudian o investigan un problema, generando contenido o conceptos (Rambuda y Fraser, 2004).

En el contexto escolar, las habilidades de proceso científico deben ser adquiridas de manera sistemática por los estudiantes y sobre todo por los profesores (Karsli, Şahin y Ayas, 2009), porque a medida que se desarrollan en las actividades escolares, éstas se irán actualizando y por ende mejorando las competencias de indagación, en la enseñanza aprendizaje (Harlen, 1999; Rambuda y Fraser, 2004).

Como se indicó anteriormente el Ministerio de Educación (2014), en el Fascículo General de Ciencia y Tecnología enfatiza el rol de las habilidades de proceso científico en el desarrollo de la indagación para la construcción y comprensión del contenido científico. Más adelante, en el año 2015 publica las Rutas del Aprendizaje en donde propone trabajar con el modelo didáctico de enseñanza por indagación para desarrollar estas habilidades en los

estudiantes, a las que llama competencias científicas, allí se les definen “como un saber actuar en un contexto particular en función de un objetivo o solución de un problema” (Ministerio de Educación del Perú, 2015, p. 10).

Asimismo, uno de los objetivos planteados en las Rutas del Aprendizaje (Ministerio de Educación del Perú, 2015) es alcanzar la alfabetización científica y de esta manera propone una educación científica pertinente para todos los estudiantes, que permite el desarrollo de conocimientos, capacidades y actitudes propias de la ciencia; este perfil incluye las habilidades de indagación y de experimentación que son esenciales para un aprendizaje activo, autónomo y permanente (IPEBA, 2013). El Ministerio de Educación del Perú (2015) define al enfoque de la alfabetización científica como:

La capacidad de apropiarse y usar conocimiento, fuentes fiables de información, destrezas procedimentales y valores, para explicar el mundo físico, tomar decisiones, resolver situaciones y reconocer las limitaciones y los beneficios de la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida (p. 9).

En esta misma línea, para desarrollar las habilidades de proceso científico en las Rutas del Aprendizaje, el Ministerio de Educación del Perú en el año 2015 desarrolla la competencia: “Indaga mediante métodos científicos, situaciones que pueden ser investigados por la ciencia” (Ministerio de Educación del Perú, 2015, p. 12), y dentro de ésta se desarrollan las siguientes capacidades:

Problematiza situaciones: Es la capacidad de cuestionarse sobre hechos y fenómenos de la naturaleza, interpretar situaciones y emitir posibles respuestas en forma descriptiva o causal.

Diseña estrategias para hacer una indagación: Es la capacidad de seleccionar información, métodos, técnicas e instrumentos apropiados que expliciten las relaciones entre las variables y permitan comprobar o descartar las hipótesis.

Genera y registra datos e información: Es la capacidad de realizar los experimentos (se entiende por experimento a la observación sistemática o reproducción artificial de los fenómenos y hechos naturales que se desea comprender). Ello a fin de comprobar o refutar la hipótesis, utilizando técnicas e instrumentos de medición para obtener y organizar datos, valorando la repetición del experimento, la incertidumbre aleatoria y el error sistemático y la seguridad frente a posibles riesgos.

Analiza datos o información: Es la capacidad de analizar los datos obtenidos en la experimentación para ser comparados con la hipótesis de la indagación y con la información de otras fuentes confiables, a fin de establecer conclusiones.

Evalúa y comunica: Es la capacidad de elaborar argumentos que comunican y explican los resultados obtenidos a partir de la reflexión del proceso y del producto obtenido. (Ministerio de Educación del Perú, 2015, pp. 14-19).

En el marco de la presente investigación se considerará la definición de Furman y De Podesta (2009), que incluye las propuestas del Ministerio de Educación peruano como también las consideraciones expresadas en la literatura didáctica mencionada en líneas anteriores. Así, dichas autoras sostienen que aprender las habilidades de proceso científico “significa que los alumnos desarrollen la capacidad de observar la realidad que los rodea, formular preguntas, proponer respuestas posibles y predicciones, buscar maneras de poner esas respuestas a prueba, diseñar observaciones y experimentos controlados” (p. 44).

2.3.1.1. Clasificación de las habilidades de proceso científico

Adicionalmente, se tomará en cuenta la clasificación que realizan algunos autores agrupando a las habilidades de proceso científico en básicas e integradas (McComas, 2013; Rezba, Sprague y Fiel, 2003).

2.3.1.1.1. Habilidades básicas de proceso científico

Las habilidades básicas de proceso científico se aplican especialmente en los grados elementales cuando se diseñan o realizan experimentos; y forman la base de las habilidades y capacidades más avanzadas. “Las básicas son: observar, usar relaciones de espacio-tiempo, inferir, medir, comunicar, clasificar y predecir” (Rambuda y Fraser, 2004, p. 11). Todas estas habilidades básicas son importantes individualmente, así como cuando se integran (Ongowo y Indoshi, 2013; Padilla, 1990).

2.3.1.1.2. Habilidades integradas de proceso científico

Las habilidades de proceso científico integradas son la combinación de las habilidades de proceso científico básicas con un mayor grado de especialización para diseñar herramientas que se aplicarán cuando se estudian o investigan fenómenos; y entre éstas se tienen: “el control de variables, formular hipótesis, interpretar datos, experimentar, diseñar experimentos y presentar información” (Aslan, 2015, p. 831). Según los autores Rambuda y Fraser (2004) el desarrollo de las habilidades de proceso científico básicas “conducen a la realización y el logro de habilidades integradas de procesos científicos como resultados observables y demostrables” (p. 11).

2.3.2. Definición de las habilidades de proceso científico, materia de la presente investigación

A continuación, se describen las definiciones de las habilidades de proceso científico en las cuales se focalizará la presente investigación: formulación de la pregunta investigable, elaboración del diseño experimental y la formulación de conclusiones.

2.3.2.1. Formulación de la pregunta investigable

La importancia de la formulación de la pregunta investigable se recoge en los documentos de Furman y De Podestá (2009), quienes consideran que, formular preguntas investigables permite a los estudiantes acercarse a la realidad que representa su objeto de estudio y sentirse partícipes en el proceso de generar ideas.

2.3.2.1.1. Definición de la pregunta investigable

Dada la importancia que conlleva que los alumnos aprendan a plantear preguntas investigables, se define a continuación qué es lo que se entiende como pregunta investigable, en el contexto de la presente investigación Sanmartí y Márquez (2012) definen a la pregunta investigable como:

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).

Así también las autoras Furman, Barreto y Sanmartí (2013) consideran de suma importancia el aprender a formular preguntas investigables en la formación científica de todo ciudadano y definen a las preguntas investigables como: “Aquellas a las que se puede dar respuesta de manera empírica, mediante observaciones o experimentos” (p. 10).

El Ministerio de Educación (2015), también hace hincapié sobre la importancia de la formulación de preguntas investigables ya que éstas permiten elaborar relaciones entre los elementos de un fenómeno y el hecho observado, es por eso por lo que en el proceso de enseñanza haciendo uso de la metodología indagatoria se deben considerar preguntas que actúen como una ventana abierta hacía la búsqueda de conocimiento, evitando conclusiones anticipadas.

2.3.2.1.2 Tipos de preguntas investigables

Según la propuesta de Chin (2002) las preguntas investigables se clasifican en nueve clases, éstas son: comparación, causa-efecto, predicción, diseño y fabricación, exploratorias, descriptivas, búsqueda de patrones, resolución de problemas y sobre modelos mentales; asimismo se ha agregado otro tipo de preguntas investigables que surgieron durante el análisis de la información, esta es de medida directa. Las preguntas se han clasificado y definido en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2
Clasificación de las preguntas investigables según Chin (2002)

Denominación	Definición
Comparación	Las preguntas de comparación comprenden el tipo "selección" o el tipo "clasificación". En el primero, los estudiantes comparan una característica dada de entre una serie de artículos y hacen una selección. Las preguntas de clasificación requieren que los estudiantes comparen las propiedades de varias sustancias y las agrupen en categorías basadas en algunas características observables o comprobables.
Causa-efecto	Aquellas preguntas que permiten a los estudiantes hacer inferencias sobre cómo una variable afecta a otra variable. Para preguntas de este tipo, se puede enseñar a los estudiantes a generar declaraciones "si... entonces" al formular sus hipótesis.
Predicción	Estas preguntas fomentan la experimentación práctica simple de variables, y la predicción de los resultados como fruto de manipulaciones o cambios de dichas variables. Las preguntas de predicción incluyen las que preguntan "¿Qué pasaría si...?" "¿Cómo... afecta el...?" Y "¿Cuál sería el efecto de...?"
Diseño y fabricación	Las preguntas de diseño y fabricación son de naturaleza tecnológica y se relacionan con la construcción de algo con un propósito utilitario. Un ejemplo sería "¿Cómo puedo crear un dispositivo automático que limpie las transparencias usadas de la manera más eficiente posible?"
Preguntas exploratorias	Las preguntas exploratorias a diferencia de las preguntas de causa y efecto que especifican qué variables particulares son de interés, aún no están del todo enfocadas. Un ejemplo sería "¿Cuáles son algunos factores que afectan el crecimiento de las plantas?"
Preguntas descriptivas	Las preguntas descriptivas requieren que los estudiantes observen de cerca algún objeto o evento y lo describan en profundidad. Son apropiados para investigaciones que requieren que los estudiantes realicen una serie de observaciones detalladas y descripciones detalladas de objetos y fenómenos, o cambios que ocurren a lo largo de un tiempo, ya sea en entornos naturales o en situaciones controladas. Los ejemplos incluyen el estudio de la variedad de insectos que habitan en el jardín escolar, el ciclo de vida de un insecto o rana y el estudio de la temperatura y otros cambios físicos al calentar el hielo a través del agua.
Preguntas de búsqueda de patrones	Las preguntas de búsqueda de patrones son adecuadas para encuestas que tratan sobre fenómenos biológicos naturales, como los relacionados con sistemas ecológicos, el clima o la genética, donde los estudiantes no pueden manipular o controlar factores fácilmente. Tales preguntas incluyen "¿Cuál es la relación entre el tipo de plantas y dónde se encuentran en el bosque?"

(continúa)

Denominación	Definición
Preguntas de resolución de problemas	Las preguntas de resolución de problemas invitan a los estudiantes a integrar y aplicar sus conocimientos en formas nuevas y creativas para resolver un problema. Por ejemplo, "¿Cómo puedo identificar y distinguir estas tres soluciones claras desconocidas?"
Preguntas sobre modelos mentales	Tipo de preguntas en que los estudiantes prueban sus modelos mentales o conceptuales contra alguna evidencia, y esto puede conducir a uno o más de los tipos anteriores de investigaciones. Un ejemplo sería "¿Cómo se puede modelar la transformación de energía usando una serie de materiales concretos?"
Medida directa	Preguntas que piden información o datos sobre una entidad, fenómeno o proceso que permiten la medición de un hecho sobre el que se centra la investigación.

Nota: Elaborado a partir de *Open Investigations in Science: Posing Problems and Asking Investigative Questions* por Chin, C. (2002, pp. 159-160)

2.3.2.2. Elaboración del diseño experimental

La elaboración de diseños experimentales es importante pues fomentan la investigación, ya que colocan al alumno en situaciones reales que requieren una solución (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2015); por ello el estudiante debe participar de la elaboración del diseño experimental, y no solo seguir instrucciones al pie de la letra, como si fuese una receta (Furman y de Podestá, 2009). De esta forma, los estudiantes adquirirán y desarrollarán una metodología de trabajo (Ministerio de Educación del Perú, 2015).

Según el Ministerio de Educación del Perú (2015) elaborar un diseño experimental: "Permite a cada estudiante planificar y conducir su indagación, generar estrategias para la experimentación, seleccionar materiales e instrumentos de medición, recolectar datos y controlar las variables involucradas en la indagación" (p. 16).

Esta etapa se lleva a cabo cuando los alumnos tienen una idea clara de qué quieren averiguar, y qué es lo que deben hacer para encontrar la respuesta a su pregunta inicial. Algunos autores señalan que la aplicación debe ser gradual; en los primeros años será el profesor quien proponga el diseño y paulatinamente los estudiantes adquirirán dicha capacidad (Furman y de Podestá, 2009).

Dentro de los parámetros a considerar en el diseño experimental se tomarán en cuenta dos aspectos, el manejo de variables y el procedimiento a seguir, tal como se detalla a continuación.

2.3.2.2.1. Manejo de variables

Parte importante del diseño experimental es definir las variables que intervendrán durante el proceso de investigación, así se tiene que según Feixas (2012) “los tres tipos de variables a considerar serán: independiente, dependiente y de control” (p. 68). Las variables que se modificarán (variable independiente), las que se dejarán constantes (variable control) y las que se medirán (variable dependiente). Los estudiantes deben adquirir la habilidad de controlar las variables, identificando las que permanecerán constantes y las que no lo harán.

2.3.2.2.2. Elaboración del procedimiento a seguir

Es pertinente considerar la planificación como un proceso diferente a su ejecución. (Ministerio de Educación del Perú, 2015). Por ello, los estudiantes deben planificar el procedimiento a seguir para dar respuesta a la pregunta investigable, es decir, deben describir el plan que llevarán a cabo, identificar los datos, los materiales, las variables y, preparar una tabla de datos para recoger sus observaciones (Furman y de Podestá, 2009).

2.3.2.3. Formulación de conclusiones

Otra de las habilidades de proceso científico, objeto de la presente investigación, es la formulación de conclusiones, esta habilidad está dirigida a la interpretación de los resultados. Para las investigadoras Aleixandre y Mauriz (2013) las conclusiones son: “Enunciados de conocimiento que se pretende probar o refutar” (p. 87); con éstas se pretende comunicar los procedimientos científicos que “en ocasiones resultan en nuevas ideas y fenómenos dignos de estudio” (Garritz, 2010, p. 108); de esta forma se espera que un estudiante dé a conocer sus conclusiones en base a los datos que ha encontrado durante su investigación “de modo que le permitan construir un nuevo conocimiento, señalando las limitaciones y alcances de sus resultados y del proceso seguido, así como proponer mejoras realistas al proceso y nuevas indagaciones que se puedan derivar del problema investigado” (Ministerio de Educación del Perú, 2015, pp. 18-19), este proceso demandará al estudiante evaluar pruebas para dar a conocer sus resultados basándose en pruebas científicas. Por lo cual una conclusión debe ser clara y lógica; y se puede comunicar de manera escrita o verbal.

2.3.3. Contenido conceptual

Es imprescindible tomar en cuenta el desarrollo de contenido conceptual ya que actualmente uno de los mayores retos que experimenta un estudiante es dar sentido a la

información científica a la que puede acceder fácilmente, por ello se busca preparar a los estudiantes a mirar el mundo con ojos de científico, por tal motivo surge la necesidad de ampliar los esquemas conceptuales poseídos (Furman y de Podestá, 2009). Asimismo, cuando se hace uso del modelo didáctico de enseñanza por indagación se tiene claro que el aprendizaje será progresivo, esto quiere decir que conceptos simples relacionados entre sí darán paso a conceptos con un mayor grado de explicación por parte del estudiante (Harlen, 1999), este dominio no se centrará en la mera memorización de la teoría sino que debe entenderse como la habilidad de aplicar dichos conceptos en su vida diaria (Sukarno, Hamidah y Permanasari, 2013), para de esta forma ser conscientes en la toma de decisiones sobre la problemática de nuestro entorno (Ministerio de Educación del Perú, 2015).

Una de las mayores dificultades de los estudiantes es aplicar los conocimientos a situaciones nuevas (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2012) así también, los profesores presentan serias dificultades para entender y, aún más, para explicar las teorías, esto se debe a que en su formación no se ha logrado vincular la ciencia con su entorno (Ministerio de Educación del Perú, 2014); ante este panorama el Ministerio de Educación del Perú (2015) plantea la Competencia: Explica el mundo físico, basado en conocimientos científicos (p. 27), la misma que busca que:

Los estudiantes desarrollen capacidades que hagan posible la aplicación de los conocimientos científicos existentes en diferentes medios, escritos, orales y visuales y su aplicación para encontrar explicaciones y resolver situaciones problemáticas acerca de hechos y fenómenos de la realidad. (p. 28).

Como se puede apreciar a continuación, en la propuesta del ministerio hay un gran interés no solo por la adquisición de contenidos de parte de los estudiantes sino también por la capacidad de ponerlos en práctica en la vida cotidiana, desarrollando así diferentes habilidades.

Los estudiantes construyan y comprendan argumentos, representaciones o modelos cualitativos o cuantitativos para dar razones sobre hechos o fenómenos a partir de la comprensión de conceptos, principios, teorías y leyes científicas (Ministerio de Educación del Perú, 2015, p. 28).

Asimismo, para lograr esta competencia se trabaja con dos capacidades (Ministerio de Educación del Perú, 2015, pp. 28-29):

Comprende y aplica conocimientos científicos: es la capacidad de establecer relaciones y organizar conceptos, principios, teorías y leyes que interpretan la estructura y funcionamiento de la naturaleza y productos tecnológicos. (Ministerio de Educación del Perú, 2015, p. 29).

Otra vez se pone énfasis al desarrollo de conceptos y habilidades de proceso científico para explicar el entorno en el que se desarrollan.

Argumenta científicamente: es la capacidad de elaborar y justificar proposiciones fundamentadas con evidencias que se encuentran contenidas en diversas fuerzas informativas para explicar hechos o fenómenos de la naturaleza y productos tecnológicos (Ministerio de Educación del Perú, 2015, p. 29).

Todas estas actividades sin duda contribuirán a la comprensión de los conceptos científicos y sobre todo a la formación del estudiante para que lo posibilite a transferir esa comprensión a diversas situaciones problemáticas aplicadas en diferentes contextos (Ministerio de Educación del Perú, 2015). De manera que el estudiante debe saber, comprender y ser capaz de hacer (IPEBA, 2013). En esta línea se puede plantear la siguiente interrogante: ¿cómo promover los contenidos conceptuales? Quineche (2010) manifiesta que durante las últimas décadas se apostó por la introducción del método científico pero el uso de estos procedimientos sólo es eficaz si los estudiantes disponen de los conceptos científicos adecuados, a los cuales divide en tres categorías: datos, conceptos y principios, entre los cuales existe una relación, es decir: “Los datos y los conceptos se derivan de los principios, pero estos a su vez sólo pueden aprenderse a través del aprendizaje de conceptos y datos” (Quineche, 2010, p. 109); y por ello el mismo autor sostiene que:

Un problema bastante habitual en las aulas es que los profesores “enseñan” o “explican” los conceptos a los estudiantes y estos a su vez tienden a aprenderlos como datos que tienen que memorizar y luego recordar cuando el caso lo requiera. Enseñar de esta manera, sin dar oportunidad a que los estudiantes den sentido y comprendan los conceptos, convierte el aprendizaje de la ciencia en un acto de fe y a los estudiantes en creyentes. (p. 111).

La dificultad expuesta por el autor pone en evidencia la importancia que se da solo al contenido, dejando de lado el desarrollo de habilidades científicas, reduciendo el aprendizaje solo a la memorización de ciertos conceptos clave.

Así también en los currículos de otros países, se diferencian tipos de contenidos (datos, conceptos, teorías, principios), en donde, también se da más importancia a la comprensión científica en los que “saber ciencia” supone un rol intelectual más activo que la memorización

de contenidos específicos (IPEBA, 2013), dicho de otro modo, la enseñanza de datos debe someterse a la comprensión y aplicación de los conocimientos (Ministerio de Educación del Perú, 2014).

2.4. Formación de profesorado en ciencias

El tema de la formación de profesorado en ciencias es de plena actualidad, aunque se investiga de forma muy limitada (Gracia y De la Gándara, 2007) actualmente se busca que el profesor sea un profesional autónomo, colaborador, capaz de generar proyectos y de encontrar soluciones de innovación “acorde con los cambios socioculturales que vivimos” (Gracia y De la Gándara, 2007, p. 437); por ello se deben diseñar currículos que orienten al profesorado hacia una recta en la que los procesos de toma de decisiones y la reflexión sean procesos prácticos y no eminentemente teóricos (Imbernón, 2010). Ello lleva a cuestionar cómo lograr esas destrezas en los estudiantes para profesor; y una forma de alcanzarlas “se relaciona con el concepto de indagación científica” (González-Weil et al., 2012, p. 86) tal como lo muestran investigaciones en países en desarrollo quienes señalan que: “La adquisición de la cultura científica les permitirá acceder a la tecnología moderna, sin descuidar por ello las capacidades concretas de innovación y creación inherentes al contexto local” (Delors, 1996, p. 97). Asimismo, investigadoras como Crujeiras y Puig (2014) “consideran el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia como un requisito en la formación del profesorado en ciencias” aunque cabe recalcar que tal como ocurre en otros sistemas educativos la formación del profesorado ha dado más énfasis al desarrollo del contenido científico (Imbernón, 2010).

Con respecto a la propuesta de Crujeiras y Puig (2014), el término naturaleza de la ciencia (NDC) (García-Carmona y Manassero, 2012) tiene su origen en la expresión *the nature of science* (NOS) (AAAS, 1990) y hace referencia “A los valores y suposiciones inherentes al conocimiento científico y al desarrollo del conocimiento científico” (Lederman y Lederman, 2004, p. 36); lo que indica que con el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia los nuevos profesores adquirirán una visión científica del mundo, así como los métodos para llevar a cabo una investigación (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011). Para las autoras Crujeiras y Puig (2014), este aprendizaje es un pilar fundamental para la formación de profesores, así manifiestan que: “Para aprender sobre la naturaleza de la ciencia a través de la práctica es necesario que el profesorado disponga de formación sobre esta perspectiva, además de una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia” (p. 56).

Ante esta realidad se hace patente la pregunta ¿cómo enseñar la naturaleza de la ciencia? Para García-Carmona (2012) la enseñanza se puede plantear de dos formas: el enfoque implícito y el enfoque explícito; y desde su investigación contempla que el enfoque explícito es más eficaz en el aula, esto se debe a que en éste se hace una presentación clara y concreta de los contenidos de la naturaleza de la ciencia en cambio en el enfoque implícito no hay intención porque se considera que los estudiantes estarían aprendiendo sobre la naturaleza de la ciencia solamente por llevar a cabo por sí mismos una investigación. García-Carmona, Vázquez y Manassero (2011) conciben tres estrategias acordes con el enfoque explícito, de los cuales, uno destaca por su potencial para integrar la enseñanza de las nociones de la naturaleza de la ciencia en el aula; éste es: “La realización de experiencias escolares de investigación científica” (p. 58). Esto gracias al potencial didáctico que presenta esta estrategia para el desarrollo tanto del conocimiento como de las habilidades de proceso científico que enriquecerán la praxis del estudiante para profesor.

En esta misma línea, las autoras Pérez y Mauriz (2014) reconocen que, en muchos contextos, el aprendizaje de las ciencias se adquiere de forma teórica por ello proponen trabajarlo desde la práctica, planificando un diseño experimental, de manera que el conocimiento se construya a partir de esa planificación, de modo que, el estudiante para profesor reflexione acerca de las dimensiones de la naturaleza de la ciencia. Pero la realidad nos muestra que este tipo de trabajo no se realiza en las clases de ciencias (García Carmona, Vázquez y Manassero, 2011), ante este contexto “Se hace necesario promover programas de formación del profesorado orientados a adquirir un conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia” (García-Carmona, 2012, p. 55). Para que desde las aulas los estudiantes para profesor adquieran los conocimientos y habilidades necesarios en el aprendizaje de las ciencias.

Ante este panorama, el sistema educativo peruano ha incidido en promover documentos que impulsen la formación del profesor en ciencias tales como: las Orientaciones Técnico Pedagógicas (Ministerio de Educación del Perú, 2010), el Fascículo General de ciencia y Tecnología (2013), las Rutas del Aprendizaje (Ministerio de Educación del Perú, 2015) , el Marco de Buen Desempeño Docente (2014), y actualmente, el Currículo Nacional (Ministerio de Educación del Perú, 2016) en donde se brindan una serie de lineamientos y herramientas que buscan mejorar la enseñanza de las ciencias y que son de mucha utilidad a todos los profesores pero sobre todo a los profesores nóveles para que los lleve a desempeñar su función como

actores de la comunidad educativa; a este respecto el Ministerio de Educación del Perú (2014) manifiesta que:

Todo profesor cumple la función de guía y facilitador del aprendizaje. Cuenta con competencias profesionales y usa recursos didácticos pertinentes para ofrecer a sus estudiantes diversas oportunidades de aprendizaje. En particular, quien ejerza la docencia en el área de las ciencias debe ser una persona indagadora. (p. 48).

Como se observa, la idea de profesor indagador no se pierde de vista al enumerar las funciones que cumple éste, asimismo para mejorar la práctica profesional el Ministerio de Educación del Perú publicó el 2014 el “Marco de Buen Desempeño Docente” con el fin de mejorar la práctica del profesorado y guiar el aprendizaje de los estudiantes. En este documento se enumeran cuatro características que debe poseer la “Escuela que queremos”; la cuarta característica llamada “Los procesos pedagógicos” hace referencia a la relación entre aprender e indagación, incentivando el aprendizaje “de manera reflexiva, crítica y creativa, haciendo uso continuo de diversas fuentes de información y estrategias de investigación” (p. 15). Finalmente, el Currículo Nacional de la Educación Básica (Ministerio de Educación del Perú, 2016) ha definido una serie de orientaciones pedagógicas para el desarrollo de competencias, una de éstas dice:

Construir el nuevo conocimiento. Se requiere que el estudiante maneje, además de las habilidades cognitivas y de interacción necesarias, la información, los principios, las leyes, los conceptos o teorías que le ayudarán a entender y afrontar los retos planteados dentro de un determinado campo de acción, sea la comunicación, la convivencia, el cuidado del ambiente, la tecnología o el mundo virtual, entre otros. Importa que logre un dominio aceptable de estos conocimientos, así como que sepa transferirlos y aplicarlos de manera pertinente en situaciones concretas. La diversidad de conocimientos necesita aprenderse de manera crítica: indagando, produciendo y analizando información, siempre de cara a un desafío y en relación con el desarrollo de una o más competencias implicadas. (p. 98).

Tal como se evidencia hay un compromiso por parte del sistema educativo peruano por orientar el ejercicio docente, de esta manera se han ido promoviendo una serie de documentos que ponen énfasis al uso del concepto de la indagación científica para la enseñanza de las ciencias y como parte de la formación del profesor.

2.5. Estado de la cuestión

En esta parte del capítulo se revisa a modo de resumen el aporte realizado por diversos autores a nivel internacional. En primer lugar, se analizarán las investigaciones relacionadas a la formación de profesorado relacionado al desarrollo de actividades experimentales basada en la metodología indagatoria. En segundo lugar, se definen las investigaciones que guardan relación al desarrollo de habilidades de proceso científico basadas en la aplicación de la metodología indagatoria. Y finalmente, como tercer punto se revisarán las investigaciones relacionadas a la apropiación de contenido conceptual.

2.5.1. Artículos relacionados a la formación de profesores

En este apartado se revisarán las investigaciones realizadas por autores internacionales con respecto a la formación en ciencias:

- Crujeiras y Puig (2014) publican la investigación que lleva por nombre *“Trabajar la naturaleza de la ciencia en la formación inicial del profesorado planificando una investigación”* el cual se lleva a cabo en el programa de las materias de ciencias del grado en Maestro de Educación Primaria, en dos aulas de segundo curso con ciento diecisiete estudiantes. El estudio revela que los participantes de la investigación muestran dificultades durante la planificación de la actividad experimental sobre todo en el planteamiento de variables, las mismas que confunden con los materiales a utilizar, así como también presentan dificultades para elaborar conclusiones. Para llevar a cabo esta actividad se propuso una pregunta investigable: ¿Cuál es la mejor bolsa para transportar la compra del supermercado? Para responderla los estudiantes formaron grupos, asimismo, el profesor facilitó ocho tarjetas que correspondían a los pasos a seguir para planificar una actividad experimental. El objetivo de este estudio es investigar el conocimiento que tienen los estudiantes para profesor acerca de la naturaleza de la ciencia desde la planificación de una investigación en un contexto real y cercano a ellos.
- Ferrés, Marbà y Sanmartí (2015), publican una investigación denominada *“Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades”*. El contexto fue un curso de segundo año de bachillerato en instituto situado en una comarca de Girona durante el curso 2012-2013 en donde participaron veintitrés estudiantes. Sus resultados muestran dificultades en los trabajos de

investigación propuestos por un grupo de bachilleres en donde se denota dificultad para plantear un problema y la pregunta investigable, elaborar el procedimiento a seguir, identificar variables, así como también presentan dificultades para comunicar sus conclusiones. Con respecto a la variable experimental, es en este punto en donde se mostraron más dificultades. Para llevar a cabo la investigación dos profesoras evaluaron independientemente un cuestionario que fue resuelto por cada estudiante en donde plasmaron las características básicas de su investigación: pregunta investigable, hipótesis, procedimiento a seguir, variables, muestra de resultados, análisis de estos resultados y ejemplo de conclusión argumentada. La investigación tuvo como objetivo identificar las capacidades y las dificultades que muestran los bachilleres elaborando una actividad experimental de propuesto en el nivel de indagación abierta.

2.5.2. Artículos relacionados a las habilidades de proceso científico, materia de la presente investigación.

En este punto se enumeran algunas investigaciones llevadas a cabo por diversos autores a nivel internacional, en las que se estudian el desarrollo de las habilidades de proceso científico en actividades experimentales:

- Sukarno, Hamidah y Permanasari (2013), publican el estudio denominado *“The Profile of Science Process Skill (SPS) Student at Secondary High School (Case Study in Jambi)”* en donde aplican una encuesta a 322 alumnos de octavo grado de 10 escuelas de la ciudad de Jambi en Indonesia, el objetivo de la investigación fue hallar el nivel de adquisición de habilidades de proceso científico y su relación con el dominio de conceptos. En su investigación encontraron que los estudiantes de Jambi presentan puntajes más bajos en sus cuestionarios cuando se trata de responder preguntas que implican inferir, predecir y medir, mientras que obtienen puntajes más altos a preguntas relacionadas a observar y clasificar.
- Akinbobola y Afolabi (2010) publican el estudio titulado *“Analysis of science process skills in West African senior secondary school certificate physics practical examinations in Nigeria”*. Este estudio tiene objetivo determinar las habilidades del proceso científico en exámenes prácticos de Física de la Escuela Secundaria de África Occidental (WASSSC) por un período de 10 años (1998-2007). Los resultados indican que el número de habilidades de proceso básico (63%) es significativamente más alto que las habilidades de proceso integrado (37%).

- García y Furman (2014) en su estudio titulado “*Categorización de preguntas formuladas antes y después de la enseñanza por indagación*” se buscó analizar el progreso en la habilidad de formular preguntas investigables utilizando libros de textos de Ciencias Naturales haciendo uso de la enseñanza por indagación. Los resultados demuestran que hubo un cambio significativo en el porcentaje de tipo de preguntas investigables realizadas por los estudiantes luego de usar la metodología indagatoria.

2.5.3. Artículos relacionados al contenido conceptual

En este apartado se detallan algunas investigaciones elaboradas por diversos autores a nivel internacional, en las que se investiga sobre apropiación de contenido conceptual:

- La investigación de Crujeiras y Jiménez-Aleixandre (2015) “*Desarrollo de la competencia científica a través de la planificación de investigaciones en el laboratorio de química*” se lleva a cabo en un centro rural en donde los participantes son estudiantes de 3° de Educación Secundaria Obligatoria. El estudio tiene como objetivo mostrar las dificultades que presentan los estudiantes para la planificación de una investigación. Los resultados muestran que el alumnado presentaba más dificultades en la aplicación del conocimiento teórico que en la planificación del procedimiento a seguir.
- Ariza, Aguirre, Quesada, Abril y García. (2016) elaboran una investigación llamada “*¿Lana o metal? Una propuesta de aprendizaje por indagación para el estudio de las propiedades térmicas de materiales comunes*” la cual se lleva a cabo en una clase de 26 estudiantes de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria. El objetivo de este estudio es el desarrollo conceptual y la adquisición de competencias de proceso científico diseñando una actividad que responde a un enfoque de aprendizaje por indagación, en donde en un primer momento los estudiantes respaldaban sus afirmaciones en ideas contrarias a las científicas para finalmente respaldarlas en los resultados de sus experimentos. El resultado de esta investigación muestra que los conceptos previos de los estudiantes y que no son científicos son una gran barrera para conseguir un aprendizaje significativo por ello desarrollar actividades didácticas que cuestionan dichas concepciones es importante para el aprendizaje significativo de conceptos científicos.

Capítulo 3

Análisis de resultados

3.1. Introducción

En este capítulo se analizaron las respuestas a las preguntas planteadas en los cuestionarios semiestructurados de los estudiantes para profesor propuestos en cada una de las actividades experimentales desarrolladas con diferente nivel de indagación. El análisis de las respuestas se realiza en dos partes, la primera relacionada a las habilidades de proceso científico y la segunda haciendo referencia al contenido teórico involucrado. Con respecto al primer punto se estudian las preguntas investigables formuladas, los procedimientos, las variables (dependiente; independiente y de control) y para finalizar se hace un análisis de las conclusiones. Con respecto al segundo punto se inicia con la articulación de la formulación de la pregunta investigable con el contenido teórico. En esta línea también interesa hacer una evaluación del nivel de apropiación del contenido teórico propiamente dicho de parte del estudiante para profesor.

3.2. Habilidades de proceso científico

En las siguientes líneas se procederá a realizar el análisis de las diferentes habilidades de proceso científico que los alumnos ponen en juego cuando desarrollan las preguntas formuladas en el cuestionario semiestructurado. El análisis realizado tendrá como objetivo dar respuesta a la primera pregunta de investigación:

¿La apropiación de las habilidades de proceso científico dependerá del nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas a los estudiantes para profesor?

3.2.1. Análisis de las preguntas investigables formuladas

Con el objeto de procesar los resultados encontrados en las dos actividades experimentales con distinto nivel de indagación: guiada y abierta; se llevó a cabo el análisis de las habilidades de proceso científico; cuyo primer punto es el análisis de la formulación de preguntas investigables.

Para el análisis respectivo de las preguntas investigables formuladas por los estudiantes para profesor se empezó por analizar las preguntas investigables en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación guiada y a continuación se analizarán las

preguntas investigables formuladas en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación abierta.

Para realizar dicho análisis se establecieron ciertas categorías, tomando como base la literatura científica consultada, para dicha categorización se aplicó el índice de acuerdos propuesto por Silverman y Marvasti (2008), donde:

$$\text{Índice de acuerdo} = \frac{A}{A + D}$$

$A = \text{acuerdos de categorización}$

$D = \text{desacuerdos en la categorización}$

En este estudio dos investigadoras realizaron de manera independiente la clasificación de las preguntas propuestas encontrándose que el índice de acuerdos con respecto a las preguntas investigables formuladas, en las actividades experimentales de indagación guiada fue de 0.78; mientras que el índice de acuerdos para las preguntas investigables formuladas en las actividades experimentales de indagación abierta fue de 0.72. El valor que arroja el índice de acuerdos va de 0 (cuando no hay acuerdo) a 1 (cuando el acuerdo es unánime) (Silverman y Marvasti, 2008). Una vez obtenido el índice de acuerdos se procedió a analizar los resultados.

En la actividad experimental guiada, los estudiantes para profesor redactaron su propuesta de pregunta investigable contabilizándose 74 cuestionarios en total. Las preguntas extraídas de los cuestionarios se sometieron a un análisis de contenido para clasificarlas en investigables y no investigables. Para realizar el análisis se tomó en cuenta el concepto de pregunta investigable, dado por las autoras Sanmartí y Márquez (2012), las cuales dicen que:

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).

El análisis realizado arrojó que: 63 preguntas formuladas se pueden considerar como investigables; las cuales representan el 85.1% del total, 10 preguntas se pueden considerar como no investigables lo que equivale al 13.5% del total. Cabe señalar que un estudiante para profesor (1.4%) no formuló la pregunta (véase Figura 3.1).

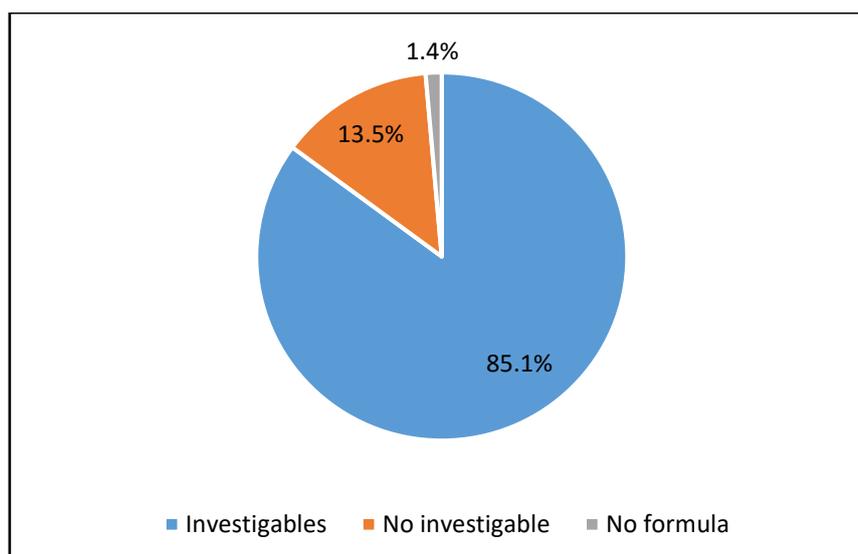


Figura 3.1. Porcentaje de preguntas formuladas (investigables y no investigables) y no formuladas. Actividad propuesta en el nivel de indagación guiada.

A continuación, se muestran dos ejemplos de preguntas investigables, propuestas por dos estudiantes para profesor: “¿Qué pasta dental tendrá un pH alrededor de 7, entre tres dentífricos: ¿Dento, Colgate y Kolynos?” (A25) e “¿Influirá el valor de pH para mantener la boca sana?” (A49); ambas preguntas cumplen con la definición de pregunta investigable trabajada en esta investigación y propuesta por Sanmartí y Márquez (2012), pues para ser resueltas se aplica un conocimiento, se distinguen y controlan ciertas variables y es necesario realizar un procedimiento para dar una respuesta a la pregunta planteada.

A continuación, se citan dos ejemplos de preguntas no investigables planteadas por los estudiantes para profesor: “¿Qué porción de pH en la pasta dental es buena para nuestra salud, y cómo podemos saberla?” (A27) y “¿Qué es lo que hace que los dientes y salivas no se dañen cuando se usan PH?” (A65); como se puede observar la primera pregunta no es investigable porque no se maneja correctamente el concepto de pH pues se habla de “porción de pH” cuando lo correcta es referirse al “grado de pH” por ello la pregunta no es viable; la segunda pregunta no es investigable pues es difícil de comprender ya que el pH es una medida, no un producto que sirva de consumo; al igual que en la pregunta anterior hay una carencia con respecto al concepto de pH.

En las líneas siguientes, se procede a analizar las preguntas formuladas por los estudiantes para profesor en la actividad experimental con un nivel de indagación abierta; a diferencia de la actividad anterior (indagación guiada), en esta actividad el tema de investigación no fue el mismo para todos los estudiantes para profesor pues cada uno de ellos contaba con un tema asignado al grupo que pertenecía. Al analizar el contenido de las preguntas

planteadas en 74 actividades experimentales propuestas por los estudiantes para profesor, -de estos 74- se encontró que un porcentaje igual a 95,9% corresponde a las preguntas investigables, es decir que 71 de las 74 preguntas formuladas son investigables (véase Figura 3.2).

A continuación; se ilustra con dos ejemplos planteados por dos estudiantes para profesor: “¿Influirá la temperatura de la leche (solvente) para quitar una mancha de vino (solute) de un trozo de tela?” (A5) e “¿Influirá el tipo del suelo en la filtración del agua?” (A21); al igual que en el caso anterior estas preguntas cumplen con la definición de pregunta investigable ya que para dar una solución a las mismas se aplica un conocimiento, se distinguen y controlan ciertas variables y se realiza un procedimiento a seguir para llegar a una conclusión.

Por otro lado, el porcentaje de preguntas no investigables es del 4.1%, es decir que 3 de las 74 preguntas formuladas no son investigables; dos ejemplos que ilustran este caso son los siguientes: “¿Influye la temperatura del agua?” (A60) esta pregunta tiene como tema de investigación la “levadura” en este caso falta definir las variables de investigación pues no se especifican correctamente, es decir se pregunta si influye la temperatura del agua; pero no se especifica en qué. Otra pregunta no investigable es la siguiente: “¿Influirá el medio ambiente en la oxidación el clima es un factor que nos permite a desarrollar este experimento con algunos tipos de temperatura?” (A62) esta pregunta corresponde al tema de “oxidación de frutas” y al igual que la pregunta anterior no especifica correctamente las variables, además añade información acerca de la experiencia a investigar y no presenta una buena redacción.

Teniendo en cuenta los datos registrados anteriormente se realiza una comparación de los resultados obtenidos en ambas actividades experimentales. Como puede observarse en la Figura 3.2, en el caso de las actividades experimentales con nivel de indagación guiada el 85.1% corresponde a las preguntas investigables, a diferencia de las actividades experimentales con nivel de indagación abierta en donde todos los estudiantes para profesor elaboraron preguntas, aquí se encontró que el 95.9% plantea preguntas investigables de manera que existe un incremento en el número de preguntas investigables formuladas entre la actividad experimental guiada y abierta, esta diferencia de 10.8 puntos porcentuales es significativa al 95% ($p\text{-value}<0.05$).

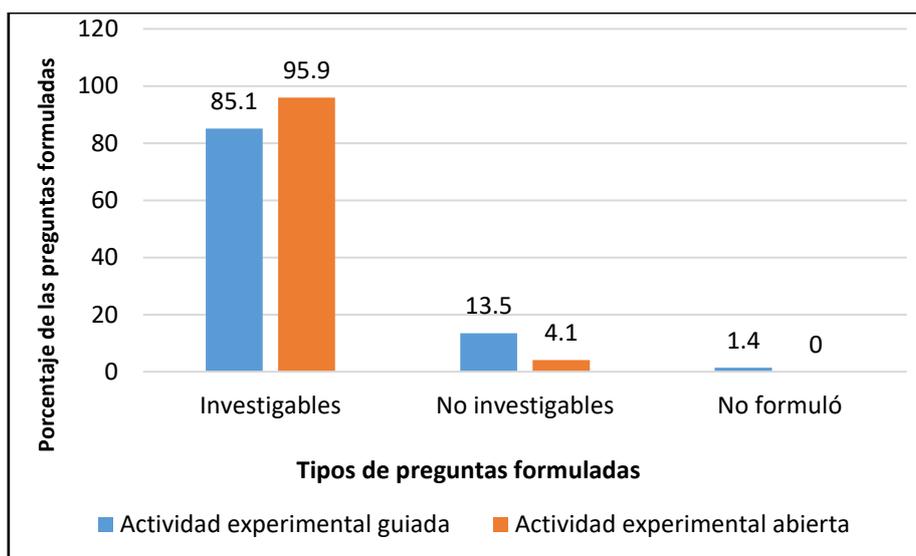


Figura 3.2. Porcentaje de las preguntas formuladas en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

3.2.1.1. Clasificación de las preguntas investigables según su tipología

Habiendo catalogado a las preguntas formuladas por los estudiantes para profesor en investigables y no investigables, se pasó a clasificar a las preguntas de tipo investigable de acuerdo con su tipología, según la propuesta de Chin (2002) quien clasifica a las preguntas investigables atendiendo a su objetivo o demanda. En la presente investigación se encontraron cuatro de las nueve modalidades descritas por la autora, tal como se observa en la Tabla 3.1. Así pues, las preguntas formuladas se clasificaron en cuatro categorías: causa-efecto, comparación, predicción y medida directa. La primera categoría, causa y efecto permite inferir sobre cómo una variable afecta a otra. La segunda categoría, de comparación, comprende dos tipos; el primer tipo es de selección en donde se compara una característica dada entre una serie de artículos para posteriormente seleccionar la más adecuada; el otro tipo de pregunta es de clasificación y esta requiere comparar las propiedades de varias sustancias para agruparla en categorías basadas en algunas características observables o comprobables. La tercera categoría son las preguntas de tipo predicción, éstas fomentan la interacción de las variables, la experimentación simple entre variables, y la predicción de los resultados como resultado de manipulaciones o cambios en las variables. La cuarta categoría son las preguntas de tipo medida directa y se centran en la adquisición de información o datos sobre un fenómeno o proceso que permita la descripción de un hecho sobre el que se centra la investigación.

Tabla 3.1
Categorías según el tipo de pregunta.

Categoría	Denominación	Definición
1	Causa-efecto	Aquellas preguntas que permiten a los estudiantes hacer inferencias sobre cómo una variable afecta a otra variable. Para preguntas de este tipo, se puede enseñar a los estudiantes a generar declaraciones "si... entonces" al formular sus hipótesis.
2	Comparación	Las preguntas de comparación comprenden el tipo "selección" o el tipo "clasificación". En el primero, los estudiantes comparan una característica dada de entre una serie de artículos y hacen una selección. Las preguntas de clasificación requieren que los estudiantes comparen las propiedades de varias sustancias y las agrupen en categorías basadas en algunas características observables o comprobables.
3	Predicción	Estas preguntas fomentan la experimentación práctica simple de variables, y la predicción de los resultados como fruto de manipulaciones o cambios de dichas variables. Las preguntas de predicción incluyen las que preguntan "¿Qué pasaría si...?" "¿Cómo... afecta el...?" Y "¿Cuál sería el efecto de...?"
4	Medida directa	Preguntas que piden información o datos sobre una entidad, fenómeno o proceso que permiten la descripción de un hecho sobre el que se centra la investigación.

Nota: Elaborado a partir de *Open Investigations in Science: Posing Problems and Asking Investigative Questions* por Chin, C. (2002, pp. 159-160)

Una vez definidos los tipos de preguntas presentes en los cuestionarios, se agruparon los resultados planteados por los estudiantes para profesor de acuerdo con las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta. Como puede observarse en la Figura 3.3 la distribución de los tipos de preguntas investigables no es igual en las dos sesiones. En el caso de la sesión propuesta en el nivel de indagación guiada, el 44.4% de las actividades experimentales es del tipo causa-efecto, mientras que el 38.1% de las actividades parten de una pregunta investigable del tipo comparación, el 6.3% del tipo predicción y un 11.1 % del tipo medida directa. En cambio, en la sesión propuesta en el nivel de indagación abierta el 76.1 % de las preguntas planteadas son del tipo causa-efecto, el 21.1% de las preguntas propuestas parten del tipo comparación, un 2.8% del tipo predicción y no propusieron preguntas de medida directa.

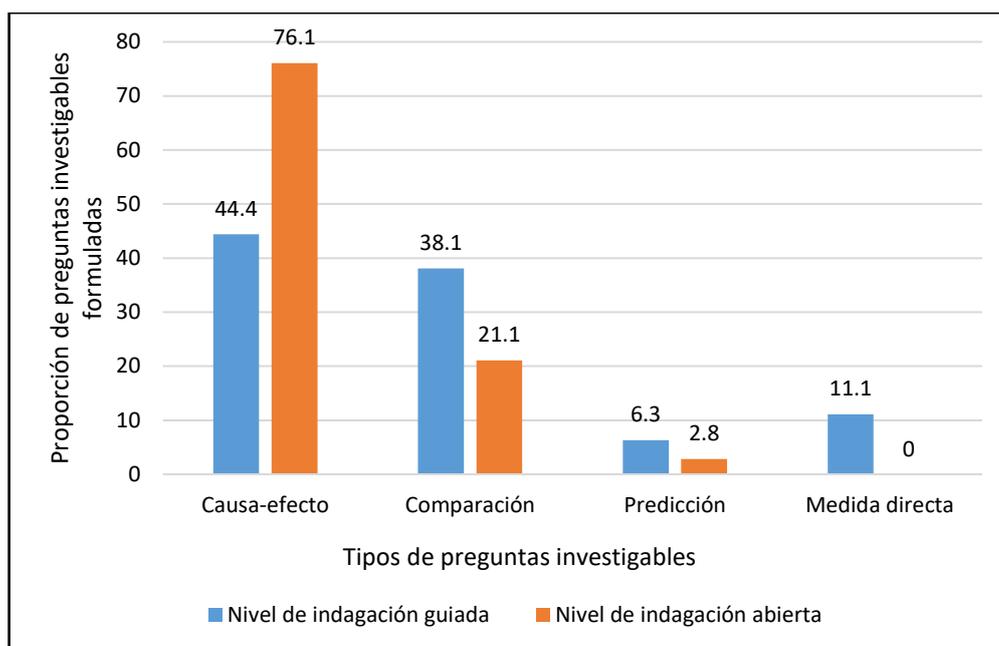


Figura 3.3. Proporción de preguntas investigables planteadas en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

Si se comparan los tipos de preguntas planteadas en las sesiones propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta, se encuentran algunas diferencias que se detallan a continuación, las significancias de éstas se analizan a partir de los datos de la Tabla 3.2. En cuanto a la sesión con nivel de indagación guiada el 44.4 % de las actividades experimentales planteadas parten de una pregunta del tipo causa-efecto y en la de nivel de indagación abierta el 76.1%, la diferencia de 31.7 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$). Con respecto a las preguntas de tipo comparación, en la sesión con nivel de indagación guiada el 38% de las actividades experimentales planteadas parten de una pregunta del tipo comparación y en la de nivel de indagación abierta le corresponde el 21%, la diferencia de 17 puntos porcentuales es significativa al 95% ($p\text{-value}<0.05$).

Tabla 3.2

Test de medias de la proporción de los tipos de preguntas investigables propuestas de acuerdo al nivel de indagación involucrado en la sesión.

Criterio	Indagación guiada	Indagación abierta	T	P-Value
Causa-efecto	0.444	0.76	-3.93166	0.000068
Comparación	0.38	0.21	2.3879	0.015504
Predicción	0.063	0.028	0.98299	0.163706
Medida directa	0.11	0	2.95678	0.001842

Nota: Para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01

Por otra parte, en la sesión con nivel de indagación guiada el 6.3% de las actividades planteadas parten de una pregunta del tipo de predicción y en las de nivel de indagación abierta

el 2.8 %, la diferencia de 3.5 puntos porcentuales no es significativa. Finalmente, en la sesión con nivel de indagación guiada el 11% de las actividades planteadas parten de una pregunta del tipo de medida directa y en las de nivel de indagación abierta no se plantean preguntas de este tipo, la diferencia de 11 puntos porcentuales es significativa al 99% ($p\text{-value}<0.01$).

A continuación, se formularán ejemplos que ilustren cada tipo de pregunta investigable, se iniciará con las preguntas formuladas por los estudiantes para profesor en la actividad experimental en el nivel de indagación guiada (véase Tabla 3.3).

Tabla 3.3

Ejemplos según el tipo de preguntas en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada

Tipo de pregunta investigable	Ejemplo de la pregunta
Causa-efecto	¿El pH neutro de la boca, depende de la marca de pasta que usamos? (A7).
Comparación	¿Será igual el pH de la pasta dental "kolynos" y la pasta dental "Dento"? (A3).
Predicción	¿Al mezclar los diferentes dentífricos con el indicador de col morada, el color de las mezclas será el mismo, y por qué sucede esto? (A41).
Medida directa	¿Podemos saber el pH del dentífrico que usualmente utilizamos? (A1).

Como se mencionó anteriormente las preguntas del tipo causa-efecto representan el 44.4% de las preguntas investigables. A manera de ilustración se muestra la pregunta planteada por un estudiante para profesor: “¿El pH neutro de la boca, depende de la marca de pasta que usamos?” (A7), en el texto de la pregunta planteada se encuentra una palabra clave que lleva a reconocer el tipo de pregunta al que pertenece, ésta es: “depende”; pues este vocablo enfatiza el control que existe entre las variables adoptando una gama de valores para formular una hipótesis.

Asimismo, las preguntas de tipo comparación comprenden el 38.1% de las preguntas investigables. A continuación, se muestran dos ejemplos que nos ilustrarán este tipo de preguntas: ¿Será igual el pH de la pasta dental "Kolynos" y el de la pasta dental "Dento"? (A3); esta pregunta pide hallar el valor del pH de cada pasta dental y comprobar si éstos son iguales para así determinar el más adecuado para la salud bucal.

El tercer tipo de pregunta investigable corresponde a las de predicción, con un porcentaje igual a 6.3% una muestra es la siguiente: ¿Al mezclar los diferentes dentífricos con el indicador de col morada, el color de las mezclas será el mismo, y por qué sucede esto? (A41),

en este tipo de pregunta se interroga sobre las posibles consecuencias de un hecho, esta pregunta se podría confundir con las de tipo causa-efecto pero su diferencia reside en que, el centro de las preguntas de predicción se enfocan en el resultado observable de un hecho mientras que en las preguntas de causa-efecto buscan la relación entre las variables; en la pregunta planteada por el estudiante para profesor (A41) se está centrando en el resultado pues observará el color obtenido al manipular las variables.

Finalmente se tiene a las preguntas de medida directa que corresponden al 11.1% de las preguntas investigables; un ejemplo de éstas es la siguiente: ¿Podemos saber el pH del dentífrico que usualmente utilizamos? (A11); para responder esta pregunta basta con tomar una muestra de una pasta dental y determinar el valor de pH que posee, de esta manera solo se busca una información determinada; la cual se obtiene a través de la aplicación de una técnica.

En esta misma línea, se describen ejemplos sobre los tipos de preguntas planteadas por los estudiantes para profesor en la actividad experimental abierta (véase Tabla 3.4) como se indicó anteriormente solo se encontraron tres de los cuatro tipos hallados en la actividad experimental guiada, y éstas son las siguientes: causa-efecto; comparación y predicción. Al primer tipo le corresponde el 76.1% de las preguntas investigables, al segundo tipo el 21.1% y al tercer tipo el 2.8% respectivamente, (véase Tabla 3.4).

Tabla 3.4
Ejemplos según el tipo de pregunta de la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

Tipo de pregunta investigable	Ejemplo de la pregunta
Causa-efecto	¿Influirá la temperatura de la leche (solvente) para quitar una mancha de vino (soluto) de un trozo de tela? (A5)
Comparación	¿Será igual quitar una mancha de vino en una tela de algodón, con leche fría, caliente y a temperatura ambiente? (A3)
Predicción	¿Qué pasaría si a la mezcla del agua con levadura y harina le añadiría dos cucharadas de azúcar? (A54)

Tal como se observa en la Tabla 3.4, una pregunta planteada por un estudiante para profesor con respecto al tipo de causa-efecto es la siguiente: “¿Influirá la temperatura de la leche (solvente) para quitar una mancha de vino (soluto) de un trozo de tela?” (A5) tal como indica la definición, el eje central de este tipo de preguntas son las distintas manipulaciones que se puedan realizar sobre las variables, así, por ejemplo, el resultado depende de las diversas

temperaturas que se tome, es decir que para llegar a un resultado el estudiante para profesor debe inferir como una variable afecta a otra variable. Al segundo grupo de preguntas, de tipo comparación, le corresponden los siguientes ejemplos: “¿Será igual quitar una mancha de vino en una tela de algodón, con leche fría, caliente y a temperatura ambiente?” (A3); en este tipo de preguntas los estudiantes para profesor deben comparar los resultados hallados para poder inferir la respuesta al fenómeno observado, seleccionando cuál de los solventes, quita la mancha con más facilidad.

Finalmente, se tiene al tercer grupo de preguntas investigables planteadas, el de predicción, a este tipo le corresponde la siguiente pregunta: ¿Qué pasaría si a la mezcla del agua con levadura y harina le añadiría dos cucharadas de azúcar? (A54), como se puede observar para inferir el resultado de esta pregunta se necesita observar el resultado de la investigación, es decir, observar qué pasa cuando vierto las dos cucharadas de azúcar.

3.2.2. Análisis de los diseños experimentales

La segunda habilidad de proceso científico analizada fue el planteamiento del diseño experimental, y para su análisis se tomó en cuenta dos aspectos: el primero se relaciona con el procedimiento a seguir y en este caso se tomó en cuenta si el estudiante para profesor describe claramente el procedimiento a seguir, así como también que el planteamiento sea viable. El segundo se relaciona con las variables: dependiente; independiente y de control.

En la elaboración de los criterios para el análisis de los diseños experimentales se tuvo en cuenta la definición del Ministerio de Educación del Perú (2015), éste plantea que el diseño experimental “permite a cada estudiante planificar y conducir su indagación, generar estrategias para la experimentación, seleccionar materiales e instrumentos de medición, recolectar datos y controlar las variables involucradas en la indagación” (p. 16).

3.2.2.1. Análisis del procedimiento a seguir

El análisis del procedimiento a seguir fue realizado por dos investigadoras de manera independiente, al igual que en el análisis de las preguntas investigables se aplicó el índice de acuerdos propuesto por Silverman y Marvasti, (2008), donde:

$$\text{Índice de acuerdo} = \frac{A}{A + D}$$

A = acuerdos de categorización

D = desacuerdos en la categorización

En este estudio el índice de acuerdos para el planteamiento de los procedimientos a seguir de indagación guiada fue de 0.72; mientras que el índice de acuerdos para el planteamiento de los procedimientos a seguir de indagación abierta fue de 0.69.

3.2.2.1.1. Nivel de indagación guiada

Análisis de los procedimientos a seguir independientemente de la pregunta investigable.

Los procedimientos revisados fueron un total de 74, independientemente de si planteó bien la pregunta investigable. Los resultados muestran que el 70.3% de los estudiantes para profesor plantea correctamente el procedimiento a seguir en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada, mientras que el 25.6% presenta errores en el planteamiento de su procedimiento a seguir y el 4.1% de los estudiantes para profesor no ha planteado el procedimiento a seguir, (véase Figura 3.4).

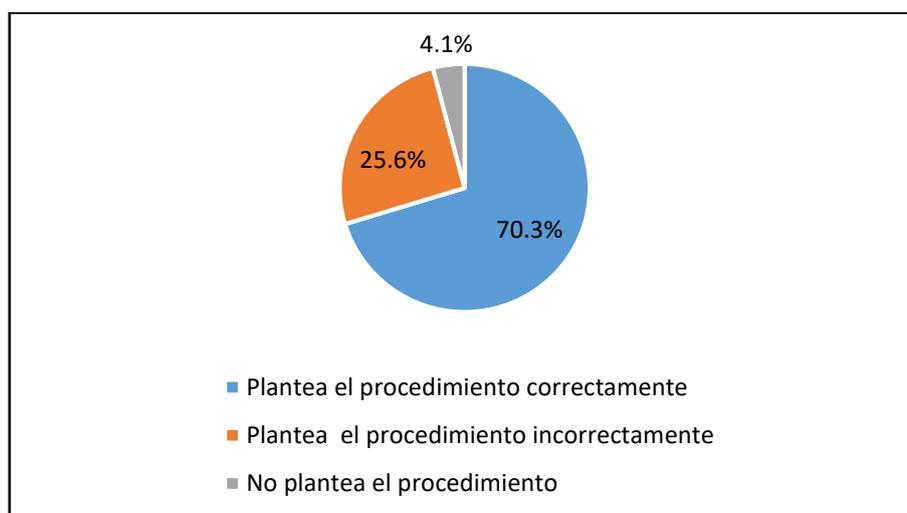


Figura 3.4. Porcentaje de los procedimientos a seguir correcta e incorrectamente diseñados y no planteados en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

Análisis de los procedimientos a seguir en relación con la pregunta investigable

Durante la investigación se relacionó los procedimientos a seguir correctamente planteados con la pregunta investigable, independientemente de si la responde o no; los resultados para las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación guiada arrojaron que el 62.2% de los estudiantes para profesor formulan correctamente la pregunta investigable y el procedimiento a seguir. A continuación, se realiza el análisis del procedimiento a seguir en relación con la pregunta investigable.

Caso 1: Cuando el procedimiento y la pregunta investigable son correctamente planteados

Debido a que interesaba realizar un análisis más fino en el cual se tuviera en cuenta que las dos habilidades se cumplieran de manera adecuada se procedió a realizar el análisis de los procedimientos a seguir en función de la pregunta investigable (véase Figura 3.5). Cuando se realiza el análisis de la pregunta investigable, junto al procedimiento a seguir correctamente formulado se encuentra que el 62.2% de los estudiantes para profesor los plantean de tal manera que cumplen con esta condición.

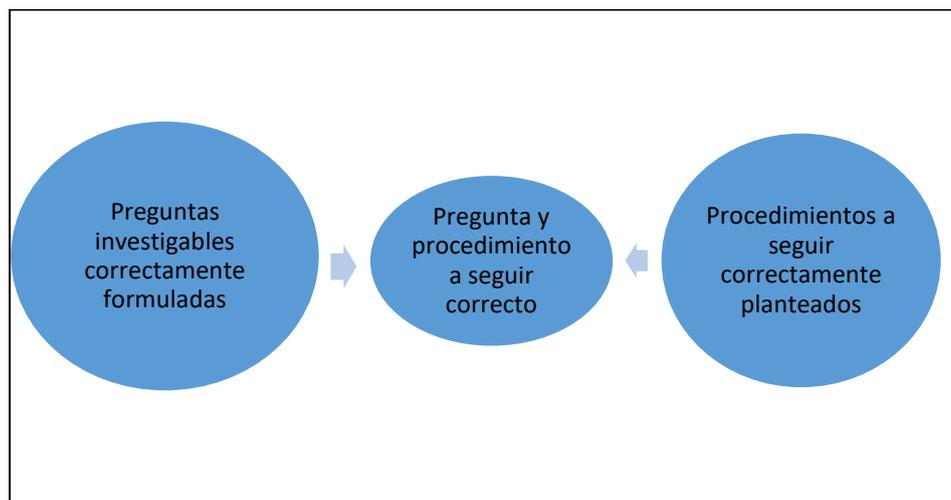


Figura 3.5. Esquema de la relación entre las preguntas investigables y el procedimiento a seguir correctamente formulados.

A continuación, se muestra un ejemplo propuesto por el estudiante para profesor el cual sirve para ilustrar este caso:

En la Figura 3.7, se muestra el procedimiento a seguir por un estudiante para profesor (A7), el cual responde a la siguiente pregunta investigable “Teniendo en cuenta que utilizamos como medidor de pH a la col morada ¿Cuál es la pasta que presenta mayor y menor pH? ¿Cuál es la mejor?”; tal como se observa el procedimiento a seguir se ha descrito correctamente, incluyendo la lista de materiales, un bosquejo del planteamiento, las medidas como: el tiempo a emplear y la escala de pH.

En este tipo de procedimientos a seguir el estudiante para profesor da una breve introducción que lleva al lector al contexto de la situación, reflejando un manejo de contenido: “Para cuidar nuestros dientes debemos cepillarnos tres veces al día, pero con una buena pasta que tenga un pH neutro (7), o un pH ni tan ácido ni tan básico”, como podemos observar la idea de cepillarse tres veces al día es bastante común pues no solo se enseña en el aula sino que

también se observa en diversas campañas publicitarias; pero lo que no es común es manejar el concepto de pH, el estudiante para profesor parte de esa premisa que será la base de su investigación para hallar la mejor pasta de dientes.

Otro aspecto en común fue detallar los materiales a emplear, el mismo estudiante para profesor (A7) elabora la siguiente lista: “Materiales: Agua, muestras de pasta dental, col morada, cucharitas”, y aunque no menciona el uso de recipientes, los ilustra tal como se observa en la Figura 3.6.

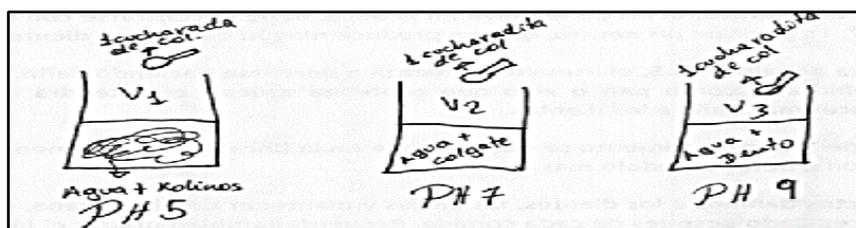


Figura 3.6. Materiales indicados en el procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A7).

Asimismo, divide el procedimiento (A7) a seguir en cuatro pasos, tal como se cita en el siguiente párrafo:

Para cuidar nuestros dientes debemos cepillarnos tres veces al día, pero con una buena pasta que tenga un pH neutro $\rightarrow 7$; o un pH ni tan ácido ni tan básico.

Materiales: Agua, muestras de pasta dental, col morada, cucharitas.

Procedimiento:

- Mezclamos en tres vasitos agua y un poco de pasta de distintas marcas en cada vaso:
 - $V_1 = H_2O + Kolinos$
 - $V_2 = H_2O + Colgate$
 - $V_3 = H_2O + Dento$
- Luego echamos una cucharadita de col morada en cada vaso.
- Esperamos 5 segundos y podemos observar que cambia de color.
- Medimos el pH guiándonos por el color:

Ácidos						Neutro	Básicos					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
rojizos - fucsias - rosados						verdes + claro-agua	naranjos - marrones					

Figura 3.7. Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A7) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

1. Mezclamos en tres vasitos agua y un poco de pasta de distintas marcas en cada vaso:
 $V_1 = H_2O + \text{kolinos}$
 $V_2 = H_2O + \text{Colgate}$
 $V_3 = H_2O + \text{Dento}$
2. Luego echamos una cucharadita de col morada en cada vaso.
3. Esperamos 5 segundos y podemos observar que cambia de color.
4. Medimos el pH guiándonos por el color. (A7)

El paso número 4 está acompañado de un gráfico que indica la medida del pH, dividiendo la escala en ácidos, neutro y básicos; así como también proporciona datos como los colores característicos de cada uno de ellos (véase Figura 3.7).

Caso2: Cuando el procedimiento a seguir es planteado correctamente, pero la pregunta investigable es incorrecta

Al igual que en el Caso 1, interesaba realizar un análisis en el cual se tuviera en cuenta las dos habilidades, pero con la diferencia que en este caso se procedió a realizar un análisis de los procedimientos a seguir en función de las preguntas investigables incorrectamente formuladas (véase Figura 3.8). Los estudiantes para profesor que plantearon correctamente el procedimiento a seguir, pero no la pregunta investigable asciende al 8.1%.

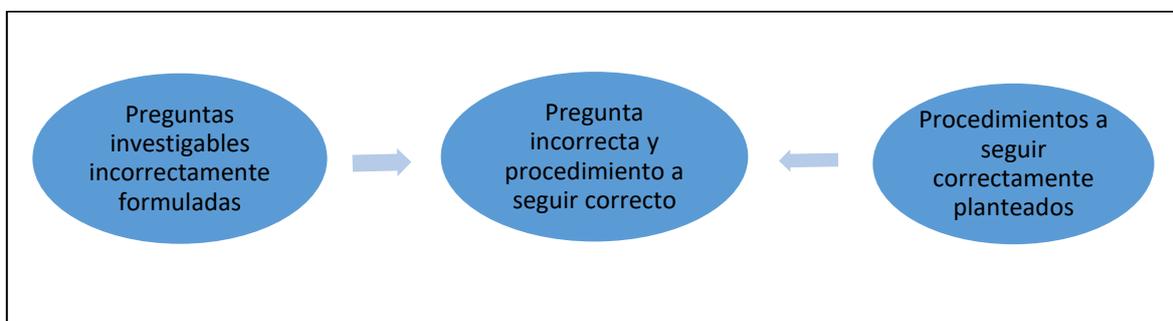


Figura 3.8. Esquema de la relación entre las preguntas investigables incorrectas y el procedimiento a seguir correctamente formulado.

A continuación; se ilustra con un ejemplo de procedimiento a seguir que corresponde a esta categoría. El estudiante para profesor (A13) formula la siguiente pregunta la cual no es investigable “¿Qué reacción tienen los diferentes tipos de pasta al agregarle un indicador (col morada) para descubrir su escala de pH?” y aunque la pregunta planteada no es investigable pues refleja poco manejo del contenido; el procedimiento a seguir está correctamente planteado, tal como se observa en la Figura 3.9, allí se coloca los materiales a utilizar: “Para poder comprobar los diferentes niveles de pH que tienen las pastas dentales, utilizaremos: agua, diferentes tipos de colinos (Colgate-dento), col morada como indicador, vasos descartables,

sorbetes, cucharas”(A13), dentro de la lista de materiales es usual encontrar el término Kolynos o colinos como sinónimo de pasta dental pues es una marca muy popular. El procedimiento planteado por el estudiante para profesor (A13) es el siguiente:

Primero: colocaremos en cada vaso descartable una muestra de pasta que sean diferentes con agua para lograr una mejor disolución para mezclar utilizaremos los sorbetes.

Segundo: Después de ya haber obtenido totalmente la disolución de las pastas, procederemos a agregar una cucharada de col morada en cada mezcla y observaremos el cambio de color que tienen. (A13)

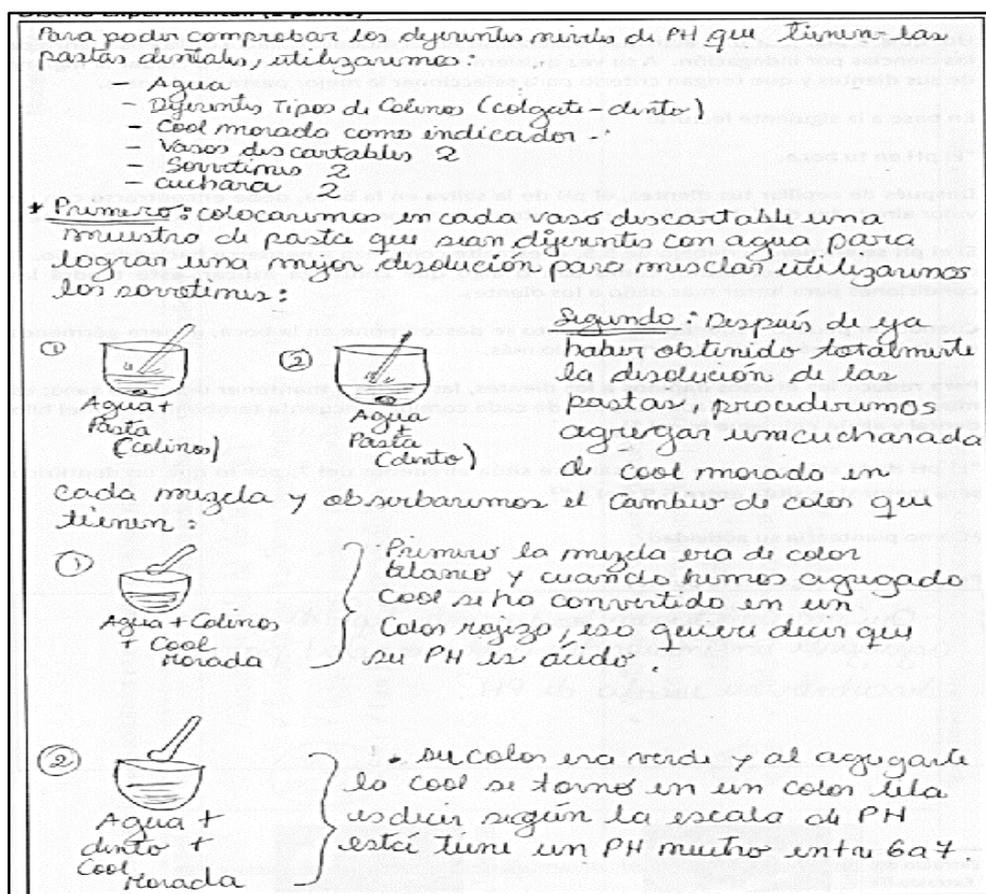


Figura 3.9. Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A13) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

3.2.2.1.2. Nivel de indagación abierta

Análisis de los procedimientos a seguir independientemente de la pregunta investigable

Los procedimientos a seguir revisados fueron un total de 74, independientemente de si planteó bien la pregunta investigable. Los resultados muestran que el 77% de los estudiantes

para profesor plantean correctamente los procedimientos a seguir en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta, mientras que el 23% de los estudiantes para profesor plantea incorrectamente los procedimientos a seguir (véase Figura 3.10).

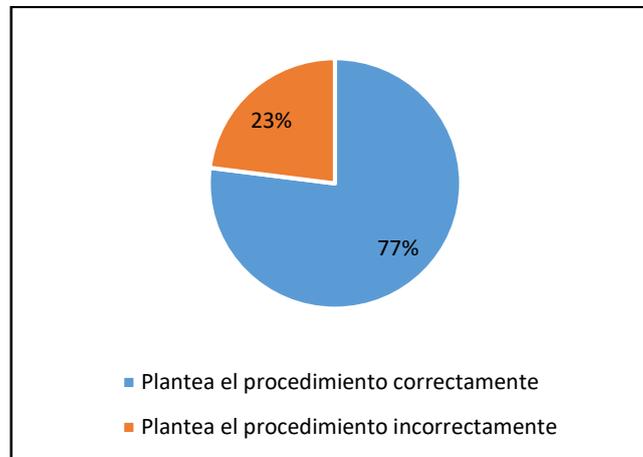


Figura 3.10. Porcentaje de los procedimientos a seguir planteados en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

Análisis de los procedimientos a seguir en relación con la pregunta investigable

A continuación, se describirán los procedimientos a seguir planteados en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta, dichos procedimientos muestran una mejora en el planteamiento de procedimientos en comparación a los propuestos en el nivel de indagación guiada, ya que todos los estudiantes para profesor plantearon un procedimiento a seguir; -que en su mayoría estaban correctamente elaborados-, pero también se presentaron algunos incorrectos. El porcentaje de estudiantes para profesor que plantea correctamente un procedimiento a seguir asciende al 77% del total, mientras que el número de estudiantes para profesor que plantean incorrectamente su procedimiento a seguir es del 23% del total.

Caso 1: Cuando el procedimiento a seguir y la pregunta investigable son correctamente planteados en actividades experimentales con nivel de indagación abierta.

Cuando se realiza el análisis de la pregunta investigable, junto al procedimiento a seguir correctamente formulado se encuentra que el 73% de los estudiantes para profesor cumplen con esta condición. A continuación, se inicia la descripción del procedimiento (véase Figura 3.11) atendiendo a la pregunta investigable propuesto por el estudiante para profesor (A17), el cual responde a la siguiente pregunta investigable: “¿Cuál es el tipo de suelo en el cual se filtra con mayor rapidez el agua (tiempo que demora en pasar a través de cada suelo)?”; tal como se observa el procedimiento propuesto consta de una lista de materiales, la planificación a seguir punto por punto, el uso de ilustraciones y también hace especificaciones con respecto a las medidas empleadas.

Los materiales por emplear son los siguientes: “cuatro botellas de tres litros (cada una cortada a 20 cm de la parte inferior); tipos de suelo: arenoso, arcilloso, pedregoso y orgánico; tela muy fina; cuatro jarras que tengan medidas y dos litros de agua”, tal y como se observa la lista de materiales tiene incluida las medidas necesarias para desarrollar la actividad, así como también se enumeran los tipos de suelo que se emplearán. En cuanto al procedimiento este dice lo siguiente:

1. Verter a cada uno de los recipientes los distintos tipos de suelo.
2. Se coloca la misma cantidad de suelo en cada una de éstas
3. Medimos $\frac{1}{2}$ litro de agua en cada una de las jarras.
4. Vertemos el agua en cada uno de los recipientes de manera sincronizada.

El procedimiento tal como se puede apreciar es viable, está secuenciado y hace uso de ilustraciones que ayudan a comprender significativamente el procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor.

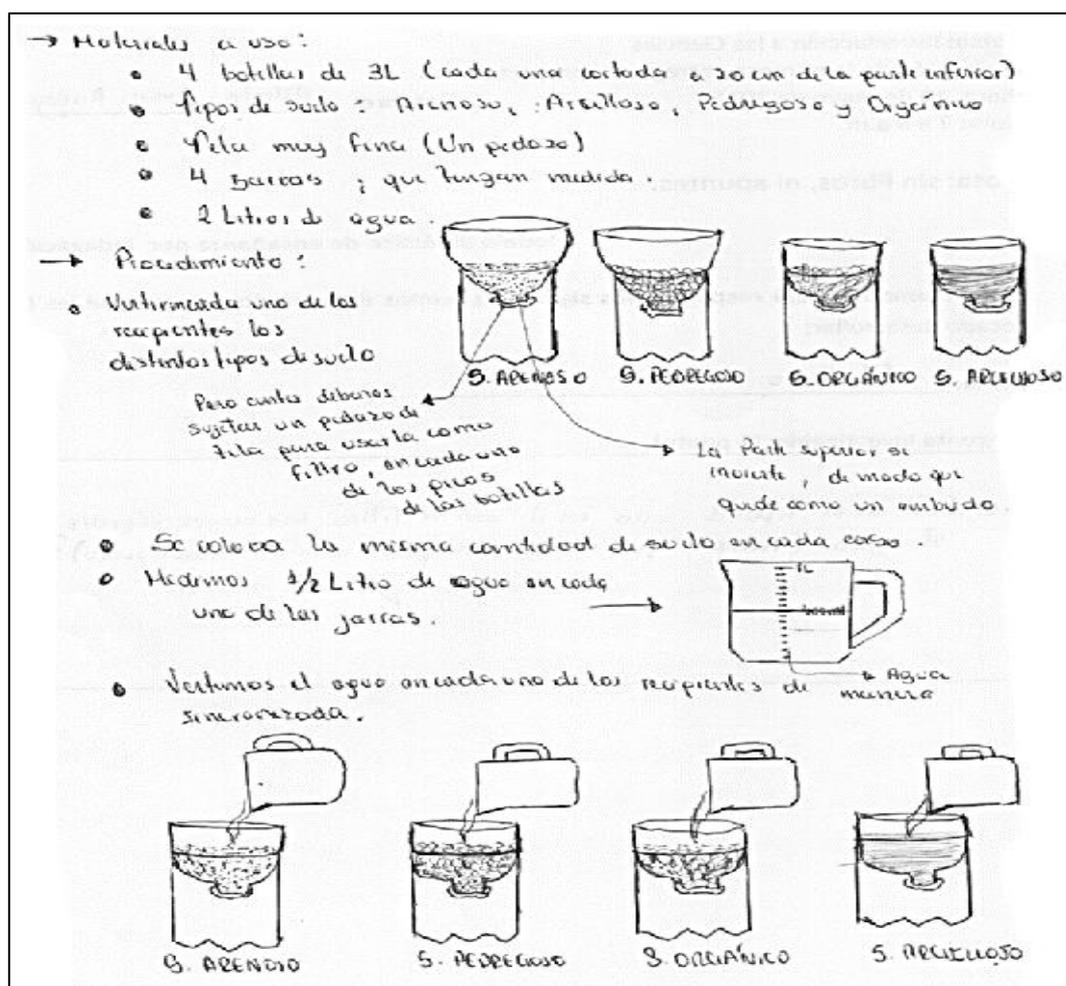


Figura 3.11. Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A17) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

Caso 2: Cuando el procedimiento a seguir es planteado correctamente, pero la pregunta investigable es incorrecta en actividades experimentales con nivel de indagación abierta.

Al igual que en el caso anterior existe un porcentaje de estudiantes para profesor quienes elaboran un buen procedimiento a seguir, pero no formulan correctamente la pregunta investigable, este porcentaje es igual a 4.1%, este porcentaje es menor al encontrado en los procedimientos propuestos en el nivel de indagación guiada tal como muestra la Tabla 3.5, y la diferencia de 4 puntos porcentuales no es significativo. A continuación, se utilizará un ejemplo para ilustrar este caso, el estudiante para profesor identificado como (A60) plantea la siguiente pregunta que no es investigable: “¿Influirá la temperatura del agua?”, la pregunta está incorrectamente formulada; ya que no indica sobre qué afectará el cambio de temperatura, como se evidencia se coloca de manera explícita la variable independiente pero no se hace referencia a la dependiente; lo cual dificulta su comprensión. En cambio, cuando plantea el procedimiento a seguir, tal como se muestra en la Figura 3.12. Éste cuenta con todas las características para considerarlo correcto, primero empieza con una hipótesis, luego enumera los materiales y finalmente explica paso a paso el procedimiento.

Tabla 3.5

Cuadro comparativo del procedimiento a seguir planteado correctamente, aunque la pregunta investigable es incorrecta en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
El procedimiento es planteado correctamente, pero la pregunta investigable es incorrecta	0.081	0.041	1.02858	0.15269

Nota: para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01

El objetivo del procedimiento a seguir, tal como se muestra en la Figura 3.12. es averiguar si la levadura es un ser vivo, para ello se propone un procedimiento a seguir en el cual se parte de la siguiente hipótesis: si la levadura respira entonces es un ser vivo, por ello se plantea un procedimiento a seguir en el cual se compara la reacción de tres mezclas; la primera consta de un vaso de agua tibia, una cucharada de azúcar y otra de levadura; la segunda consta de un vaso de agua fresca, una cucharada de azúcar y otra de levadura y la tercera consta de vaso de agua helada, una cucharada de azúcar y otra de levadura; estas mezclas se dejan reposar por la misma cantidad de tiempo.

1. DISEÑO EXPERIMENTAL :

- Realizaremos el siguiente experimento para ver si la levadura respira y es un ser vivo.

Los materiales que vamos a utilizar son vasos descartables, diferentes temperaturas de agua, azúcar y levadura.

En los tres vasos se pondrá la misma cantidad de agua, en el primer vaso se colocará una cucharada de levadura y una cucharada de azúcar, en el segundo vaso se colocará agua fresca, una cucharada de levadura y una cucharada de azúcar y el tercer se colocará agua helada, una cucharada de levadura y una cucharada de azúcar, pasamos a revolver con el mango de la cuchara cada mezcla y esperamos dos minutos para ver que reacción tiene cada vaso.

	A. Tibia	A. fresco	A. Helado	Levadura	Azúcar
1° Vaso	✓				
2° Vaso		✓		✓	✓
3 Vaso			✓	✓	✓

Figura 3.12. Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A60) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

3.2.2.2. Pertinencia entre el procedimiento a seguir y la pregunta investigable

Otra de las interrogantes que surgió durante la investigación fue si los procedimientos correctamente planteados respondían a la pregunta investigable formulada por los estudiantes para profesor durante las dos sesiones con diferente nivel de indagación, guiada y abierta. En este caso, el análisis de la pertinencia entre el procedimiento a seguir y la pregunta investigable se centrará en aquellos procedimientos a seguir que sí responden a la pregunta investigable.

Los resultados arrojaron que el 54.1% de los procedimientos a seguir correctamente planteados responden a la pregunta formulada en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación guiada; mientras que el 68.9% de los procedimientos a seguir correctamente planteados responden a la pregunta formulada en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación abierta, ver Figura 3.13. La diferencia de 14.8 puntos porcentuales es significativa al 95% ($p\text{-value}<0.05$), lo que indica una mayor coherencia entre el desarrollo del procedimiento a seguir con respecto a la pregunta investigable.

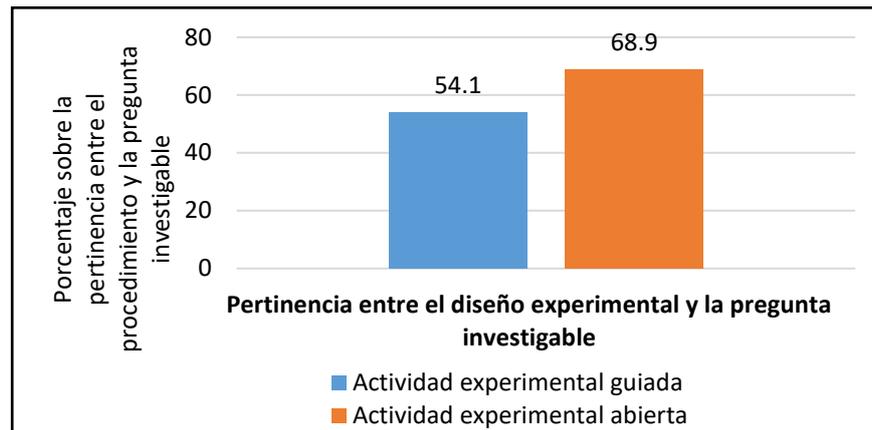


Figura 3.13. Porcentaje sobre la pertinencia entre el procedimiento a seguir y la pregunta investigable en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

A continuación, se realiza una descripción que ilustra la pertinencia entre la pregunta investigable y el procedimiento planteado por el estudiante para profesor (A8), la pregunta es la siguiente: “¿El pH neutro de la boca, depende de la marca de pasta que usamos?” (A8) para el cual se planteó el siguiente procedimiento a seguir: en tres recipientes se agrega agua y pasta dental de tres marcas diferentes, a esta mezcla se le agregará media cucharadita del indicador de col morada, tal como muestra la Figura 3.14. Como se observa el estudiante para profesor necesita conocer el pH del dentífrico para saber si este afecta en el pH neutro de la boca, para ello ha elaborado dicho procedimiento.

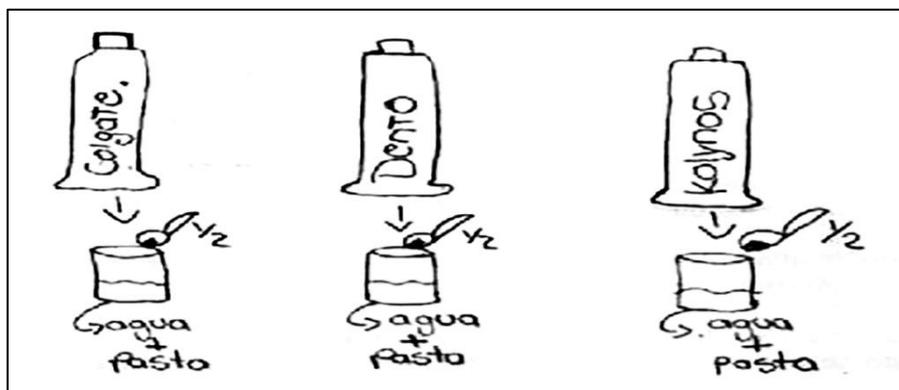


Figura 3.14. Procedimiento planteado por el estudiante para profesor (A8) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

A continuación, se describe un ejemplo propuesto por el estudiante para profesor (A19) que ilustra la pertinencia entre la pregunta investigable formulada y el procedimiento propuesto en los cuestionarios en el nivel de indagación abierta. La pregunta investigable es la siguiente: “¿La temperatura del agua influye en el crecimiento de la levadura?”, para responder dicha pregunta el estudiante para profesor plantea el siguiente procedimiento a seguir: En tres vasos diferentes verterá la misma cantidad de agua, una cucharadita de azúcar y otra cucharadita de levadura; por otra parte, el agua debe tener distintas temperaturas para cada vaso, de esta forma se observa el comportamiento de la levadura para cada vaso. Como se evidencia, en el procedimiento descrito, existe coherencia entre la pregunta y el procedimiento planteado.

3.2.2.3. Estilos de presentación de los procedimientos a seguir en actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta

El análisis de contenido realizado mostró tres estilos predominantes en la manera de presentar los procedimientos; estableciéndose de esta manera tres categorías. Dichas categorías fueron determinadas de manera inductiva; a partir de los datos analizados y de la literatura científica consultada utilizando la teoría fundada *Grounded Theory* (Glaser y Strauss, 1967), buscando patrones emergentes a partir de los procedimientos a seguir propuestos.

Una de las categorías definidas está relacionada con la presentación o estilo del procedimiento, ya que éstos se describen de forma textual o haciendo uso de gráficos, o de ambos. En primer lugar, se analizan los datos relacionados a las actividades experimentales con nivel de indagación guiada en donde se encontró que el 21.2% planteaba el procedimiento de forma textual, el 3.8% planteaba el procedimiento haciendo solo uso de un gráfico; mientras que el 75% planteaba el procedimiento de forma textual y apoyados en un gráfico (véase Figura 3.15).

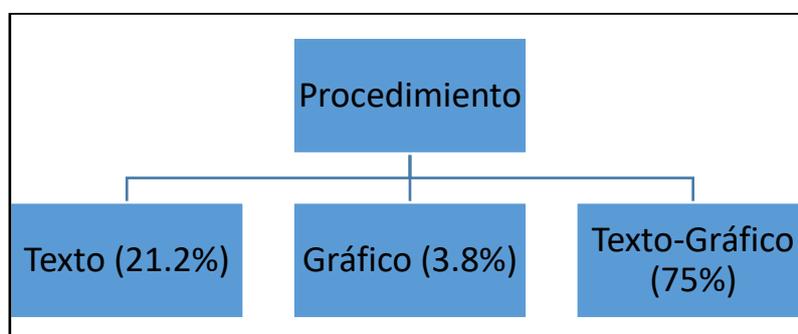


Figura 3.15. Esquema de los criterios hallados al analizar los procedimientos a seguir en la actividad propuesta en el nivel de indagación guiada.

Seguidamente se describen los resultados encontrados en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación abierta en donde se encontró que el 33.3% planteaba el procedimiento de forma textual, el 5.3% planteaba el procedimiento haciendo solo uso de un gráfico y el 61.4% planteaba el procedimiento de forma textual y apoyados en un gráfico (véase Figura 3.16).

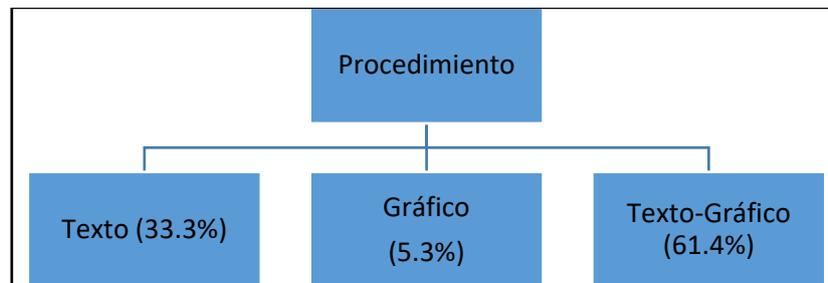


Figura 3.16. Esquema de los criterios hallados al analizar los procedimientos a seguir en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

3.2.2.4. Análisis de las variables experimentales

Otro punto importante de esta investigación con respecto al estudio de las habilidades de proceso científico es en palabras del autor Antonio Mariscal (2015) “La capacidad para identificar variables por considerarla como el primer paso en planificación de una investigación” (p. 238), reconocerlas fue para los estudiantes para profesor uno de los puntos clave en la elaboración de sus actividades experimentales.

Para el análisis de las variables experimentales se elaboraron unas categorías teniendo en cuenta la literatura científica consultada, aplicando luego a los resultados el índice de acuerdos (Silverman y Marvasti, 2008), el cual arrojó los siguientes resultados; para el análisis de las variables experimentales en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación guiada fue de 0.95; mientras que el índice de acuerdos para el análisis de las variables experimentales en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación abierta fue de 0.93.

Esta capacidad fue desarrollada por los estudiantes para profesor durante las dos sesiones: guiada y abierta; y las evidencias recogidas durante el análisis de datos arrojaron lo siguiente: que el 17.6% de los estudiantes para profesor reconocieron las variables experimentales durante la actividad de indagación guiada; asimismo el 28.4% de los estudiantes para profesor reconocieron las variables experimentales durante la actividad de indagación abierta, tal y como muestra la Figura 3.17. Estos resultados son obtenidos independientemente

de si el estudiante para profesor formuló correctamente la pregunta investigable y/o planteó correctamente el procedimiento a seguir.

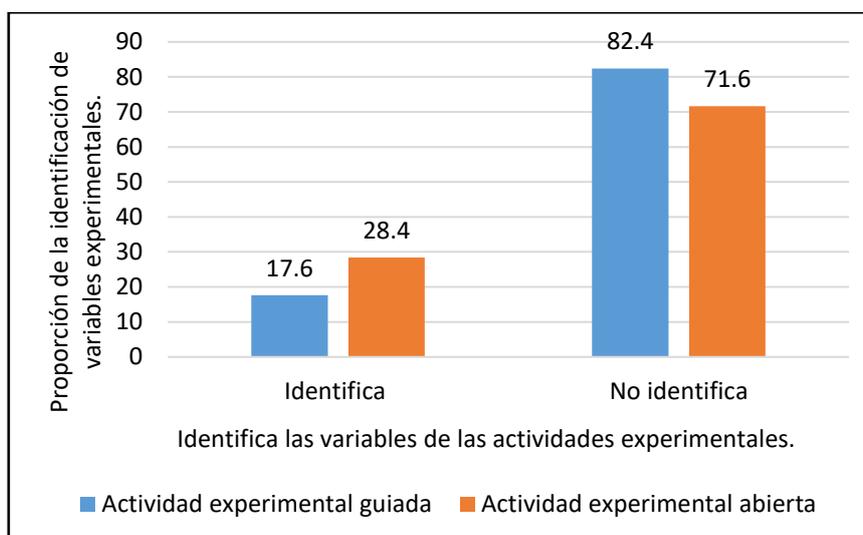


Figura 3.17. Proporción de la identificación de variables experimentales en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

A continuación se ilustran los resultados descritos con una actividad experimental realizada por un estudiante para profesor, identificado como (A6); la primera actividad experimental corresponde al nivel de indagación guiada, en ella se plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Qué clase de pasta de dientes tendrá menos pH al comparar la pasta de dientes marca Dento, con la pasta de dientes marca Colgate y a partir de esto determinar qué clase de pasta de dientes es beneficioso para nuestra salud bucal?” a esta pregunta no se le planteó correctamente el procedimiento a seguir pues solo se dio detalles de los materiales a utilizar y una pequeña nota tal como muestra la Figura 3.18. Las variables correspondientes a este procedimiento a seguir planteadas por (A6) son las siguientes: “variable dependiente: el pH de los dos tipos de pasta de dientes; variable independiente: la pasta de dientes; y variable de control: la misma cantidad de agua desionizada”. Las variables tal como se aprecian han sido elaboradas correctamente ya que se ha reconocido la función de cada una durante la elaboración del procedimiento a seguir.

Tomaremos de ejemplo a este mismo estudiante para profesor (A6) para ilustrar el mismo caso, pero en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta, éste formula la siguiente pregunta investigable: “¿En qué recipiente pasará con mayor rapidez, el agua; al agregar 1/2 litro de este elemento en cada uno de los recipientes de gaseosa de igual forma y tamaño, pero conteniendo diferentes tipos de suelo?” la pregunta en cuestión está correctamente

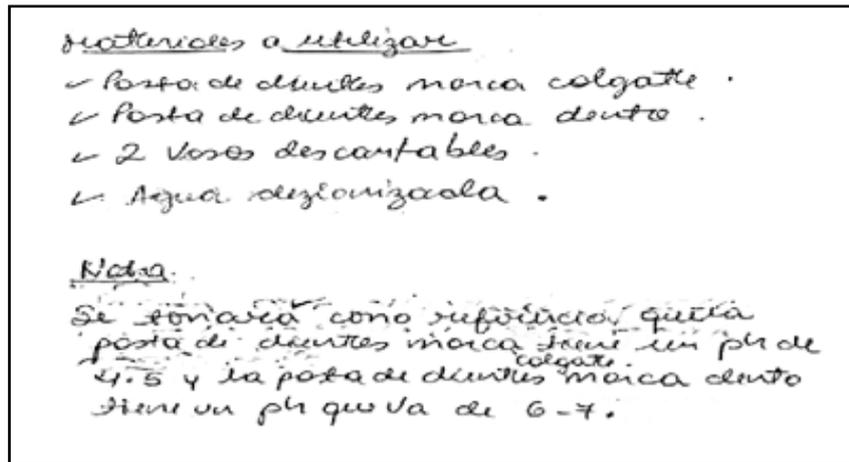


Figura 3.18. Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A6) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

formulada pero al analizar el procedimiento a seguir propuesto se puede observar que carece de procedimiento, al igual que en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada, este procedimiento a seguir solo coloca los materiales y unas notas o especificaciones con respecto a la estructura del mecanismo a utilizar, tal como se observa en la Figura 3.19; por otro lado las variables son las siguientes: “Dependientes: es el tiempo que tarda en filtrar el agua...; la variable independiente: los diferentes tipos de suelo...; y la variable de control: la cantidad de agua que se agregará..., y la forma y el tamaño de los recipientes”. Las variables señaladas anteriormente son correctas pues se reconoce la función de cada una de éstas durante el desarrollo de la actividad experimental, en primer lugar, la variable dependiente recoge el tiempo en que tarda en filtrarse el agua en los diferentes tipos de suelo (variable independiente) ante ciertas condiciones que se mantienen inalterables como la cantidad de agua y el tamaño y forma de los recipientes (variable control).

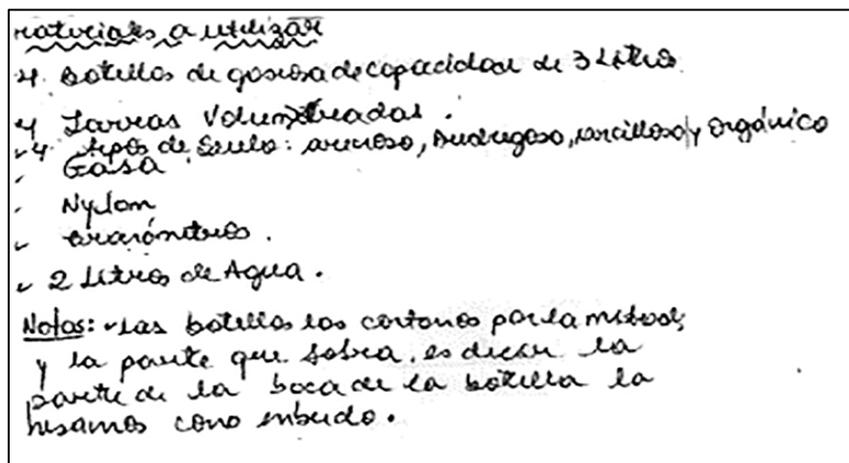


Figura 3.19. Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A6) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

Como se observa en la Tabla 3.6, aunque hay un ligero aumento en cuanto al manejo de variables en la segunda sesión (abierta) con respecto a la primera sesión (guiada) por parte de los estudiantes para profesor, la diferencia de 10.8 puntos porcentuales es significativo al 95%. Al finalizar la primera sesión el 82.4% de los estudiantes para profesor no identifican correctamente las variables experimentales, mientras que concluida la segunda sesión el 71.6% de los estudiantes para profesor tampoco las identifican correctamente.

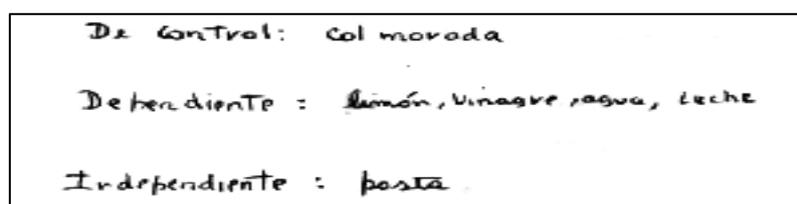
Tabla 3.6

Test de medias del porcentaje respecto a las variables correctamente planteadas en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Variables experimentales	0.176	0.284	-1.74719	0.041354

Nota: para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

A continuación, se muestran dos ejemplos de variables incorrectamente formuladas para los dos casos; independientemente de si el estudiante para profesor formuló correctamente la pregunta investigable y/o planteó correctamente el procedimiento a seguir. A manera de ilustración se ha tomado las actividades experimentales planteadas por el estudiante para profesor identificado como (A26). En la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada el estudiante para profesor realiza la siguiente pregunta: “¿Cuál es la mejor pasta de dientes que protege a los dientes de las caries?”, y aunque la pregunta es correcta, el estudiante para profesor no identifica las variables experimentales tal como lo muestra la Figura 3.20, en ésta podemos apreciar que sólo se reconoce a parte de las variables de control mientras que presenta errores al reconocer la variable independiente y dependiente.

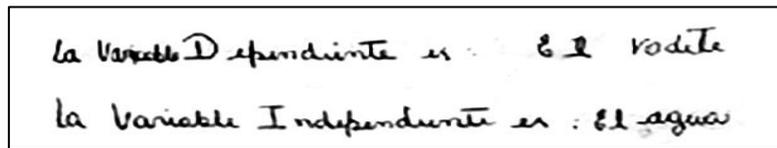


De control: Col morada
 Dependiente: Limón, Vinagre, agua, leche
 Independiente: pasta

Figura 3.20. Variables experimentales planteadas por el estudiante para profesor (A26) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

En la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta el estudiante para profesor identificado como (A26) plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Influye la dirección del agua con el movimiento del rodete?”, y aunque la pregunta es investigable el estudiante para profesor no reconoce las variables a investigar (véase Figura 3.21) pues indica: “Variable dependiente: el rodete; variable independiente: el agua y la Variable Factor: vasito”. Las variables descritas presentan errores; en primer lugar confunde la denominación de variable control con la de variable factor, segundo no reconoce la función que realiza cada variable en

la experiencia; en este caso la variable dependiente sería la dirección en que se mueve el rodete; la variable independiente es la dirección en que se mueve el agua la cual puede variar para obtener los resultados que afecten a la variable dependiente; y finalmente la variable control entre los que tenemos al vaso, la cantidad de agua, usar el mismo mecanismo y una misma persona manipulando la experiencia, tener en cuenta estos factores evitan alteraciones en la actividad experimental desarrollada.



la Variable Dependiente es : el rodete
la Variable Independiente es : el agua

Figura 3.21. Variables experimentales planteadas por el estudiante para profesor (A26) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

3.2.2.4.1. Análisis de los tipos de variables de las actividades experimentales

Como se mencionó en el capítulo anterior, parte importante del diseño experimental lo constituye el definir las variables que intervendrán durante el proceso de investigación, en este estudio se han trabajado con tres tipos de variables, así tenemos que según Feixas (2012) “los tres tipos de variables a considerar serán: independiente, dependiente y de control” (p.68); las variables que se modificarán (variable independiente), las que se dejarán constantes (variable control) y las que se medirán (variable dependiente).

La Figura 3.22 muestra los porcentajes encontrados en cuanto al dominio demostrado por los estudiantes para profesor en la identificación de cada una de las variables experimentales, asimismo, se puede observar que ha habido un incremento en el manejo adecuado de las variables, pero cabe señalar que no en todos los tipos de variables dicho incremento ha sido significativo. En cuanto a las variables de control correctamente planteadas; en la sesión con nivel de indagación guiada éstas representan el 20.3% en el total de las actividades experimentales planteadas y en la de nivel de indagación abierta representan el 36.5%, la diferencia de 16.2 puntos porcentuales es significativa al 95% ($p\text{-value}<0.05$), mientras que en la sesión con nivel de indagación guiada el 40.5% de las variables experimentales planteadas corresponden a las variables dependientes correctamente planteadas y en la de nivel de indagación abierta es el 44.6%, la diferencia de 4.1 puntos porcentuales no es significativa. Finalmente, en la de nivel de indagación guiada el 39.2% de las actividades planteadas corresponden a las variables independientes correctamente planteadas y en la de nivel de indagación abierta corresponde el 48.6%, la diferencia de 9.4 puntos porcentuales no es significativa.

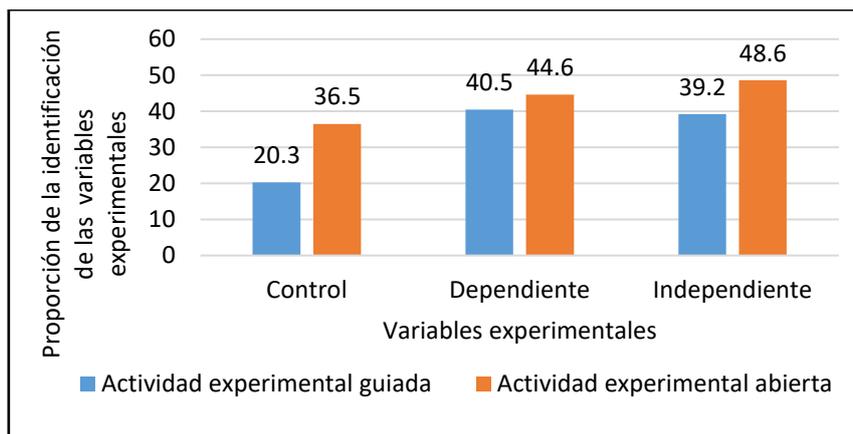


Figura 3.22. Proporción de las variables experimentales en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

3.2.2.4.2. Análisis de las variables experimentales en relación con la pregunta investigable y el procedimiento a seguir

En las líneas precedentes se han descrito los resultados del análisis de las variables experimentales independientemente de la pregunta investigable y el procedimiento a seguir. A continuación, se analiza la correspondencia que existe entre éstas pues interesa responder a la siguiente pregunta:

¿Cuántos de los estudiantes para profesor que han formulado correctamente la pregunta investigable y el procedimiento a seguir han planteado correctamente las variables?

Tal como muestra la Figura 3.23, a la sesión con nivel de indagación guiada le corresponde 16.2% de las variables experimentales correctamente planteadas en relación con la pregunta investigable y el procedimiento a seguir correctos y en la de nivel de indagación abierta es el 24.3%, la diferencia de 8.1 puntos porcentuales no es significativa.

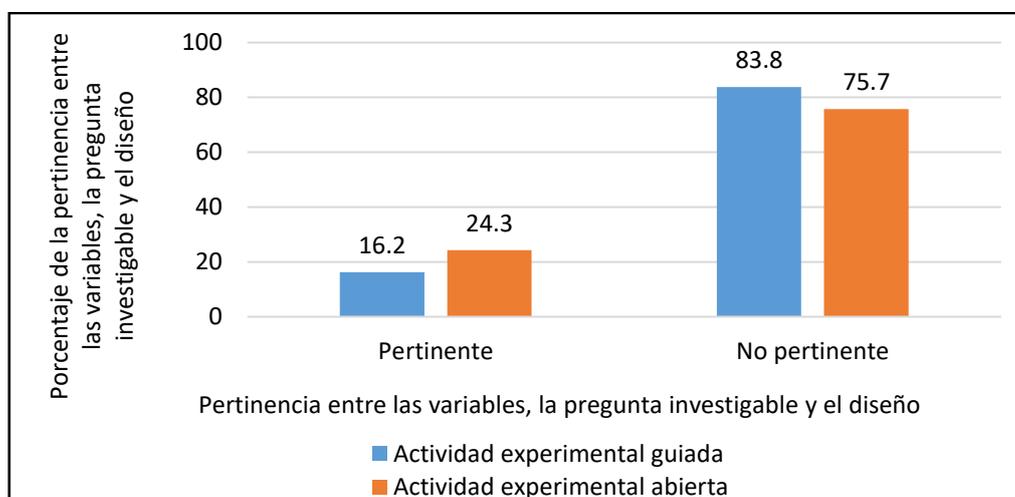


Figura 3.23. Proporción de la correspondencia entre las variables, la pregunta investigable y el procedimiento a seguir en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

A continuación, se describirán algunos ejemplos que ilustren estos primeros resultados empezando por la actividad experimental guiada, planteada por el estudiante para profesor identificado como (A28), quien plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Variará el grado de acidez en la boca de una persona si cambia su pasta dental antigua de pH5 por una de pH7?”. El procedimiento principalmente dice “Someteremos a una persona voluntaria a una prueba de dos semanas en la que tendrá que cepillarse con una pasta dental una semana y la otra con otra pasta dental”, asimismo las variables planteadas dicen lo siguiente: “Variable dependiente: la acidez de la saliva; variable independiente: las pasta de dientes; y control de variable: el agua con que se enjuaga”; como se puede apreciar tanto la pregunta, el procedimiento a seguir y las variables coinciden y están correctamente formuladas.

Con respecto a la actividad experimental abierta se ha elegido el procedimiento a seguir elaborado por el estudiante para profesor (A1) quien plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Cómo influye la temperatura en la producción del dióxido de carbono en este caso utilizando distintos reactivos como el azúcar y la sal?”, la pregunta es investigable, aunque se ha errado al considerar al polvo de hornear como levadura. Por otra parte, en cuanto al procedimiento a seguir se ha propuesto lo siguiente para resolver la pregunta:

La primera botella contiene agua a temperatura ambiente, dos cucharitas de sal y levadura.

La segunda botella contiene agua a temperatura ambiente, dos cucharitas de azúcar y levadura.

La tercera botella contiene agua caliente, dos cucharitas de sal y levadura.

La cuarta botella contiene agua caliente, dos cucharitas de azúcar y levadura. (A1)

Teniendo en cuenta el procedimiento a seguir y la pregunta, las variables planteadas son correctas ya que guardan relación con el objetivo de la actividad experimental propuesta por el estudiante para profesor en mención; las variables son las siguientes (véase Figura 3.24):

Variable de control: polvo de hornear (levadura), azúcar y sal.

Variable independiente: La temperatura

Variable dependiente: Cantidad de producción de dióxido de carbono. (A1)

La variable de control hace referencia a aquellos insumos que no varían durante el proceso, la misma cantidad de azúcar, sal y polvo de hornear; la variable independiente es aquella que variará buscando un efecto en el resultado de la experiencia; y finalmente la variable dependiente es el resultado que se obtendrá después de manipular cada una de las variables durante el proceso, como se puede apreciar en la Figura 3.24.

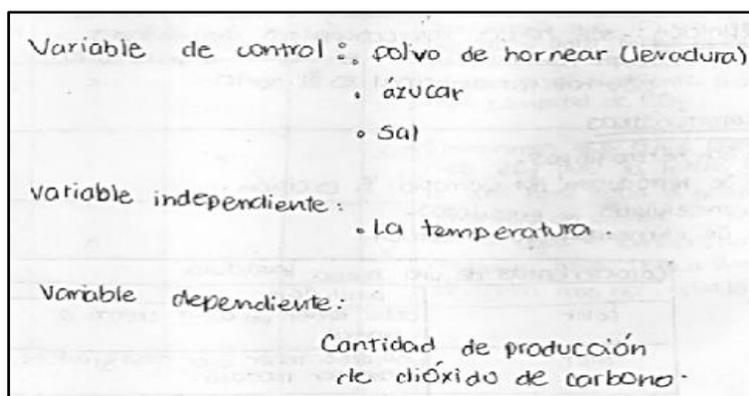


Figura 3.24. Variables experimentales planteadas por el estudiante para profesor (A1) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

Por otro lado, el porcentaje de estudiantes para profesor que formulan correctamente la pregunta investigable y el procedimiento a seguir, pero no plantean correctamente las variables corresponde al 83.8% en la actividad experimental guiada; y el 75.7% en la actividad experimental abierta esta diferencia porcentual de 8.1 no es significativa. A continuación, se ilustrarán dos ejemplos el primero corresponde a la actividad experimental guiada y es planteada por el estudiante para profesor identificado como (A7); éste formula la siguiente pregunta investigable: “Teniendo en cuenta que utilizaremos como medidor de pH a la col morada ¿cuál es la pasta que presenta mayor y menos pH? ¿Cuál es la mejor?”, seguidamente el procedimiento a seguir plantea lo siguiente: en tres vasos se colocarán tres muestras; la primera de agua y Kolynos; la segunda de agua y Colgate; y la tercera agua y Dento; a cada muestra se le verterá una cucharadita del indicador (col morada) y se esperará la reacción, tal como se muestra en la Figura 3.25. Las variables son las siguientes: “variable dependiente: agua + pasta; variable independiente: la col”; en este caso el estudiante para profesor solo reconoce dos de las tres variables experimentales y además no las identifica correctamente, las variables serían las siguientes: la variable independiente sería las diferentes pasta dentales utilizadas durante la actividad, la variable dependiente sería los valores de pH hallados y la variable control serían las cantidades de agua, indicadores y pasta dental utilizadas, así como la dimensión de los vasos.

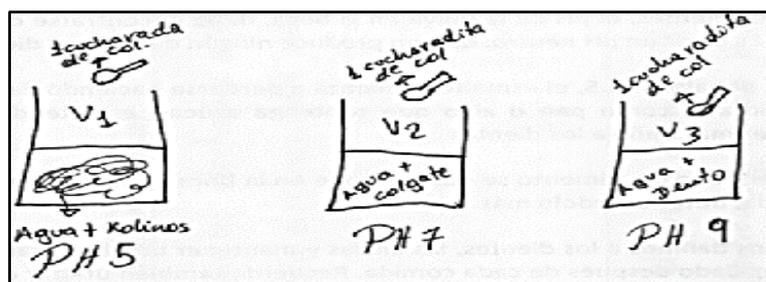


Figura 3.25. Variables experimentales planteadas por el estudiante para profesor (A7) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

La segunda actividad experimental corresponde al mismo estudiante para profesor identificado como (A7), éste formula la siguiente pregunta investigable: “¿Influirá la temperatura del agua cambiando la levadura en la producción del dióxido de carbono utilizando distintos reactivos, en este caso sal y azúcar?”; para elaborar el procedimiento a seguir se necesitaron cuatro botellas, las cuales contenían las siguientes muestras: la primera contenía agua tibia y azúcar, la segunda agua tibia y sal, la tercera agua a temperatura ambiente y sal y la cuarta agua a temperatura ambiente y azúcar; a cada muestra se le agregará polvo de hornear dispuesta en un globo (véase Figura 3.26), con respecto a este procedimiento a seguir hubo un error al utilizar polvo de hornear y no la levadura, muchas veces como en este caso las entendían como sinónimos. Finalmente las variables propuestas por el estudiante para profesor son las siguientes: “variable control: la temperatura del agua, variable dependiente: agua+azúcar/ agua+sal, variable independiente: la levadura” (A7), como se observa el estudiante para profesor confunde cada una de las variables, y el haber utilizado más de un reactivo dificulta reconocerlas; en este caso la variable independiente serían los distintos reactivos: el agua a diferente temperatura, la sal y azúcar, la variable dependiente sería la cantidad de dióxido de carbono desprendido, el cual se observaría por las dimensiones del globo; y finalmente la variable control: las mismas cantidades de agua, sal y azúcar; así como las dimensiones de la botella y el globo así como el tiempo.

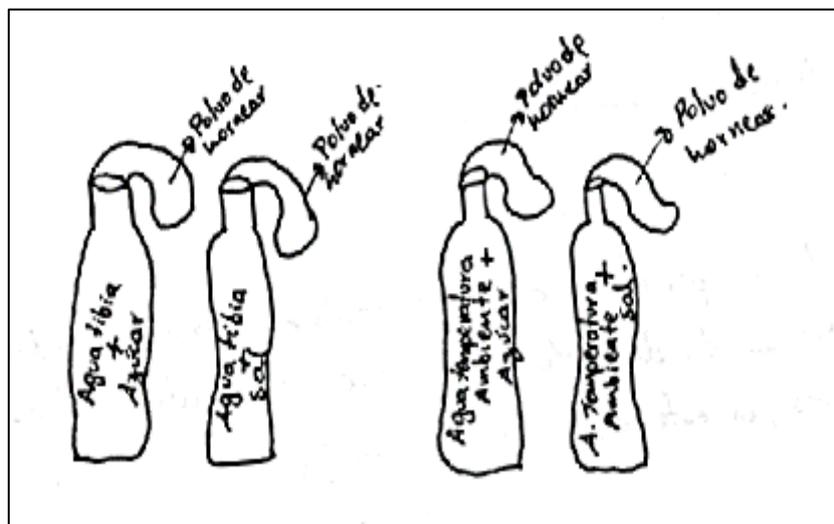


Figura 3.26. Variables experimentales planteadas por el estudiante para profesor (A7) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

3.2.2.5. Análisis del diseño experimental: procedimiento y variables

Cuando se realiza el análisis del diseño experimental se revisa si el estudiante para profesor hace un correcto planteamiento del procedimiento a seguir e identifica correctamente

las variables experimentales. Los resultados arrojaron que el 16.2% (véase Figura 3.27) de los estudiantes para profesor plantearon correctamente el diseño experimental en la actividad experimental propuesta en el nivel indagación guiada, mientras que el 24.3% los plantean en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta; la diferencia de 8.1 puntos porcentuales no es significativa.

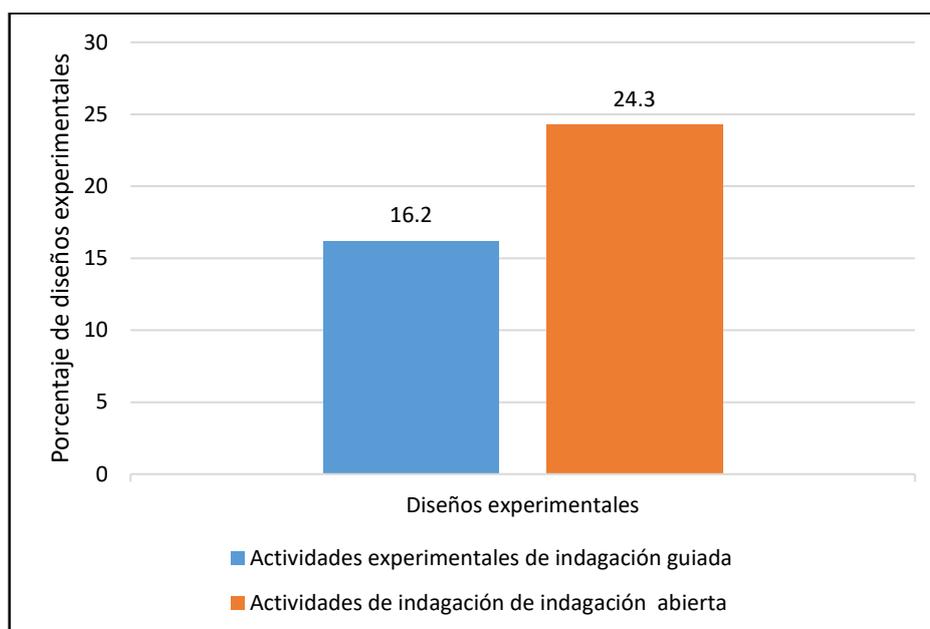


Figura 3.27. Porcentaje de los diseños experimentales propuestos por los estudiantes para profesor en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

A continuación, se plantea un ejemplo que describe este punto, el primer diseño experimental a analizar fue planteado por el estudiante para profesor (A5) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada (véase Figura 3.28). En el procedimiento a seguir planifica tomar dos muestras de pastas dentales y medir su pH con ayuda del extracto de col morada (indicador); para este diseño experimental se plantean las siguientes variables; la dependiente el valor de pH que resulta de la mezcla, la independiente son los dentífricos que sirven de muestra, y la de control es la cantidad de pasta de dientes y de agua que utilizan. Tanto el procedimiento como las variables están correctamente formulados; asimismo si se observa el procedimiento (Figura 3.28) es elaborado detallando implícitamente las variables que intervienen en la actividad.

Diseño experimental: (1 punto)

1º Traería 2 pequeñas muestras de colgate y kolinos. y ~~usar~~ el agua de la col morada hervida como marcador de pH.

colinos → colgate  → agua de col morada.

2º Dibir en una misma cantidad de agua en dos vasos separados: el colgate y el kolinos

2ml colgate 50ml kolinos

3º Añadir dos cucharitas de agua de col morada en los vasos y ver el color que toma. teniendo en cuenta que mi color base será el rosa para neutro 7 y mientras más se acerque al rojo serán más ácidos y al verde bases.

colgate kolinos

4º Observaremos el color que tomar y será el más apropiado el que se torne de un color rosa, casi el más parecido al del pH \Rightarrow 7.

5º comprobaremos que el color variará en uno y otro producto y sabremos que dentrífico es el más adecuado para usar

Figura 3.28. Procedimiento elaborado por el estudiante para profesor (A5) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

El segundo ejemplo que se describe corresponde a los resultados obtenidos en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta el mismo que fue planteado por el estudiante para profesor (A49). El procedimiento planificado es el siguiente (véase Figura 3.29): se utilizan tres tipos diferentes de manzanas y se les expone a dos temperaturas distintas, a temperatura ambiente y a temperatura fría, las dejan expuestas a dichas temperaturas por 10 minutos y observan los resultados. Las variables experimentales son las siguientes: la dependiente es la coloración que muestra la manzana producto de la oxidación, la independiente es la temperatura a la que se expone a los trozos de manzana; la variable de control los trozos de manzana cortados en partes iguales y el tiempo de exposición. Tal como se observa en el procedimiento se especifica también implícitamente las variables que se utilizan en la actividad.

Para el desarrollo de la pregunta investigable hemos hecho nuestro diseño experimental usando los siguientes materiales:

- 3 tipos de manzanas (chilena roja, chilena verde, Israel)
- 2 platos descartables
- hielo (cubitos)
- 3 cuchillos iguales

Los 3 tipos de manzana los vamos a cortar en 4 partes iguales.

Para realizar y ver si la temperatura influye o no la comparación es la siguiente:

Temperatura ambiente	Temperatura Fría (hielo).
- El plato que contiene 3 trozos de diferente tipo de manzana. Se dejará actuar durante 10 minutos.	- El plato que contiene 3 trozos de diferente tipo de manzana cubiertos de hielo, también se lo dejará actuar durante 10 minutos.
- Luego dejaremos pasar 10 minutos más para ver si hay nuevas cambios.	- También dejaremos pasar 10 minutos más para ver que cambios va a obtener

- Pues luego de la comparación de ambas temperaturas se observará y se obtendrá resultados.

Y como resultados se ha obtenido que en ambas temperaturas su reacción es diferente, ya que la manzana depende de las temperaturas para su conservación y permanencia en su mismo coloración.

Figura 3.29. Procedimiento elaborado por el estudiante para profesor (A49) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

3.2.3. Análisis de la redacción de conclusiones

Otra de las habilidades de proceso científico a investigar en este estudio son las conclusiones elaboradas por los estudiantes para profesor. Con respecto a la capacidad de formular conclusiones el autor Cañal (2012) manifiesta que:

Se trata ahora de explorar la capacidad del alumnado para, a partir de los resultados obtenidos en un estudio, formular conclusiones relativas a los objetivos, problemas, hipótesis y metodología de la investigación, teniendo en cuenta, en su caso, resultados y conclusiones de investigaciones anteriores sobre la problemática investigada. (p. 13).

Con respecto a lo expresado por el autor se puede afirmar que en el transcurso de esta investigación el estudiante para profesor ha planteado una pregunta investigable y a partir de ella ha elaborado un procedimiento a seguir para responder a dicha pregunta, de este procedimiento a seguir el estudiante para profesor ha obtenido unos datos, los cuales debe interpretar y en base a ellos elaborar sus propias conclusiones (Mariscal, 2015). Para la correcta evaluación de las conclusiones se tomó en cuenta los criterios del procedimiento a seguir

NPTAI, un instrumento elaborado por Ferrés, Marbà y Sanmartí (2015) y “diseñado con el objetivo de valorar las habilidades específicas relacionadas con la comprensión de los pasos de un proceso de indagación” (p.26) entre los criterios que se han tomado tenemos:

- La correcta fundamentación de las conclusiones.
- Que las conclusiones estén basadas en las pruebas obtenidas en el procedimiento a seguir.
- Que las conclusiones se presenten de forma completa.

Como se mencionó anteriormente los criterios fueron elaborados teniendo en cuenta la literatura científica consultada y revisadas por dos investigadoras, para el respectivo análisis se utilizó el índice de acuerdos propuesto por Silverman y Marvasti, (2008), donde se obtuvo que el índice de acuerdos en el planteamiento de las conclusiones propuestas en las actividades experimentales de indagación guiada fue de 0.92; mientras que el índice de acuerdos para el planteamiento de las conclusiones propuestas en las actividades experimentales de indagación abierta fue de 0.81.

A continuación, se describen los resultados encontrados con respecto al porcentaje de conclusiones; en los cuestionarios propuestos en el nivel de indagación guiada se encontró que el 56.8% propone correctamente la redacción de las conclusiones, mientras que el 59.5% corresponde a los cuestionarios propuestos en el nivel de indagación abierta; la diferencia de 2.7 puntos porcentuales no es significativa (véase Tabla 3.7).

Tabla 3.7
Test de medias del porcentaje respecto a las Conclusiones.

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Conclusiones	0.568	0.595	-0.33107	0.370532

Nota: para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

En este punto se desarrolla un ejemplo que ilustra las conclusiones propuestas por los estudiantes para profesor en el nivel de indagación guiada. Este primer ejemplo fue propuesto por el estudiante para profesor (A50) y responde a la siguiente pregunta investigable: “¿Influirá la marca de la pasta de los dientes en el pH de la boca?”, cuya conclusión propuesta fue:

En la masa A se observó un aspecto rojizo en la solución que, al ubicarlo en la escala del pH, dio como resultado que estaba en el n° 5.5, por lo tanto, esa marca no era favorable ya que tenía ácido.

Por lo consiguiente, en la marca B, se ubicó en la escala 7.5 sabiendo así que era neutro, por lo tanto, esa marca era favorable.

Por último, en la marca C, fue parecida a la marca A, así que tampoco favorecía a la limpieza bucal.

Se llega a la conclusión que el pH varía de acuerdo a la marca de cada pasta dentífrica. (A50)

Como se puede observar las conclusiones obtenidas del cuestionario se presentan correctamente fundamentadas, de manera clara y concisa se exponen sus resultados vinculándolos a un contenido, asimismo este resultado es coherente con la pregunta investigable.

Con respecto a las conclusiones analizadas en los cuestionarios propuestos en el nivel de indagación abierta el estudiante para profesor (A73) propone la siguiente pregunta investigable: “¿Cómo influye la temperatura en la reproducción del dióxido de carbono al contacto con los agentes como la sal y el azúcar?”, y la conclusión que le corresponde es la siguiente:

Análisis de resultados:

Observamos que según la temperatura los tamaños de los globos al inflarse varían como sucede en el caso de la sal que con el agua a temperatura ambiente solo que el globo se pare y mantenga esa forma pequeña, mientras que con el agua caliente el globo infla en mayor tamaño.

Observamos también que para el caso del azúcar ocurre lo contrario a temperatura ambiente infla un poquito más que con el globo con agua caliente.

Por último, observamos que la sal se mezclada con el agua, al dejarle caer el polvo de hornear, se mezclaba o se disuelve más rápido que el azúcar. (A73)

En este ejemplo las conclusiones también responden a la pregunta investigable planteada por el estudiante para profesor y sus resultados se basan en las observaciones realizadas durante la elaboración de la actividad experimental.

3.2.4. Análisis de la redacción de conclusiones en relación con la pregunta investigable, el procedimiento a seguir y las variables

En este apartado se analiza la capacidad para interpretar los resultados y para formular conclusiones en las actividades experimentales propuestas por los estudiantes para profesor en relación con la pregunta investigable formulada, el procedimiento a seguir planteado y las variables experimentales identificadas. Tal como se observa en la Figura 3.30, el porcentaje de las conclusiones correctamente formuladas en relación con la pregunta investigable, el

procedimiento a seguir y las variables, en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación guiada ascienden al 13.5%, mientras que en la de nivel de indagación abierta alcanza un porcentaje de 23%, la diferencia de 9.5 puntos porcentuales es significativa al 90% y denota un incremento en dicha capacidad durante la actividad propuesta en el nivel de indagación abierta con respecto a la propuesta en el nivel de indagación guiada.

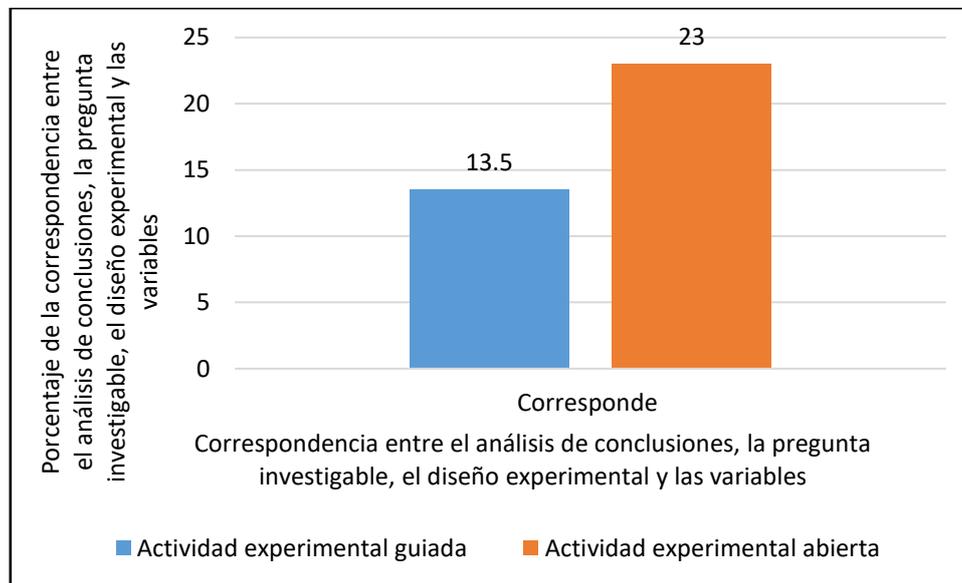


Figura 3.30. Porcentaje de la correspondencia entre el análisis de conclusiones en relación con la pregunta investigable, el procedimiento a seguir y las variables en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

A continuación, se describen las respuestas al cuestionario planteados por el estudiante para profesor identificado como (A9), que corresponde a la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada, en donde la pregunta, el procedimiento a seguir, las variables y el análisis de conclusiones están correctamente planteados.

El estudiante para profesor (A9) formuló la siguiente pregunta investigable: “El pH de la pasta Colgate es igual al pH de Kolinós” y a partir de ello planificó el siguiente procedimiento: en dos vasos colocaría las muestras de Colgate y Kolinós respectivamente a las que mezclaría con agua posteriormente se verterá unas gotas del extracto de col morada y observaría los resultados; tal como lo describe en la Figura 3.31. Por otro lado, las variables fueron correctamente identificadas; identificó a la variable dependiente como el nivel de pH de cada pasta, la variable independiente como las pastas dentales y a la variable de control como el extracto de col.



Figura 3.31. Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A9) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

Habiendo descrito la pregunta, el procedimiento a seguir y las variables, a continuación, se procedió a realizar la transcripción de la conclusión formulada por el estudiante para profesor (A9):

En el desarrollo de nuestro experimento obtuvimos que la pasta Colgate cambia color rosado, y la pasta Kolin al color rojo oscuro.

Al cambiar al color rosado deducimos que aproximadamente tiene el pH 7.

Al cambiar la pasta Colgate al color rojo, tendrá un pH entre 4 y 5.

Lo cual nos llevaría a deducir que la pasta que tiene un pH entre 7, es decir un neutro, no nos produce daño en nuestros dientes, mientras que la pasta dental con un pH entre 4 y 5 resultaría dañino para nuestros dientes, ya que es un ácido. (A9)

Como se puede apreciar ha habido una coherencia entre el análisis de las conclusiones la cual responde la pregunta investigable formulada, la que fue desarrollada en el procedimiento.

Seguidamente se describen las respuestas al cuestionario del estudiante para profesor (A50) pero ahora en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta, en donde la pregunta, el procedimiento a seguir, las variables y el análisis de conclusiones están correctamente planteados.

La pregunta formulada es la siguiente: “¿Influirá el tipo de superficie de un plano inclinado con un mismo ángulo en el tiempo de recorrido del objeto?” (A50), aunque la pregunta presenta carencias al ser redactado se le ha considerado investigable, pues es viable y entendible; a dicha pregunta le corresponde el siguiente procedimiento a seguir: manteniendo un mismo ángulo soltará un mismo objeto sobre tres planos inclinados con la misma longitud pero que variarán en su superficie, pues una de ellas será lisa, la segunda de madera áspera y la tercera de papel corrugado, los resultados serán ordenados en una tabla tal como muestra la Figura 3.32. Asimismo, el estudiante para profesor (A50) ha identificado cada una de las variables; la variable independiente es el tipo de superficie, la variable dependiente el tiempo que tarda el objeto en recorrer y finalmente la variable control será lanzar el mismo objeto, la misma longitud del plano y el mismo ángulo. El análisis planteado para esta actividad experimental es la siguiente:

En la superficie lisa el objeto se deslizó con mayor rapidez, es decir, más velocidad, empleando menor tiempo de recorrido.

En la superficie de madera áspera el objeto se deslizó a menor velocidad empleando mayor tiempo en su recorrido por la superficie.

En la superficie de papel corrugado el objeto empleó una velocidad media entre la superficie lisa y áspera.

Conclusión

Mientras la superficie sea lisa, es decir tenga menor fuerza de fricción, el objeto va a adquirir mayor velocidad, por lo tanto, menor tiempo de recorrido; sin embargo, cuando la superficie presente una mayor fuerza de fricción la velocidad disminuye, haciendo que el tiempo de recorrido que emplee el objeto sea mayor.

A menor fuerza de fricción, menor tiempo de recorrido por el contrario a mayor fuerza de fricción, mayor tiempo de recorrido.

Entonces, el tipo de superficie de un plano inclinado sí influye en el tiempo de recorrido que emplee determinado objeto. (A50)

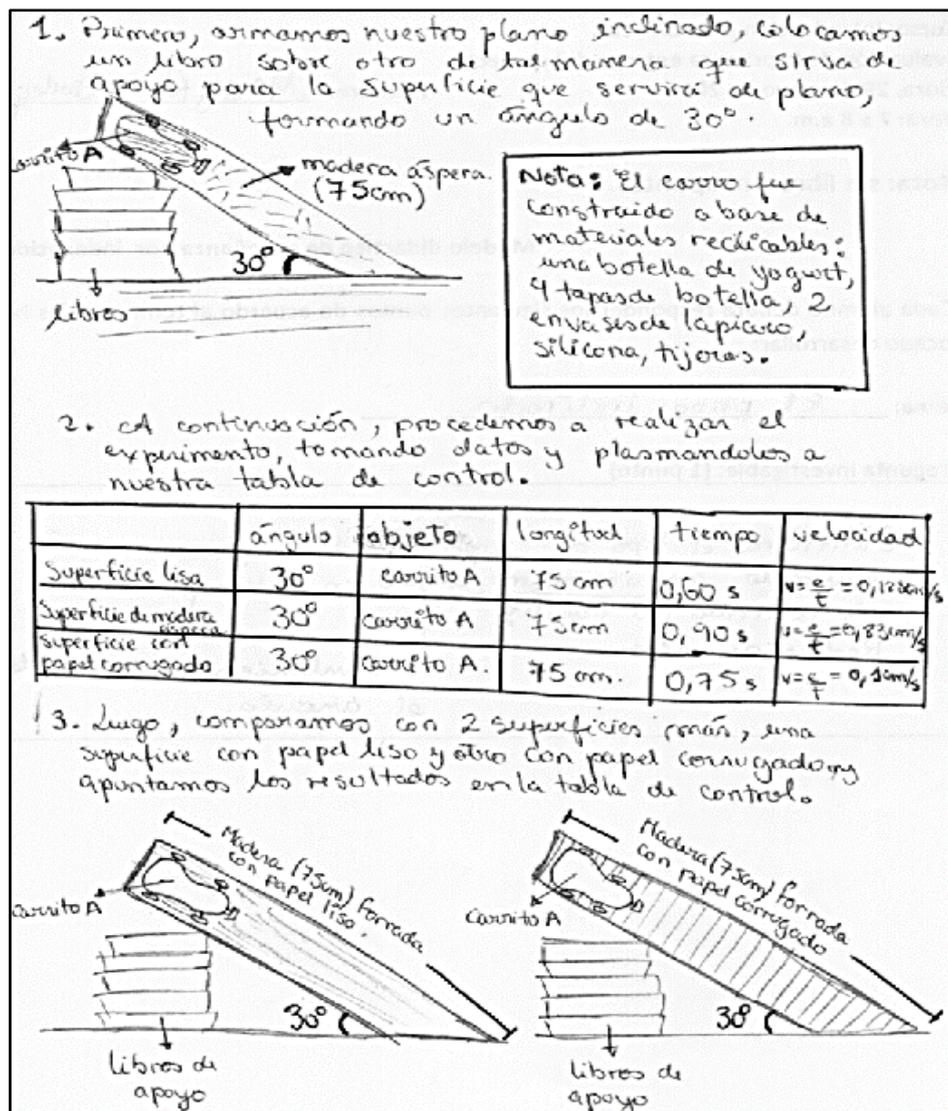


Figura 3.32. Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A50) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

Para los dos casos, los datos han sido registrados de manera completa y precisa, estableciendo una relación entre los resultados obtenidos; en la primera conclusión (nivel de indagación guiada) los tres primeros párrafos describen los resultados y los relacionan con el conocimiento que tienen acerca de la escala del pH; y en el cuarto párrafo se responde a la pregunta investigable, basándose en los resultados obtenidos. En la segunda conclusión (nivel de indagación abierta) los tres primeros párrafos son también para describir los resultados obtenidos mientras que en el cuarto y quinto párrafo generaliza los datos conseguidos para en el sexto párrafo responder a la pregunta investigable.

3.3. Contenido

Para el desarrollo de esta investigación se propusieron dos preguntas investigables, la primera relaciona las habilidades de proceso científico y los niveles de indagación, y la segunda

pregunta relaciona el dominio conceptual y los niveles de indagación. En esta parte de la investigación se analizan los datos para dar respuesta a la segunda pregunta de investigación:

¿El nivel de indagación de las actividades experimentales propuestas favorecerá el dominio conceptual de los estudiantes para profesor?

La propuesta que se tiene en cuenta para llevar a cabo esta investigación parte del supuesto planteado por Cañal (2012) el cual considera a las habilidades de proceso científico “como un conjunto integrado de capacidades en relación con el conocimiento científico” (p.5) por ello se analiza el contenido planteado por los estudiantes para profesor en las actividades experimentales en relación con las habilidades de proceso científico estudiadas en esta investigación; con el objetivo de determinar si existe alguna diferencia entre los niveles de indagación que se han trabajado (guiada y abierta) y la apropiación del contenido conceptual.

Para el análisis del contenido conceptual, al igual que el análisis de las habilidades de proceso científico se elaboraron unas categorías, las que fueron analizadas por dos investigadoras de manera independiente, aplicando luego a los resultados el índice de acuerdos (Silverman y Marvasti, 2008), el cual arrojó los siguientes resultados; para el análisis del contenido de la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada fue de 0.95; mientras que el índice de acuerdos para el análisis del contenido de las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación abierta fue de 0.91.

Antes de describir los datos encontrados, se debe recordar que las actividades guiada y abierta se realizaron bajo dos modalidades; primero, el contenido que sirvió para realizar la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada fue entregado por la docente durante la clase, proporcionando dos fichas. Asimismo, se realizó una explicación teórica con ayuda de material audiovisual; mientras que el contenido que sirvió para la elaboración de la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta fue investigado por los estudiantes para profesor de manera autónoma de acuerdo con el tema que le fue asignado, investigando en libros, páginas Web y/o vídeos. A continuación, se procede a realizar un análisis de contenido de la pregunta investigable para luego ahondar en la relación que existe entre el contenido y la pregunta investigable.

3.3.1. Análisis de contenido de la pregunta investigable.

Se realizó un análisis del contenido centrado en las preguntas investigables propuestas por los estudiantes para profesor tomando como punto de partida la propuesta de las autoras

Roca, Márquez y Sanmartí (2013) que permiten identificar en torno a qué modelo o concepto se hace la pregunta investigable, para el análisis correspondiente se inicia con la descripción de los resultados recogidos en la actividad experimental guiada y seguidamente los resultados encontrados en la actividad experimental abierta para finalmente realizar una comparación de éstas.

3.3.1.1. Análisis de contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada

Teniendo en cuenta el análisis de contenido se hallaron cuatro categorías, la primera, denominada “A” que relaciona los conceptos de pH y salud bucal, la segunda llamada “B” que relaciona el concepto de pH con el tipo de pasta dental, la tercera categoría “C” que trabaja el concepto de salud bucal con la marca de pasta dental y finalmente la cuarta categoría “D” que corresponde al concepto de pH relacionado a una característica específica de la pasta de dientes, en este caso, el color (véase Figura 3.33).

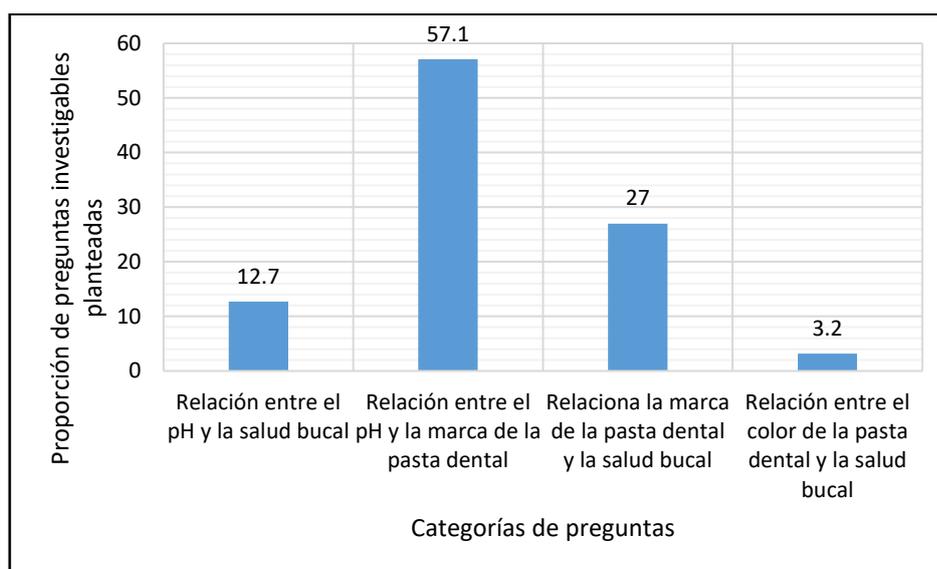


Figura 3.33. Proporción de categorías del análisis de contenido de las preguntas investigables en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

Al realizar el análisis de contenido de las preguntas investigables en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada se encontró que el 12.7% corresponde a la categoría A, el 57.1% a la categoría B, el 27% a la categoría C y el 3.2% a la categoría D tal como muestra la Figura 3.33.

Observando las categorías descritas en la Tabla 3.8 se obtuvieron los siguientes resultados: Las preguntas investigables que corresponden a la categoría A, en la que se hace presente una relación entre la búsqueda del pH de cada pasta dental con la salud bucal,

representa el 12.7% del total de preguntas investigables, así un ejemplo que ilustra esta categoría es el siguiente: “¿Influirá el valor de pH para mantener la boca sana?” (A49), con esta pregunta se pretende encontrar el grado de acidez de diferentes pastas dentales y verificar si el pH de éstos genera una adecuada salud bucal, atendiendo a unos criterios que llevan al estudiante para profesor a indicar si hay una relación entre las variables. Esta pregunta pretende buscar el grado de acidez de diferentes pastas dentales y observar si éstas influyen en la higiene bucal.

Tabla 3.8

Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada

Categoría	Denominación	Ejemplo	Porcentaje
A	Relación entre pH y la salud bucal.	¿Influirá el valor de pH para mantener la boca sana? (A49)	12.7
B	Relación entre pH y la pasta dental.	¿El pH neutro de la boca, depende de la marca de pasta que usamos? (A8)	57.1
C	Relación entre la salud bucal y la pasta dental.	¿Podemos saber el pH del dentífrico que usualmente utilizamos? (A1).	27
D	Relación entre el color de la pasta dental y el pH.	¿Al mezclar los diferentes dentífricos con el indicador de col morada, el color de las mezclas será el mismo? ¿Por qué sucede esto? (A41)	3.2

A la categoría B le corresponde el 57.1 % del total de preguntas investigables, en este criterio el estudiante propone una serie de pastas dentales y lo relaciona con el grado de acidez presente en la boca, a continuación, se cita un ejemplo con respecto a este tipo de preguntas: “¿El pH neutro de la boca, depende de la marca de pasta que usamos?” (A8), en esta pregunta se afirma que nuestra boca posee un pH cuyo valor es neutro y se quiere averiguar si esto es consecuencia del uso de una determinada pasta dental.

La categoría “C” que relaciona la marca de pasta dental y sus beneficios con respecto al cuidado bucal alcanzó un porcentaje de 27% del total de preguntas investigables, a simple vista este tipo de preguntas no trabaja con la variable del grado de acidez sino que se limita a comparar ciertas pastas dentales para observar cuál de éstas tiene un mejor resultado en cuanto a higiene bucal se refiere, así pues el estudiante podría observar que si utiliza cierta crema dental tiene más o menos caries, o están más blancos, etc. de manera que no necesita del concepto de pH para resolver estas situaciones, uno de los ejemplos que grafican este criterio es el siguiente:

“¿Podemos saber el pH del dentífrico que usualmente utilizamos?” (A1), esta pregunta, presenta un error de redacción, pero ha sido considerada investigable pues es entendible y viable, en ésta se indica que se hallará el valor del pH de la pasta dental que usualmente se utiliza.

Por último, las preguntas investigables que corresponden a la categoría D representan el 3.2%; en este criterio una de las preguntas formuladas relaciona el cambio de color de las muestras de pasta dental al contacto del indicador natural (col morada) y pretende investigar si el color de estas mezclas es igual, la pregunta formulada fue: “¿Al mezclar los diferentes dentífricos con el indicador de col morada, el color de las mezclas será el mismo? ¿Por qué sucede esto?” (A41).

3.3.1.2. Análisis de contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta

A continuación, se describe el análisis de contenido realizado a las respuestas de los cuestionarios de las actividades experimentales con nivel de indagación abierta, como se mencionó anteriormente fueron 6 los temas investigados por los estudiantes para profesor como se observa en la Figura 3.34.

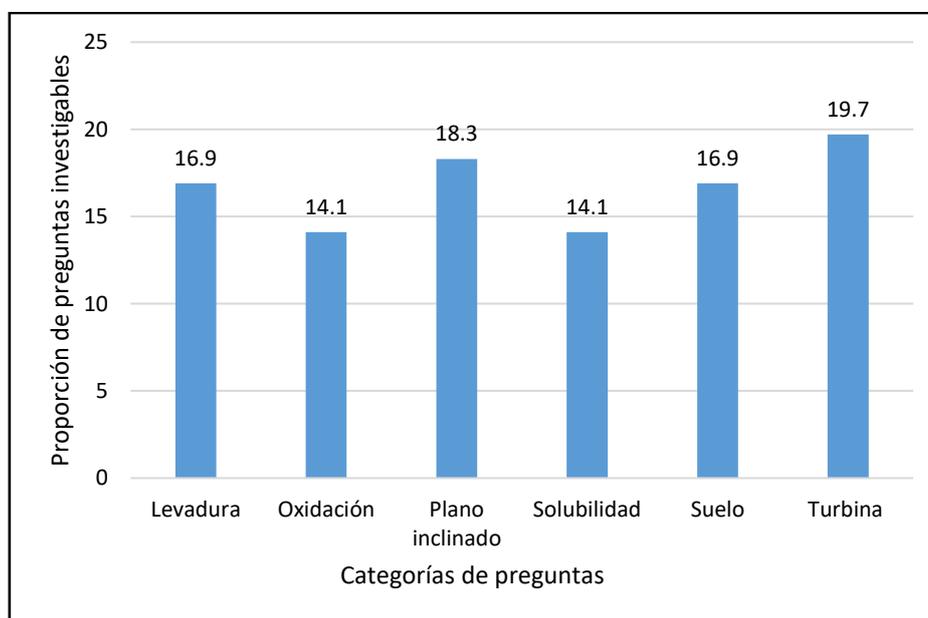


Figura 3.34. Proporción de categorías del análisis de contenido de las preguntas investigables propuestas en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

Para el análisis de contenido de las preguntas del cuestionario se optó por agrupar los temas de acuerdo con los grupos, en el siguiente orden: levadura, oxidación, plano inclinado, solubilidad, suelo y turbina. En donde se obtuvo que 16.9% corresponde a las preguntas

investigables con respecto al tema de levadura; el 14.1% corresponde a las preguntas investigables con respecto al tema de oxidación; el 18.3% corresponde a las preguntas investigables con respecto al tema del plano inclinado; el 14.1% corresponde a las preguntas investigables con respecto al tema de la solubilidad; el 16.9% corresponde a las preguntas investigables con respecto al tema de suelos y, finalmente el 19.7% corresponde a las preguntas investigables con respecto al tema de la turbina (véase Figura 3.34).

Luego a cada tema se le realizó un análisis de contenido, encontrando para cada tema un número de criterios, tal como se detalla a continuación.

Levadura

Para empezar, se realizó el análisis de las preguntas investigables de la “Levadura”, allí se encontraron tres criterios a considerar; el primero comprende el 58.3% de las preguntas investigables sobre el tema de levadura, tal como se observa en la Tabla 3.9, el primer criterio considerado relaciona los efectos producidos ante reactivos como: azúcar y sal, y cambios de temperatura; un ejemplo de éste es la siguiente pregunta formulada por un estudiante para profesor: “¿Cómo reacciona la levadura ante el cambio de temperatura, al utilizar diferentes reactivos como azúcar y sal para la expulsión de CO_2 ?” (A13) al parecer este tipo de preguntas admite muchas variables, pero lo que se busca es comparar la reacción de diferentes temperaturas al contacto con muestras que contengan azúcar y sal. En condiciones muy controladas este tipo de preguntas pueden ser muy ricas pues no se limitan a una sola muestra, haciendo que el análisis y comparación sea más meticuloso.

El segundo criterio del tema de levaduras obtuvo un porcentaje de 33.3% y relaciona los efectos producidos en la levadura ante el cambio de temperatura; un ejemplo es el siguiente “¿La temperatura del agua influye en el crecimiento de la levadura? (A19)” aquí otra vez se toca el tema de cambio de temperatura y cuando el estudiante para profesor menciona el crecimiento de la levadura se refiere a la formación del dióxido de carbono.

Finalmente, el tercer criterio cuyo porcentaje es de 8.3% relaciona la reacción causada por el azúcar en la levadura, la siguiente pregunta ilustra este criterio: “¿Qué pasaría si a la mezcla del agua con levadura y harina le añadiría 2 cucharadas de azúcar?” (A54) en este caso el contenido ya no se centra más en el tema de la temperatura sino que intuye un conocimiento acerca de la reacción que produce el azúcar en la levadura, al parecer el estudiante para profesor tiene más claras las ideas en comparación a los otros criterios pues como se sabe además del

calor y la humedad, la levadura necesita de alimento para crecer, y el azúcar será quien lo nutra de esa forma empezará el proceso de fermentación, en donde la levadura excreta dióxido de carbono y alcohol; en los anteriores criterios la pregunta tenía como eje central a la temperatura como factor determinante y el papel del azúcar quedaba en segundo plano.

Tabla 3.9

Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema de la Levadura.

Criterio	Ejemplo de pregunta	Porcentaje
Relaciona los efectos producidos ante reactivos como: azúcar y sal, y cambios de temperatura.	¿Cómo reacciona la levadura ante el cambio de temperatura, al utilizar diferentes reactivos como azúcar y sal para la expulsión de CO_2 ? (A13)	58.3%
Relaciona los efectos producidos en la levadura ante el cambio de temperatura	¿La temperatura del agua influye en el crecimiento de la levadura? (A19)	33.3%
Relaciona la reacción causado por el azúcar en la levadura.	¿Qué pasaría si a la mezcla del agua con levadura y harina le añadiría 2 cucharadas de azúcar? ¿Por qué en la levadura y el azúcar hay una reacción química? (A54)	8.3%

Oxidación

El segundo tema analizado fue el de “Oxidación”, ver Tabla 3.10, en este punto se contabilizaron cuatro criterios. El primero obtuvo el 40% de las preguntas investigables encontradas en este tema y relaciona la oxidación en frutas y el material con el que se cubre dichas frutas, la siguiente pregunta efectuada por un estudiante para profesor servirá de ejemplo: “¿Influirán en el proceso de oxidación los distintos materiales con los que cubra una fruta (manzana)?” (A31), en este caso se trata de evitar la oxidación aislando la fruta por completo del aire, pero se trata de averiguar si dicho proceso de oxidación es el mismo utilizando diferentes materiales que aíslan a las manzanas. El segundo criterio obtuvo un 20% de las preguntas investigables y relaciona la oxidación en tipos de manzana, la siguiente pregunta ilustrará ¿Influirá el tipo de manzana, en que esta demore en oxidarse? (A16), el aspecto de las manzanas suele cambiar de color al oxidarse, pero los estudiantes para profesor tienen como objetivo averiguar si sucede de la misma forma comparando distintas clases de manzanas. Al tercer criterio le corresponde el 30% de las preguntas investigables, éste relaciona la oxidación en cambios de temperatura., una pregunta que refleja el sentido de este criterio es la siguiente:

“¿Influirá la temperatura en la oxidación de la manzana?” (A51), está claro que las bajas temperaturas ayudan a que el proceso de oxidación demore más de lo debido, por ello este criterio trata de averiguar si la temperatura tiene alguna influencia en la oxidación de las manzanas. Finalmente, al cuarto criterio le corresponde el 10% de las preguntas investigables del tema de oxidación, este punto relaciona la oxidación en frutas de acuerdo con el tiempo en que tardan, la siguiente pregunta formulada por un estudiante para profesor ilustra este criterio: “¿Influirá el tiempo en la oxidación de la manzana?” (A49).

Tabla 3.10

Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema de Oxidación.

Criterio	Ejemplo de pregunta	Porcentaje
Relaciona la oxidación en frutas y el material con el que se cubre dichas frutas.	¿Influirá en la reacción química los diferentes productos con los que se cubra la fruta? (A15)	40%
Relaciona la oxidación en tipos de manzana.	¿Influirá el tipo de manzana, en que esta demore en oxidarse? (A16)	20%
Relaciona la oxidación en cambios de temperatura.	¿Influirá la temperatura en la oxidación de la manzana? (A51)	30%
Relaciona la oxidación en frutas de acuerdo con el tiempo en que tardan.	¿Influirá el tiempo en la oxidación de la manzana? (A49)	10%

Plano inclinado

El tercer tema que se describe es el del “Plano inclinado”, este presenta cuatro criterios a analizar, ver Tabla 3.11, al primer criterio le corresponde el 16.7% de las preguntas investigables y relaciona la superficie del plano y el tiempo que recorre un objeto en desplazarse sobre la misma, ante este tipo de pregunta es necesario tener conocimiento sobre rozamiento por deslizamiento y como se presenta en diferentes superficies, desde rugosas a lisas; la siguiente pregunta formulada por un estudiante para profesor ejemplifica este criterio: “¿Influirá el tipo de superficie de un plano inclinado con un mismo ángulo en el tiempo de recorrido del objeto?” (A50).

Al segundo criterio le corresponde también el 16.7% de las preguntas investigables, y relaciona la velocidad que lleva un cuerpo sobre un plano inclinado cambiando el ángulo de dicho plano, al igual que en la pregunta anterior solo reconoce la importancia de variar solo un

elemento y mantiene controlados otros aspectos, por ejemplo, la siguiente interrogante planteada por un estudiante para profesor: “¿A qué velocidad va el móvil, si el plano inclinado, lo ponemos a diferentes ángulos y alturas?” (A67).

El tercer criterio abarca el 25% de las preguntas investigables, y relaciona la masa del objeto y el tiempo que recorre un objeto en desplazarse sobre un plano inclinado. ¿Al aumentar el tamaño del objeto aumentaría el tiempo? ¿Al cambiar la masa afectara los tiempos? (A34).

El cuarto criterio tiene un porcentaje de 41.7% de las preguntas investigables y relaciona el ángulo del plano inclinado y el tiempo que recorre un objeto en desplazarse sobre un plano inclinado; en este criterio también se admite la variación de la altura, pues al variar el ángulo como consecuencia varía la altura, un estudiante para profesor planteó la siguiente pregunta: “¿Varía el tiempo de llegada de un objeto sobre una misma superficie, cambiando el ángulo de este?” (A57).

Tabla 3.11

Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema del Plano inclinado.

Criterio	Ejemplo de pregunta	Porcentaje
Relaciona la superficie del plano y el tiempo que recorre un objeto en desplazarse sobre él.	¿Influirá el tipo de superficie de un plano inclinado con un mismo ángulo en el tiempo de recorrido del objeto? (A50).	16.7%
Relaciona la velocidad que lleva un cuerpo sobre un plano inclinado cambiando el ángulo de dicho plano.	¿A qué velocidad va el móvil, si el plano inclinado, lo ponemos a diferentes ángulos y alturas? (A67)	16.7%
Relaciona la masa del objeto y el tiempo que recorre un objeto en desplazarse sobre un plano inclinado.	¿Al aumentar el tamaño del objeto aumentaría el tiempo? ¿Al cambiar la masa afectara los tiempos? (A34)	25%
Relaciona el ángulo del plano inclinado y el tiempo que recorre un objeto en desplazarse sobre un plano inclinado.	¿Varía el tiempo de llegada de un objeto en una misma superficie de un plano inclinado si cambiamos el ángulo de esta? (A58)	41.7%

Solubilidad

El cuarto tema planteado fue el de “Solubilidad”, ver Tabla 3.12, y en ésta se encontraron tres criterios; al primero le corresponde el 20% de las preguntas investigables y

relaciona el cambio de temperatura de un solvente para remover o disolver una mancha, a continuación, se toma como ejemplo una pregunta formulada por un estudiante para profesor: “¿Será igual quitar una mancha de vino en una tela de algodón, con leche fría, caliente y a temperatura ambiente?” (A3); al segundo criterio le corresponde también el 20% de las preguntas investigables y relaciona la temperatura y el volumen del CO₂; que desprende un gas ante el cambio o variación de temperatura, la siguiente pregunta ilustra este criterio: “¿Afectará la temperatura en la que se encuentra una gaseosa, en el CO₂ que ésta desprende?” (A65); y finalmente el tercer criterio abarca el 60% de las preguntas investigables y relaciona el cambio de temperatura de un solvente para disolver solutos como azúcar y sal; un estudiante para profesor formuló la siguiente pregunta: ¿Influirá la temperatura en la disolución de la sal en agua? (A56); como se evidencia los tres criterios giran en torno al cambio de temperatura.

Tabla 3.12

Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema de Solubilidad

Criterio	Ejemplo de pregunta	Porcentaje
Relaciona el cambio de temperatura de un solvente para remover una mancha.	¿Será igual quitar una mancha de vino en una tela de algodón, con leche fría, caliente y a temperatura ambiente? (A3)	20%
Relaciona la temperatura y el volumen del CO ₂ .	¿Afectará la temperatura en la que se encuentra una gaseosa, en el CO ₂ que ésta desprende? (A65)	20%
Relaciona el cambio de temperatura de un solvente para disolver solutos como azúcar y sal.	¿Influirá la temperatura en la disolución de la sal en agua? (A56).	60%

Suelo

El quinto tema corresponde al “Suelo”, en el cual se encontraron dos criterios, (véase Tabla 3.13), al primer criterio le corresponde el 83.3% de las preguntas investigables y relaciona el tipo de suelo y la rapidez de filtración, la siguiente pregunta planteada por un estudiante para profesor hace evidente dicha relación: “¿Influirá el tipo del suelo en la filtración del agua?” (A21).

Al segundo criterio; le corresponde el 16.7% de las preguntas investigables y relaciona, también, el tipo de suelo, pero esta vez con sus componentes, la siguiente pregunta planteada

por un estudiante para profesor ilustra el criterio señalado: “¿La capacidad de absorción y retención de un suelo depende de sus componentes?” (A38).

Tabla 3.13

Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema del Suelo

Criterio	Ejemplo de pregunta	Porcentaje
Relaciona el tipo de suelo y la rapidez de filtración.	¿Influirá el tipo del suelo en la filtración del agua? (A21)	83.3%
Relaciona el tipo de suelo y sus componentes.	¿La capacidad de absorción y retención de un suelo depende de sus componentes? (A38)	16.7%

Turbina

El sexto y último tema corresponde al de la “Turbina” con cuatro criterios a considerar (véase Tabla 3.14). El primero tiene un porcentaje de 13.3% de las preguntas investigables y relaciona la energía producida por la turbina cambiando la altura de caída del agua, la siguiente pregunta propuesta por un estudiante para profesor ilustra este criterio: “¿Según la altura de la caída del agua podrá variar la energía que se produce?” (A27).

El segundo criterio abarca el 20 % de las preguntas investigables y relaciona la rotación de la turbina con el material de las cucharas, a continuación, se presenta una pregunta formulada por un estudiante para profesor: “¿Influirá el material de las cucharas en la rotación de la turbina?” (A47).

Al tercer criterio le corresponde el 26.7% de las preguntas investigables y relaciona el número de cucharas con la velocidad, energía o tiempo empleado por la turbina, a continuación, se toma como ejemplo una pregunta propuesta por un estudiante para profesor: “¿El número de cucharas influirá en la velocidad de la turbina?” (A9).

Finalmente, al último criterio le corresponde el 40% de las preguntas investigables y relaciona la dirección con la que se conduce el agua y la velocidad que adquiere la turbina, el siguiente ejemplo fue planteado por el estudiante para profesor (A14): “¿Influirá la dirección del agua con la velocidad que gire la turbina?”.

Tabla 3.14

Categorías de análisis del contenido de la pregunta investigable en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta en el tema de la Turbina

Criterio	Ejemplo de pregunta	Porcentaje
Relaciona la altura de la caída del agua y la energía producida por la turbina.	¿Según la altura de la caída del agua podrá variar la energía que se produce? (A27)	13.3%
Relaciona el material de las cucharas y la rotación de la turbina.	¿Influirá el material de las cucharas en la rotación de la turbina? (A47)	20%
Relaciona el número de cucharas con la velocidad, energía o tiempo empleado por la turbina.	¿El número de cucharas influirá en la velocidad de la turbina? (A9)	26.7%
Relaciona la dirección del agua y la velocidad de la turbina.	¿Influye la dirección del agua con el movimiento del rodete? (A26)	40%

3.3.2. Pertinencia del contenido desarrollado en los cuestionarios con la pregunta investigable

En este punto se describe si la respuesta desarrollada en el cuestionario con respecto al contenido es pertinente a la pregunta investigable, esta relación se justifica según Cañal (2012) puesto que ante un problema se hace uso de los conceptos para detectarlo y solucionarlo haciendo uso de respuestas bien justificadas y un indicador es entender el problema; y para entender el problema se debe revisar el contenido planteado en función de la pregunta investigable, de esa manera se sabrá si el estudiante para profesor sabe qué es lo que está buscando.

Al comparar la pertinencia entre el contenido desarrollado en el cuestionario con la pregunta investigable en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación guiada y abierta, ver Figura 3.35, se encontró que en el 17.6% de las actividades de indagación en el nivel guiada existe un grado de pertinencia entre el contenido y la pregunta investigable; mientras que en las actividades de nivel abierta este porcentaje tiene un valor igual al 29.7%; la diferencia de 12.1 puntos porcentuales es significativa al 95% ($p\text{-value}<0.05$), con lo cual se puede observar que en el nivel de indagación abierta los estudiantes para profesor demostraron un mayor manejo de contenido y por ende formularon un mayor número de preguntas investigables.

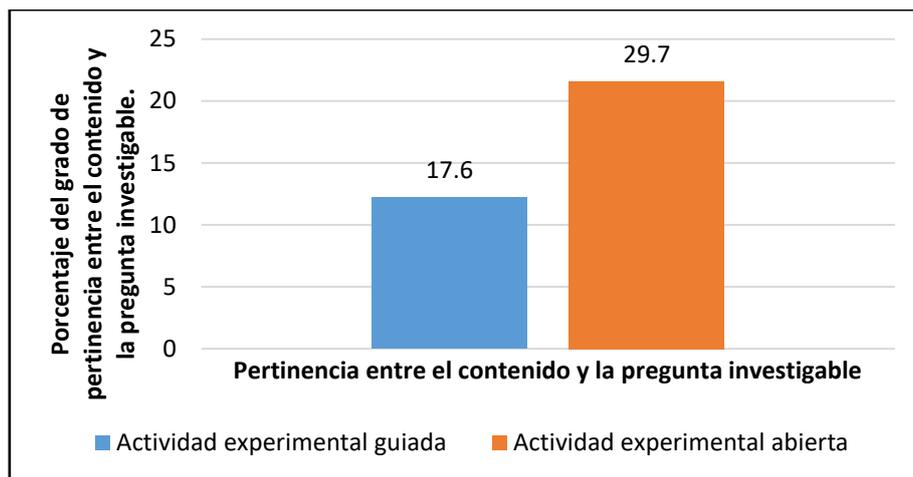


Figura 3.35. Porcentaje del grado de pertinencia entre el contenido y la pregunta en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

Teniendo en cuenta el análisis del contenido desarrollado en los cuestionarios con la pregunta investigable, se lleva cabo la descripción de los resultados encontrados en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación guiada y abierta, para lo cual se proponen dos ejemplos, uno para cada nivel.

Para las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación guiada, el estudiante para profesor planteó la siguiente pregunta investigable: “¿Podemos saber el pH del dentífrico que usualmente utilizamos?” (A1), a esta pregunta le corresponde el siguiente contenido desarrollado en el cuestionario, al cual se le ilustra con la Figura 3.36 elaborada por el estudiante para profesor (A1):

El potencial de hidrógeno (pH) se puede medir con distintos indicadores.

Tiene una escala del 1 – 14

Si una persona quiere saber la calidad de su dentífrico, en este caso en específico su pH, debe saber que este debe ser neutro y que se sitúe entre 6.9 y 8.

Como se puede apreciar el contenido desarrollado en el cuestionario es el necesario para responder a la pregunta investigable, y aunque el estudiante para profesor no especifica el indicador que usa detalla la escala con la que mide el pH de las pastas dentales (véase Figura 3.36), además da a conocer cuál es el valor de pH recomendable de una pasta dental.

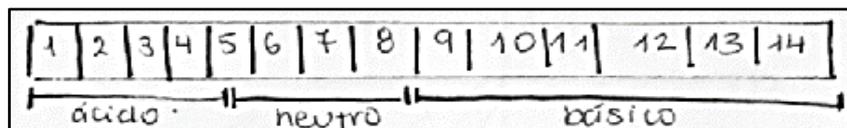


Figura 3.36. Esquema planteado por el estudiante para profesor (A1) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

Para las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación abierta, se analiza la pregunta investigable formulada por el estudiante para profesor (A3) “¿será igual quitar una mancha en una tela de algodón, con leche fría, caliente y a temperatura ambiente?”, a esta pregunta le corresponde el siguiente contenido extraído del cuestionario:

¿Qué ha ocurrido?

Nos encontramos ante un fenómeno de solubilidad de líquido-líquido. La solubilidad es la propiedad que posee una sustancia para disolverse en otra muy específicas.

La sustancia que disuelve se llama solvente y la que es disuelta, soluto. Pero hay en este experimento un fenómeno interesante, la mancha de vino igual en las tres telas es sumergida en 3 vasos con la misma cantidad de leche, pero a distinta temperatura y ya hemos comprobado por los resultados que la capacidad de ser soluble ha variado notablemente la leche caliente es la que más y mejor ha disuelto el vino ¿por qué? Porque hay un factor importantísimo que afecta a la solubilidad, es la temperatura. Generalmente a mayor temperatura, mayor y más rápida será la solubilidad de una sustancia en otra.

Cuando una sustancia se disuelve en otra lo que ocurre es que se rompen los enlaces que la componen y forman nuevos enlaces con la sustancia que disuelta este proceso se acelera notablemente al subir la temperatura.

A mayor temperatura, mayor capacidad de solubilidad en una sustancia a otra. (A3)

Tal como se observa el contenido desarrollado en el cuestionario es el suficiente para responder la pregunta investigable, la pregunta por su parte se presenta sin dar mucho detalle del tema a trabajar, es decir no se usan expresiones como soluto, solvente o disolver; por otra parte, el contenido desarrollado si se ve enriquecido con esas expresiones y se argumenta en orden a los resultados encontrados y las relaciona notablemente con el concepto de temperatura.

3.3.3. Evaluación del contenido propiamente dicho

Para evaluar el conocimiento propiamente dicho se tiene en cuenta criterios que midan cómo el estudiante para profesor los va integrando en la elaboración de su actividad experimental, al respecto Cañal (2012), tiene en cuenta ciertos indicadores, tales como: “saber exponer lo aprendido utilizando las propias palabras; exponer ejemplos personales pertinentes, relativos a lo aprendido; saber emplear el conocimiento personal en relación con un nuevo contenido, contexto o experiencia” (pp. 7-8). Habiendo identificado los indicadores se analizó los contenidos propuestos por los estudiantes para profesor en las dos actividades experimentales puesto que se busca que el estudiante para profesor trabaje de manera autónoma con el conocimiento y no que sea un mero transmisor de lo que investiga.

Asimismo, al evaluar el conocimiento propiamente dicho en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta, ver Figura 3.37, se encontró que el 18.9% de los estudiantes para profesor demostró un manejo de conocimientos en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada; mientras que en las actividades de indagación abierta este porcentaje tiene un valor igual al 31.1%; la diferencia de 12.2 puntos porcentuales es significativa al 95% ($p\text{-value}<0.05$), con lo cual se puede observar que en el nivel de indagación abierta los estudiantes para profesor demostraron un mayor manejo de contenido en comparación con los resultados encontrados en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

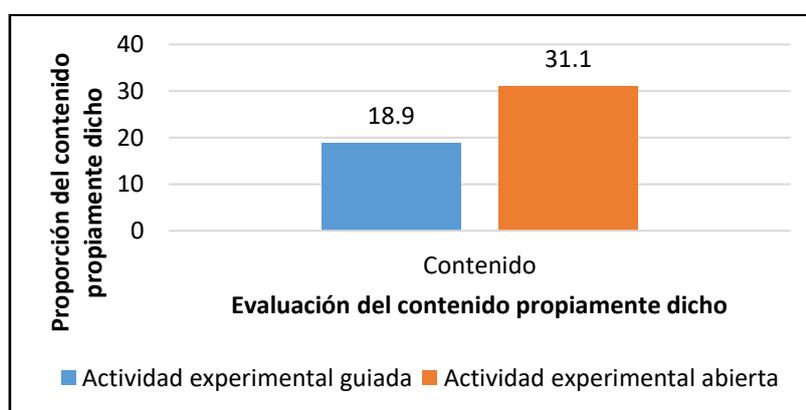


Figura 3.37. Porcentaje de la evaluación del contenido propiamente dicho en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

A continuación, se describe el contenido desarrollado en los cuestionarios atendiendo al tema desarrollado, con respecto a las actividades experimentales de indagación propuestas en el nivel guiada, estas se clasificaron atendiendo a los criterios propuesto en la Figura 3.33, mientras que para las actividades experimentales de indagación propuestas en el nivel abierta se clasificaron atendiendo a los seis temas investigados (véase Figura 3.3). Para la descripción del contenido propiamente dicho se ha nombrado la pregunta investigable correspondiente, pero sin ahondar en su análisis puesto que su función será brindar el contexto en el que se ha desarrollado dicho contenido.

3.3.3.1. Evaluación del contenido propiamente dicho en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada

Al revisar el contenido correctamente formulado en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada (véase Tabla 3.8), muchos de éstos no presentan el contenido completo, sino más bien redactan ideas puntuales, de forma general sin ahondar en la investigación por ello en algunos casos el contenido planteado no corresponde a la investigación

propriadamente dicha sino que trabaja aspectos de ella, esto también se pudo apreciar al analizar la pregunta investigable y el contenido; y finalmente se presentan errores en los datos, tales como el valor numérico o el color de la escala de pH, a continuación se presenta una descripción de acuerdo a los criterios encontrados.

3.3.3.1.1. Categoría A

Para esta primera categoría el estudiante para profesor (A5) propuso la siguiente pregunta investigable: “¿Varía el pH del dentífrico Colgate y el Kolynos? Entonces ¿cuál es mejor para tus dientes sanos?”, al cual le corresponde la siguiente respuesta extraída del cuestionario.

Con este experimento podemos comprobar que no todas las sustancias tienen el mismo pH. El pH es el potencial de hidrógeno y según sean mayores o menores que siete, que marca el pH neutro, las sustancias serán ácidos -7 o bases $+7$.

El pH se mide con distintos tipos de marcadores de pH como puede ser papel de tornasol, por ejemplo, pero en el caso de nuestro experimento la col morada.

Cuando comemos alimentos muy dulces, nuestra boca produce ácidos lácticos que es lo que produce las caries y daña las encías. (A5)

El estudiante para profesor define la escala del pH adecuadamente pero no define qué criterios se debe tomar en cuenta para elegir una adecuada pasta de dientes.

3.3.3.1.2. Categoría B

Con respecto a la categoría B, el estudiante para profesor (A50) plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Influirá la marca de la pasta de dientes en el pH de la boca?”, al cual le corresponde el siguiente contenido.

El pH es un determinante para saber cuándo un elemento es ácido, neutro o básico. Para que sea ácido, el pH debe oscilar entre 2 a 6, para que sea neutro debe tener entre 6,9 a 8 y para que sea básico, debe estar entre 9 a 14 de pH, esto se determina mediante un indicador, que puede ser la col morada o la chicha morada. (A50)

El estudiante para profesor define la escala del pH pero presenta ciertas variantes en los valores numéricos, de esos no indica cual es el más adecuado para la boca, así también no define en qué valores se debe encontrar el pH de la boca aunque en la lectura inicial si lo indica.

3.3.3.1.3. Categoría C

Para esta categoría el estudiante para profesor (A1) plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Podemos saber el pH del dentífrico que usualmente utilizamos?”, el contenido empleado por el estudiante para profesor es el siguiente:

El potencial de hidrógeno (pH) se puede medir con distintos indicadores.

Tiene una escala del 1- 14

Si una persona quiere saber la calidad de su dentífrico en este caso en específico su pH, debe saber que este debe ser neutro y que se sitúe entre el 6.9 y 8. (A1)

Cuando el estudiante para profesor plantea su pregunta pretende encontrar el pH del dentífrico que usa habitualmente una persona por ello el contenido de la pregunta concuerda con el contenido propuesto en la actividad experimental, en este caso el estudiante para profesor nos muestra en un gráfico (véase Figura 3.36) la escala del potencial de hidrógeno proporcionando datos que no aparecen en el texto propuesto en la actividad experimental, en donde ubica el resultado.

3.3.3.1.4. Categoría D

Con respecto a la categoría D el estudiante para profesor (A41), plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Al mezclar los diferentes dentífricos con el indicador de col morada, el color de las mezclas será el mismo? ¿Por qué sucede esto?” (A41), a esta pregunta le corresponde el siguiente contenido propuesto en el cuestionario.

Obtendríamos como producto que el pH es el potencial de hidrógeno que contienen las sustancias.

Hay dos escalas de pH, allí encontramos los ácidos que van desde el 1 hasta el 6, sus colores suelen tornarse rojizos; el pH neutro es 7 su color es azul y luego vienen los básicos de 8 a 13, éstos adquieren un color verdoso. El agua de col morado nos sirve como indicador de pH. Nos va a decir cuánto de pH hay en un dentífrico. (A41)

El contenido descrito por el estudiante para profesor (A41) apunta directamente a la pregunta investigable pues ésta indica el porqué de las diferentes tonalidades resultantes, aunque presenta un error pues cuando el pH es neutro el color se torna verde mientras que es azul cuando es un básico.

3.3.3.2. Evaluación del contenido propiamente dicho en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta

Por otro lado, al revisar el contenido correctamente formulado en los cuestionarios propuestos en el nivel de indagación abierta, se observó que el contenido es más extenso que el de los cuestionarios propuestos en el nivel de indagación guiada, así también los términos empleados son de carácter científicos, aunque en algunas ocasiones se presentan algunos errores. A continuación, se describe el contenido propuesto en los cuestionarios en el nivel de indagación abierta, atendiendo al tema de estudio.

3.3.3.2.1. La levadura

La pregunta investigable propuesta por el estudiante para profesor (A13), es la siguiente: “¿Cómo reacciona la levadura en el cambio de temperatura al utilizar diferentes reactivos como azúcar y sal para la expulsión de CO_2 ?”, a dicha pregunta le corresponde el siguiente contenido propuesto en el cuestionario.

La levadura: son hongos microscopios que se alimentan de glucosa para poder obtener energía y así eliminan CO_2 . La levadura es un ser vivo ya que si lo observamos a través de un microscopio nos daremos cuenta de que tiene movimiento. Los hongos pertenecen (forman parte) al Reino fungi. Características:

Son microorganismos unicelulares

Cuenta con pared celular

Heterótrofos (no consiguen su alimento por ellos mismos)

Se alimentan a través de la absorción

Tipos de levadura:

Levadura fresca: se encuentra en estado sólido, se da cuando se muestra la fermentación de la glucosa.

Levadura en polvo: también se encuentra en estado sólido, pero en partículas más pequeñas (polvo).

Usos:

Para la preparación de pan- pastelería (eleva).

Ingrediente para la realización de la cerveza.

Para curar enfermedades ya que contiene diversos componentes, contiene calcio.

Alimento de animales. (A13)

El estudiante para profesor ha realizado una correcta definición de la levadura, así como se ha mencionado sus características, tipos de levaduras y sus usos, pero no se ha mencionado

los efectos de la temperatura sobre la levadura, así como tampoco las reacciones de éstas ante aditivos como la sal y el azúcar ya que la pregunta gira en torno a esos dos últimos puntos.

3.3.3.2.2. La oxidación

Para este tema se presenta la pregunta investigable formulada por el estudiante para profesor (A49): ¿Influirá el tiempo en la oxidación de la manzana?, al cual le corresponde el siguiente contenido propuesto en el cuestionario.

Para obtener los siguientes resultados y ver qué sucede hemos dejado transcurrir 10 minutos, los cambios no son muy notorios y para obtener los resultados con más precisión dejaremos transcurrir 10 minutos más: pues los resultados obtenidos son los siguientes:

El plato que contenía los tres trozos de diferente tipo de manzana, que estaba a temperatura ambiente, la primera manzana en oxidarse fue la manzana Israel, seguidamente de la manzana chilena roja y por último la que obtuvo menor oxidación fue la manzana chilena verde.

El segundo plato que contenía 3 trozos de diferente tipo de manzanas que estaba cubierta con los cubitos de hielo no obtuvo ningún cambio es decir permaneció en su mismo color natural. (A49)

Durante la actividad experimental, el estudiante para profesor trata de comprobar si el tiempo en que demora en oxidarse una manzana es el mismo ante diversas situaciones, por lo tanto, la pregunta es pertinente al procedimiento a seguir, pero el contenido debió incluir otros aspectos como los componentes de la manzana, explicar por qué a bajas temperaturas se obtiene ese resultado, como se puede evidenciar el contenido carece de profundidad ya que solo se limita a describir la situación.

3.3.3.2.3. El plano inclinado

El estudiante para profesor (A34) plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Al aumentar el tamaño del objeto aumentaría el tiempo? ¿Al cambiar la masa afectará los tiempos?, a la cual le corresponde el siguiente contenido.

Definición: es denominada como máquina simple. Es aquella superficie plana que tiene un ángulo menor que 90° con el suelo y empuja una superficie inclinada hacia arriba que utiliza una fuerza menor al peso del objeto.

Características:

Superficie lisa que carece de relieves y evoluciones.

Tiene un ángulo menor de 90° con el suelo en un eje horizontal.

Sirve para elevar y descender objetos.

Sus elementos son: longitud, peso, fuerza y ángulo.

¿Por qué se le denomina máquina simple?

Porque realiza un solo proceso de trabajo

Conceptos que emplearemos para el procedimiento a seguir

Energía cinética: es la que está en constante movimiento.

Energía potencial: está en estado de reposo.

Velocidad: magnitud física que explica el desplazamiento de un objeto en una unidad determinada de tiempo.

Tiempo: en física es la separación de sucesos que están sometidos al cambio.

Masa: es la cantidad de materia que tiene un cuerpo.

Fuerza gravitatoria: es considerada como el peso.

Fuerza de rozamiento: que se opone al sentido de movimiento con respecto a la superficie.

Movimiento: es el cambio que sufre un objeto. (A34)

El contenido desarrollado por el estudiante para profesor demuestra profundidad pues para responder la pregunta investigable se ha definido de forma idónea cada uno de los elementos que estarán en juego durante la actividad experimental. Se ha definido que es un plano inclinado, sus características y los conceptos que surgen a partir del uso de éste.

3.3.3.2.4. La solubilidad

Con respecto a este tema el estudiante para profesor (A32), plantea la siguiente pregunta investigable: “¿Cómo influye la temperatura en la disolución de azúcar en agua?”, a la cual le corresponde el siguiente contenido propuesto en el cuestionario.

¿Qué es la solubilidad?

Es la capacidad de un soluto de disolverse en un solvente

¿Qué es un soluto y un solvente?

Soluto: es la sustancia que a través de enlaces polares o iónicos se unirá a moléculas de un solvente para formar una solución o disolución.

Solvente: es la sustancia en la cual el soluto se va a disolver. Los solventes pueden ser líquidos o gases.

¿Qué es una solución o disolución?

Es una mezcla homogénea donde dos sustancias se han unida en una sola fase y no se distinguen sus componentes.

Tipos de disolución:

-Un sólido en un líquido: sal en agua

-Un líquido en líquido: vinagre en agua

-Un gas en líquido: CO₂ e las gaseosas

¿Qué se tiene en cuenta en la solubilidad?

Se tiene en cuenta la naturaleza de las sustancias, si son sustancias polares (con un polo + y otro -) o si son sustancias iónicas o polares. (A32)

Como se observa en esta práctica el contenido se presenta organizado y con un buen manejo de términos que se consideran científicos, el estudiante para profesor ha seguido una secuencia que permite al lector comprender sin ninguna dificultad.

3.3.3.2.5. El suelo

Con respecto a este tema el estudiante para profesor (A2), planteó la siguiente pregunta investigable: “Si agregamos agua, en recipientes iguales que contienen distintos tipos de suelo. ¿En qué caso el agua empezará a filtrar más rápido?”, a la cual le corresponde el siguiente contenido propuesto en el cuestionario.

La arena es más permeable que los otros suelos debido a que no retiene mucha agua y a su vez porque contiene partículas pequeñas.

Por lo contrario, la arcilla no es permeable ya que sus partículas son muy pequeñas y casi siempre retiene el agua en la parte superior haciéndole así pegajosa.

El suelo orgánico al contener restos orgánicos de seres vivos y plantas es un poco menos permeable, demorando un poco más para dar inicio a su filtración ya que también absorbe más agua. (A2)

El estudiante para profesor se ha limitado a ofrecer las características de los distintos tipos de suelos trabajados en función de su permeabilidad, lo cual es correcto, pero no ha definido qué es la permeabilidad.

3.3.3.2.6. La turbina

Con respecto a este punto el estudiante para profesor (A9) ha planteado la siguiente pregunta investigable: “¿El número de cucharas influirá en la velocidad de la turbina?”, a la cual le corresponde el siguiente contenido propuesto en el cuestionario.

La cara de la ciencia como producto son los contenidos teóricos que podemos sacar en nuestro experimento así, al desarrollar nuestro experimento aprendimos sobre la:

Energía cinética, ya que todo cuerpo en movimiento posee energía cinética que al chocar con otro puede hacer que se mueva en nuestro caso esta energía es la del cuerpo que entrará en

contacto con otro objeto (cucharas), además para que un cuerpo esté en movimiento se le debe dar una fuerza mayor.

Otro punto teórico es la energía hidráulica que es la que se basa en la energía de la caída del agua desde una cierta altura. La energía potencial del agua se transforma en energía hidráulica, esta energía produce el movimiento que se transforma en energía.

La energía potencial, que es la energía asociado a la posición y configuración de un objeto es decir la energía almacenada en un objeto debido a su posición, que se puede transformar en energía cinética o trabajo. (A9)

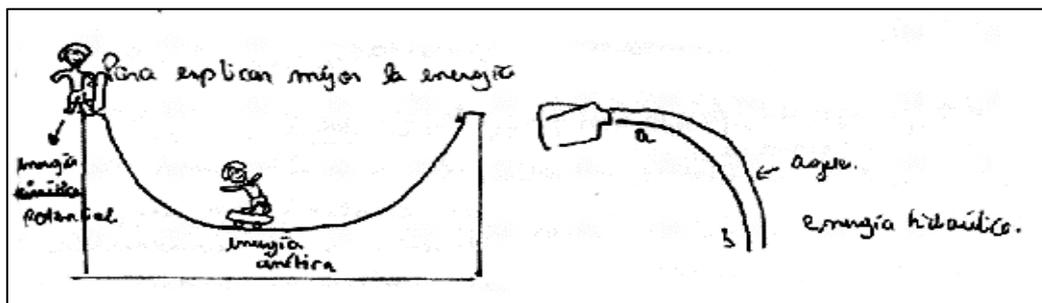


Figura 3.38. Esquema propuesto por el estudiante para profesor (A9) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

El contenido desarrollado por el estudiante para profesor no coincide con la pregunta investigable pues en esta se relaciona el número de cucharas y la velocidad, sin embargo, en el contenido desarrollado se habla de energía cinética y potencial, cuando debió definir qué es una turbina, qué relación existe entre el número de paletas o cucharas y la velocidad con la que ésta se mueve.

3.3.4. Análisis de contenido con relación a la pregunta investigable, el procedimiento, las variables y las conclusiones

Para finalizar el capítulo se realizó un análisis del contenido con relación a la pregunta investigable, el procedimiento a seguir, la variable y las conclusiones, encontrándose que cuando éstas son correctamente formuladas en actividades experimentales propuesta en el nivel de indagación guiada ascienden a un porcentaje igual a 9.5; mientras que en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación abierta corresponde al 13.5% la diferencia de 4 puntos porcentuales no es significativa.

A continuación, se describe una actividad experimental atendiendo a cada nivel de indagación (guiada y abierta). La primera actividad experimental corresponde al nivel de indagación guiada y fue propuesta por el estudiante para profesor (A1), para empezar el contenido se centra en mostrar la escala del potencial de hidrógeno (véase Figura 3.39).

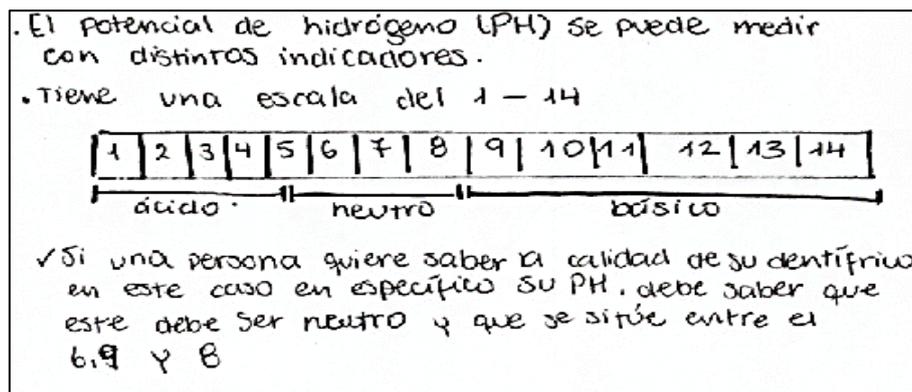


Figura 3.39. Contenido propuesto por el estudiante para profesor (A1) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

La pregunta investigable planteada es la siguiente “¿podemos saber el pH del dentífrico que usualmente utilizamos?”, esta pregunta es investigable, aunque hace falta mejorar su redacción; el procedimiento a seguir resuelve la pregunta investigable, haciendo uso de gráficos y explicando el procedimiento a seguir, éste plantea hacer uso del indicador (extracto de col morada) para hallar el pH del dentífrico que usa la persona (véase Figura 3.40).

Con respecto a las variables éstas son identificadas favorablemente; primero menciona a la variable de control, reconociendo a la cantidad que utiliza de col morada, aunque hace falta indicar, que al comparar con otras muestras la cantidad de agua y de dentífrico deben ser iguales; reconoce que la variable dependiente es el pH de cada dentífrico puesto a prueba; y finalmente la variable independiente es la marca del dentífrico que usa la persona, lo cual es correcto.

Por otro lado, las conclusiones, están muy ligadas al contenido brindado, en este caso el estudiante para profesor manifiesta que lo ideal es que en el resultado se obtenga un matiz de color azulado, morado o lila porque tendría un pH neutro; segundo si el resultado es de color rojo o rosado éste tendría un pH ácido; y finalmente agrega que, si el resultado es de tono verde, éste tendría un pH básico. Estas conclusiones son correctas y se relacionan con el contenido brindado.

• Para nosotros saber el PH de nuestro dentífrico podemos hacerlo simplemente con material casero, sin complicarnos la vida.

• Para esto necesitamos: col morada, olla, vasos, cucharitas, y obviamente el dentífrico que usualmente utilizamos.

✓ Primero: herviremos la col morada y tomamos el jugo que queda, pues nos servirá como indicador, esto lo puede traer la profesora ya hecho o los alumnos lo pueden traer de casa.

✓ Segundo: Ponemos nuestra esencia de col morada por un lado y nos enfocamos en diluir nuestro dentífrico en un vasito con agua.

✓ Tercero: ya que está listo nuestro dentífrico diluido podremos saber su calidad echando una cucharadita de esencia de col morada.



Figura 3.40. Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A1) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada.

La segunda actividad experimental por analizar corresponde al nivel de indagación abierta y fue propuesta por el estudiante para profesor (A2) en ella el contenido brindado gira en torno a las características de los tipos de suelo usados durante su experiencia (véase Figura 3.41); de esta manera brinda información sobre el tipo de suelo arenoso, arcilloso y orgánico.

* La arena es más permeable que los otros suelos debido a que no retiene mucha agua y a su vez porque contiene partículas pequeñas.

* Por lo contrario la arcilla, no es permeable ya que sus partículas son muy pequeñas y casi siempre retiene el agua en la parte superior, haciéndose así pegajosa.

* El suelo orgánico al contener restos orgánicos de seres vivos y plantas es un poco menos permeable.
Demorando un poco más para dar inicio a su filtración ya que también absorbe más agua.

Figura 3.41. Contenido desarrollado por el estudiante para profesor (A2) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

Esta actividad responde a la siguiente pregunta investigable “Si agregamos agua en recipientes iguales que contienen diferentes tipos de suelo ¿en qué caso el agua empezará a filtrar más rápido?”, la pregunta, es investigable, aunque contiene algunos defectos en su redacción. El procedimiento a seguir está bien elaborado, pues muestra el proceso junto a imágenes que la recrean así también se enumera una lista de los materiales que se usaron durante el desarrollo (véase Figura 3.42). Las variables fueron reconocidas satisfactoriamente; se

obtuvo que la variable dependiente era el tiempo de filtración; la variable independiente era los diferentes tipos de suelos utilizados y la variable de control era el agua utilizada, en este punto faltó incluir otros aspectos como la cantidad de suelo utilizado, usar el mismo tipo de recipiente, entre otros.

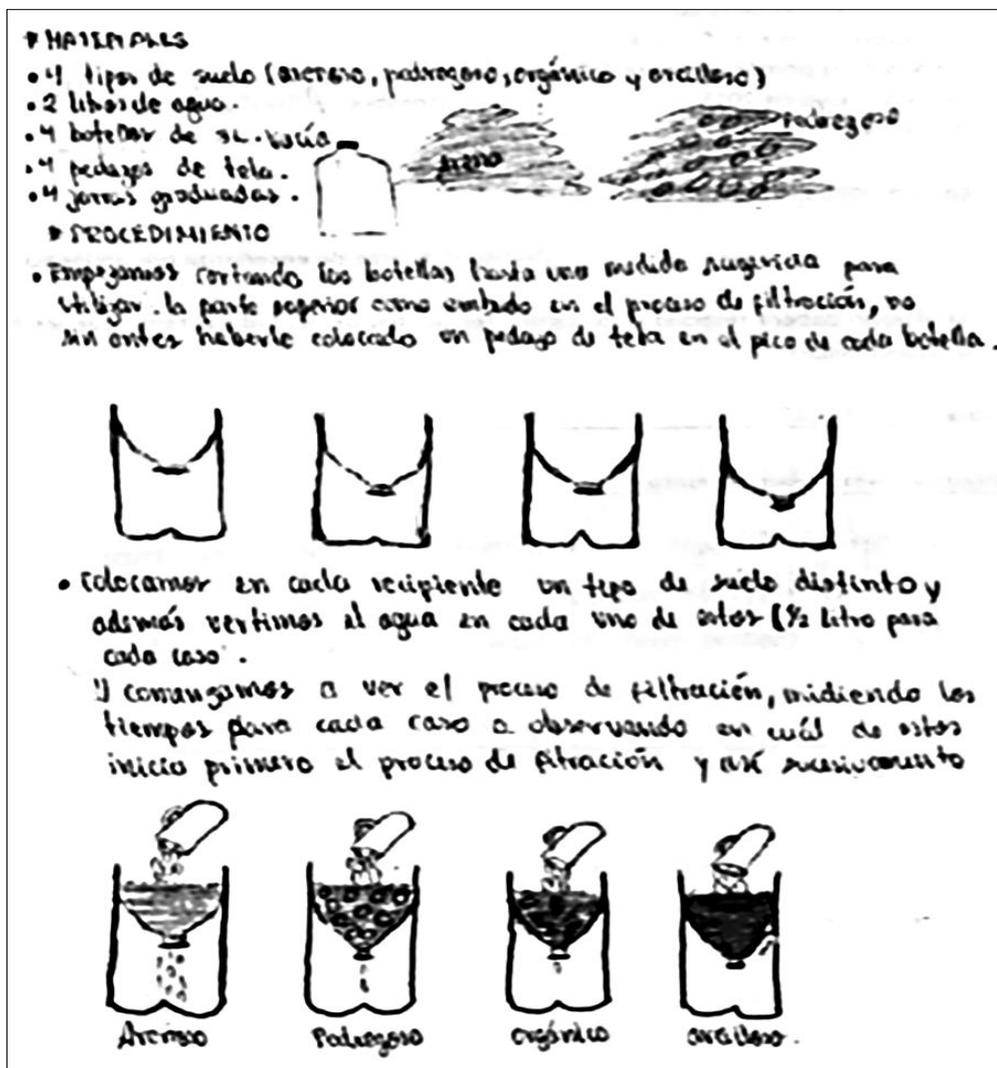


Figura 3.42. Procedimiento a seguir planteado por el estudiante para profesor (A2) en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

Capítulo 4

Discusión de resultados

4.1. Introducción

En este capítulo se muestran los resultados hallados y la discusión respecto a las preguntas que guían la presente investigación. En primer lugar, se centrará la discusión respecto a las habilidades de proceso científico que fueron objeto de esta investigación tales como: las preguntas investigables, el diseño experimental que abarca a su vez el procedimiento a seguir y las variables experimentales, y el planteamiento de conclusiones. En segundo lugar, se analizará los resultados involucrados con respecto al contenido conceptual.

4.2. Discusión de resultados respecto a las habilidades de proceso científico.

Los resultados obtenidos se discutirán en relación con las habilidades de proceso científico, materia de la presente investigación, para ello se han organizado en tres puntos: respecto a la formulación de las preguntas investigables, respecto al diseño experimental y respecto a las conclusiones.

4.2.1. Discusión de resultados respecto a la formulación de las preguntas investigables

En el caso de la formulación de las preguntas investigables se puede observar que en la actividad propuesta en el nivel de indagación guiada el porcentaje de los estudiantes para profesor formularon correctamente el 85.1% de las preguntas investigables, en cambio en la actividad propuesta en el nivel de indagación abierta el porcentaje de preguntas investigables correctamente formuladas fue del 95.9%; como se puede apreciar en los resultados ha habido un aumento de 10.8 puntos porcentuales el cual ha sido significativo al 95% (véase Tabla 4.1).

Tabla 4.1

Test de medias del porcentaje de preguntas investigables propuestas de acuerdo con el nivel de indagación involucrado en la sesión

Criterion	Indagación guiada	Indagación abierta	T	P-Value
Preguntas investigables	0.851	0.959	-2.27084	0.01231

Nota: Para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05

Estos resultados muestran que ha habido un aumento significativo de las preguntas investigables planteadas, lo cual evidencia un progreso de los estudiantes para profesor en la

habilidad de formular preguntas investigables; esto es importante a tomar en cuenta ya que como comentan los investigadores (Melear, Goodlaxson, Warne y Hickok, 2000; Mugaloglu y Saribas, 2010), los estudiantes para profesor no han tenido experiencia en la formulación de preguntas investigables y esto se recoge en los comentarios recogidos en las sesiones de clase. El test de medias realizado da indicios de que, las preguntas investigables formuladas por los estudiantes para profesor aumentan cuando la profesora del curso introduce una actividad con indagación abierta en el aula de clase; esto puede deberse a que los estudiantes para profesor han tenido tiempo para estudiar el contenido teórico del tema y discutirlo en grupo como señalan Worth, Duque y Saltiel (2009). Adicionalmente, antes del desarrollo de la actividad experimental ya ha tenido que buscar la información, lo cual permite que se planteen preguntas más interesantes; mientras que cuando se les da el contenido durante esta sesión, el conocimiento aún no ha sido asimilado. El porcentaje de preguntas investigables alcanzado en la actividad abierta es de 95.9% se puede considerar un buen logro en la formación de los estudiantes para profesor, ya que como señalan Sadeh y Zion (2012) el planteamiento de la pregunta investigable adecuada es la clave cuando los alumnos se involucran en una actividad de experimental propuesta en el nivel de indagación abierta.

Ahora bien, existe otra razón que puede estar sesgando estos resultados encontrados, la actividad con indagación abierta se dio después de la guiada, por tanto, existe un aprendizaje inherente con el tiempo, por tanto, puede ocurrir que en la medida que el tiempo transcurre, los estudiantes para profesor son capaces de generar mayores preguntas investigables.

Estos resultados muestran que luego del desarrollo de actividades propias de la enseñanza por indagación los estudiantes han desarrollado la habilidad para formular preguntas investigables. (García González y Furman, 2014, p. 88).

4.2.1.1. Discusión de resultados respecto a la tipología de las preguntas investigables

En el caso de la clasificación de las preguntas investigables atendiendo a su objetivo o demanda (Chin, 2002) se puede observar que, en la actividad propuesta en el nivel de indagación guiada (véase Tabla 4.2), el porcentaje de los estudiantes para profesor que formularon preguntas investigables de tipo causa-efecto es de 44.4% mientras que en la actividad propuesta en el nivel de indagación abierta es de 76.1% la diferencia de 31.7 puntos porcentuales es significativa al 99%; este aumento podría significar que el estudiante para

profesor ha desarrollado la habilidad de plantear preguntas investigables que tienen una mayor demanda cognitiva (García González y Furman, 2014).

Con respecto a las preguntas investigables de tipo comparación en la actividad con nivel de indagación guiada es de 38.1% mientras que en la actividad con nivel de indagación abierta es de 21.1%, la diferencia de 17 puntos porcentuales es significativa al 95%; esta disminución podría deberse a que los estudiantes para profesor después de afinar el concepto que tienen sobre pregunta investigable buscan plantear preguntas que no se centren solo en comparar, sino plantear preguntas con una mayor demanda cognitiva (Roca, Márquez y Sanmartí, 2013) como las de causa-efecto. Con respecto a las preguntas investigables de tipo predicción en la actividad con nivel de indagación guiada, estas alcanza un valor del 6.3% mientras que las actividades con nivel de indagación abiertas son el 2.8%, la diferencia de 3.5 puntos porcentuales no es significativa, Finalmente, el tipo de preguntas de medida directa alcanzan un valor de 11.1% en las actividades con nivel de indagación guiada mientras que en las actividades con nivel de indagación abierta es igual a cero, la diferencia porcentual es significativa al 99%. Estos resultados muestran que ha habido una disminución significativa de las preguntas investigables de tipo medida directa planteadas.

Los resultados indican que durante la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada los estudiantes para profesor planteaban este tipo de preguntas, las autoras García González y Furman (2014) manifiestan que ello se debe a “la familiarización de los alumnos con el trabajo en clase con preguntas simples, que apuntan al conocimiento de datos, terminología o conceptos” (p. 85) y aunque la pregunta se respondía mediante una actividad experimental la demanda cognitiva no era profunda. En esta línea Roca, Márquez y Sanmartí (2013) manifiestan que éstas se “plantean de manera casi inconsciente, pero no son indicativas de una verdadera inquietud intelectual” (p. 110), ya que solo apunta a la búsqueda de un dato en específico.

Tabla 4.2

Test de medias de la proporción de los tipos de preguntas investigables propuestas de acuerdo con el nivel de indagación involucrado en la sesión

criterio	Indagación guiada	Indagación abierta	T	P-Value
Causa-efecto	0.444	0.76	-3.93166	0.000068
Comparación	0.38	0.21	2.3879	0.015504
Predicción	0.06349	0.02816	0.98299	0.163706

Nota: Para que exista diferencia significativa al 99% P-Value debe ser menor que 0.01.

Habiendo encontrado diferencias significativas entre las sesiones de indagación guiada y abierta para tres de los cuatro tipos de preguntas investigables formuladas, se planteó la posibilidad de que el tipo de pregunta estuviera asociada al nivel de indagación de la actividad experimental. Para identificar si había independencia entre el tipo de pregunta formulada y el nivel de indagación involucrado en la sesión se aplicó una prueba de chi-cuadrado, encontrándose que el valor de chi cuadrado es 13.7216 y el p-value=0.0001048. El resultado es significativo al 99%; lo que quiere decir que existe evidencia suficiente (en este caso una fuerte evidencia porque el p-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 y medida directa que plantean los estudiantes para profesor y el nivel de indagación con que fue impartida la sesión de clase.

4.2.2. Discusión de resultados respecto al diseño experimental

A continuación, se discutirán los resultados extraídos de los cuestionarios propuestos en los niveles de indagación guiada y abierta, primero se abarcan los resultados respecto a los procedimientos, luego con respecto a las variables para finalmente abordar el diseño experimental en sí, constituido por los procedimientos y las variables experimentales.

4.2.2.1. Discusión de resultados respecto a los procedimientos

En cuanto a la elaboración del procedimiento a seguir, en la actividad experimental con nivel de indagación guiada una gran cantidad de estudiantes para profesor plantearon correctamente el diseño experimental (70%) y en la actividad experimental con nivel de indagación abierta aumentó al 77%. A pesar de haber una diferencia de siete puntos porcentuales la diferencia no es significativa.

Tabla 4.3

Test de medias del porcentaje de los procedimientos planteadas en las actividades experimentales propuestas en el nivel de indagación guiada y abierta

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Procedimientos	0.70	0.77	-0.92936	0.17712

Nota: para que exista diferencia significativa al 90% P-Value debe ser menor que 0.1.

Según los resultados encontrados se puede inferir que quizás el hecho de haber aprendido durante su época escolar con guías estructuradas propuestas en los libros de texto (Fernández, 2014) les permite tener experiencia en el planteamiento del procedimiento, adicionalmente lo aprendido en el curso contribuyó en la adquisición de esta habilidad; por ello

desde la actividad propuesta en el nivel de indagación guiada ya estaba en un 70% y durante el desarrollo de la actividad con nivel de indagación abierta se mantuvo dentro de este rango. Sin embargo, en los resultados mostrados no ha habido un cambio significativo entre los procedimientos propuestos en los dos niveles de indagación, ello podría deberse a la falta de práctica en el planteamiento de procedimientos haciendo uso de la metodología indagatoria (Crujeiras y Puig, 2014), ello se evidencia en las dificultades mostradas al detallar sus procedimientos puesto que en muchos casos se presentan de forma general; a este respecto los autores Girault y d'Ham (2014), encontraron en su investigación que:

Los procedimientos diseñados se mantienen en un nivel muy general: tienden a ser una descripción general del experimento que se aproxima, más que un procedimiento real que sería útil para continuar con la manipulación. Faltan muchos parámetros, e incluso partes completas de los procedimientos son eludidas. De hecho, la tarea parece ser demasiado compleja para los estudiantes. No dan detalles, ya sea para evitar la complejidad del razonamiento, o porque no pueden comprender este nivel de complejidad por sí mismos. (p.16).

De otra parte; los estudiantes para profesor deben buscar para realizar la actividad con indagación abierta no sólo el contenido conceptual sino también las técnicas necesarias para elaborar el trabajo; lo cual propicia que elaboren mejor sus diseños experimentales. Cabe señalar que hay un porcentaje significativo de estudiantes para profesor 30% y 23% respectivamente que no alcanzan a elaborar los procedimientos correctamente; esto es un punto importante para tomar en cuenta ya que como señalan (Eick, Meadows y Balkcom, 2005; Furman y De Podestá, 2009); deben ir aprendiendo poco a poco los pasos de una investigación.

4.2.2.1.1. Discusión de resultados respecto al procedimiento a seguir en relación con la pregunta investigable

Cuando los estudiantes para profesor plantean tanto la pregunta investigable y el procedimiento a seguir de manera correcta se observa (véase Tabla 4.4) que hay un aumento de 10.8 puntos porcentuales; el cual es significativo al 90%.

Tabla 4.4
Test de medias del porcentaje respecto al procedimiento a seguir con la pregunta investigable

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Pregunta investigable y el procedimiento	0.622	0.73	-1.40463	0.081128

Nota: para que exista diferencia significativa al 90% P-Value debe ser menor que 0.10.

También cabe señalar que hay un grupo de estudiantes para profesor (37.8% y 27%) que no alcanzan a apropiarse de estas habilidades de manera simultánea. Estos resultados dan indicios de que las dos habilidades se adquieren de manera independiente y por ello es necesario desarrollarlas en los estudiantes para profesor. Al parecer el tiempo transcurrido entre la primera actividad (guiada) y la segunda (abierta) no ha sido suficiente para que todos los estudiantes para profesor adquieran estas habilidades, es posible que necesiten más práctica y trabajo en grupo donde puedan discutir las preguntas y la planificación de los procedimientos para resolver la pregunta investigable. El trabajo en grupo es una estrategia reconocida por diversos autores para la enseñanza de las ciencias (Vidal López y Membiela Iglesia, 2017) y es recomendado cuando se hacen actividades experimentales con indagación Cañal (2007). Además, como señalan autores como Vilches Peña y Gil Pérez (2011) el trabajo en grupo resulta fundamental cuando se trabaja en los aspectos de: “El estudio cualitativo, significativo, de las situaciones problemáticas abiertas abordadas, que ayude a comprender y acotar dichas situaciones y a formular preguntas operativas sobre lo que se busca.” (p. 75). Añadiendo que: “La elaboración y puesta en práctica de estrategias de resolución, incluyendo, en su caso, el diseño y realización de montajes experimentales para someter a prueba las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.” (p. 76).

4.2.2.2. Discusión de resultados respecto a las variables

La identificación de variables constituye una habilidad de proceso científico indispensable de ser adquirida por los profesores tal como señalan algunos investigadores (Chabalengula, Mumba y Mbewe, 2012; Karamustafaoğlu, 2011).

De los datos de la Tabla 4.5 se puede observar que cuando los estudiantes para profesor plantean correctamente las variables en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada, éstas alcanzan un porcentaje de 17.6%; en cambio en la actividad propuesta con un nivel de indagación abierta el porcentaje es de 28.4%. Como puede apreciarse hay un aumento de 10.8 puntos porcentuales y la diferencia es significativa al 95%. Como se aprecia, es en esta categoría donde los estudiantes para profesor presentan mayores dificultades, estos resultados son similares a los encontrados por D’Costa y Schlueter (2013); citado en Ferrés, Marbà y Sanmartí (2015).

Como señala Saat (2004); es muy importante que los profesores sepan diferenciar las variables en el momento de plantear una actividad experimental. Si se hace el análisis de los resultados obtenidos se puede apreciar que el porcentaje de estudiantes para profesor que

plantean correctamente las variables es menos del 50%. Esto da una llamada de atención a las estrategias utilizadas al momento de enseñar las variables y constituye un tema pendiente en la formación de los estudiantes para profesor.

Tabla 4.5

Test de medias del porcentaje respecto a las variables correctamente planteadas en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Variabes experimentales	0.176	0.284	-1.74719	0.041354

Nota: para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

4.2.2.2.1. Discusión de resultados respecto a los tipos de variables experimentales

Dado los resultados obtenidos, se llevó a cabo un análisis de cada una de las variables (dependiente, independiente y de control) (véase Tabla 4.6) con el objeto de identificar en qué tipo de variables había más dificultades. En primer lugar, se discutirán los resultados obtenidos en las variables de control, encontrándose que en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada el 20.3% de los estudiantes para profesor desarrollaron correctamente las variables de control mientras que en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada este valor asciende a 36.5%. La diferencia de 16.2 puntos porcentuales es significativa al 95%. A continuación, se discutirán los resultados con respecto a las variables de tipo independiente y dependiente en donde se encontró un ascenso en los resultados los cuales no fueron significativos, a la variable independiente le corresponde el 39.2% para la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada, mientras que en el nivel de indagación abierta el valor es 48.6%. Para la variable dependiente el valor hallado en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada es de 40.5%, mientras que para la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta el valor es de 44.6%. De los comentarios recogidos en clase de los estudiantes para profesor se extrae que las denominaciones de los tres tipos de variables dependiente; independiente y de control no ayuda a la comprensión de lo que representa cada una de ellas, esto es similar a lo encontrado por Bağcı-Kılıç et al. (2009); citado en Aydoğdu (2015) quien manifiesta que para una mejor comprensión se deberían cambiar la denominaciones, así la variable dependiente cambiaría a “variable observada”, la variable independiente cambiaría a “variable cambiante” y finalmente la variable control que es en donde mayor dificultad presentan, cambiaría a “variable controlada o variable cuyo efecto puede ser controlado”. Así también el análisis de contenido realizado evidenció que muchos de

los estudiantes para profesor tienden a confundir las variables e intercambiarlas, esto es más notorio entre las variables dependiente e independiente, lo cual es similar a lo encontrado por Ateş (2005) y Ferrés, Marbà y Sanmartí (2015).

Tabla 4.6

Test de medias del porcentaje obtenido respecto a cada una de las variables correctamente planteadas en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Variable control	0.203	0.365	-2.20912	0.014362
Variable independiente	0.392	0.486	-1.15681	0.124621
Variable dependiente	0.405	0.446	-0.49577	0.3104

Nota: para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

4.2.2.3. Discusión de resultados respecto al diseño experimental: procedimiento y variables experimentales

Con respecto a los diseños experimentales planteados por los estudiantes para profesor, en la actividad experimental con nivel de indagación guiada fueron pocos los estudiantes para profesor que plantearon correctamente el diseño experimental, 16.2%; y en la actividad experimental con nivel de indagación abierta aumentó al 24.3% la diferencia de 8.1 puntos porcentuales no es significativa.

Tabla 4.7

Test de medias del porcentaje de los diseños experimentales planteados en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Diseño experimental	0.162	0.243	-1.22475	0.111322

Nota: para que exista diferencia significativa al 90% P-Value debe ser menor que 0.10.

Tal como muestra la Tabla 4.7, los resultados no son significativos, pero concuerdan con los hallados por Krajcik et al. (1998) y Zimmerman (2000), quienes encuentran que la planificación del diseño experimental representa uno de los grandes conflictos en el desarrollo de las actividades experimentales. Así también, se puede observar que los estudiantes para profesor, en su mayoría, no han logrado desarrollar la habilidad de planificar un diseño experimental, esto podría deberse a que no están acostumbrados a trabajar este tipo de actividades, ya que como afirman algunos investigadores, muchos centros de estudio aún trabajan bajo enfoques tradicionales (Tümay, 2001) los cuales no permiten participar de una actividad experimental auténtica (Lunetta y Tamir, 1979). A este respecto, autores como

(Etkina et al., 2010) afirman que la planificación de diseños experimentales representa una de las habilidades primordiales en el aprendizaje de las ciencias, puesto que brinda la oportunidad de desarrollar múltiples habilidades científicas, señalando que:

Una parte importante del aprendizaje de los estudiantes ocurre en los laboratorios de instrucción ISLE donde los estudiantes diseñan sus propios experimentos. Los laboratorios proporcionan un entorno para aprendizaje cognitivo mejorado mediante evaluación formativa. Como resultado, los estudiantes desarrollan conocimiento interpretativo que los ayuda a abordar nuevos problemas como científicos (p. 54).

Asimismo, al evaluar en conjunto el diseño experimental (procedimiento y variables) ayuda a identificar en qué habilidades los estudiantes para profesor presentan mayores dificultades, los resultados muestran que cuando los estudiantes para profesor trabajan las dos habilidades de manera simultánea (variables y procedimiento a seguir), tienen más dificultades que cuando trabajan solo el procedimiento a seguir. Esta dificultad podría presentarse debido a la falta de práctica por parte de los estudiantes para profesor a diseñar los experimentos identificando las variables, ya que las actividades planteadas en textos escolares muy pocas veces piden identificar variables (Martínez Losada y García Barros, 2003) puesto que mayormente solo se plantean los esquemas de los procedimientos.

4.2.3. Discusión de resultados respecto a las conclusiones

En cuanto a la elaboración de conclusiones en la Tabla 4.8 se pueden observar los resultados, el 56.8% de los estudiantes para profesor plantean correctamente las conclusiones en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada; mientras en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta este valor es igual a 59.5%. La diferencia de 2.7 puntos porcentuales no es significativa. Este resultado es similar al hallado por Sadeh y Zion (2012) quienes encuentran significancia en la elaboración de preguntas investigables y el planteamiento del diseño, pero no en la formulación de conclusiones.

Tabla 4.8
Test de medias del porcentaje respecto a las conclusiones

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Conclusiones	0.568	0.595	-0.33107	0.370532

Nota: para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

Aunque la diferencia entre los dos niveles de indagación no fue significativa los resultados presentaron dificultades similares a las halladas por las autoras Ferrés, Marbà y

Sanmartí (2015), esto es que los estudiantes para profesor no son capaces de plantear las conclusiones u otras veces lo hacen de manera incompleta pues durante la construcción de sus argumentos se observa una dificultad al realizar inferencias más abstractas o elaboradas; las conclusiones de los estudiantes para profesor son en general enunciados que se refieren a aspectos más generalizados o muy específicas (Kelly y Takao, 2002). Así pues, durante el análisis de las conclusiones se evidenció que algunos estudiantes para profesor tienen dificultad para argumentar sus resultados científicamente (Domènech Casal, 2013). Aunque cabe señalar que las condiciones en que se desarrollaron las actividades experimentales contribuyeron al desarrollo de dicha capacidad ya que se promovió la reflexión acerca de sus resultados (Jiménez-Aleixandre, 2008). Finalmente, también hay cierta confusión por parte de los estudiantes para profesor quienes equivocan el contenido con las conclusiones, es decir que en lugar de colocar la reflexión de sus resultados colocan los conceptos involucrados en la actividad.

4.2.3.1. Discusión de resultados respecto a las conclusiones en relación con la pregunta investigable, el procedimiento a seguir y las variables

Otro aspecto por considerar son los resultados obtenidos respecto a las conclusiones en relación con la pregunta investigable, el procedimiento a seguir y las variables, el análisis de los cuestionarios propuestos en el nivel de indagación guiada arroja que el porcentaje obtenido fue igual a 13.5%, mientras que en los cuestionarios propuestos con nivel de indagación abierta el resultado fue de 23%, la diferencia de 9.5 puntos porcentuales es significativa al 90% (véase Tabla 4.9). Los resultados muestran que realizar este tipo de actividades da la oportunidad a los estudiantes para profesor de dar una respuesta científica (Jiménez-Aleixandre y Pereiro-Muñoz, 2002) a una pregunta investigable que ha sido comprobada a través de un diseño experimental (Anaya y de Bustamante, 2014). Así pues, las observaciones realizadas por los estudiantes para profesor les permitieron extraer la información contenida en la actividad experimental, para luego poder emplearla en sus conclusiones (Anaya y de Bustamante, 2014), en esta misma línea (Hodson, 1994) sostiene la importancia de la reflexión de los resultados de una actividad para aprender más sobre la elaboración de un diseño y el contenido que este implica.

Tabla 4.9

Test de medias del porcentaje respecto a las conclusiones en relación con la pregunta investigable, el procedimiento a seguir y las variables

criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Conclusiones, pregunta investigable y diseño	0.135	0.23	-1.49101	0.069058

Nota: para que exista diferencia significativa al 90% P-Value debe ser menor que 0.10.

4.3. Discusión de resultados respecto al contenido

Otro de los aspectos a tomar en cuenta en la resolución de la segunda pregunta de esta investigación tiene que ver con el contenido involucrado en la actividad propuesta. A partir de los datos de la Tabla 4.10 se puede observar que en el caso de la actividad experimental con indagación abierta el porcentaje de estudiantes para profesor que la desarrollaron satisfactoriamente asciende a 31.1% mientras que en el caso de la actividad experimental propuesta con nivel de indagación guiada fue de 18.9%, la diferencia de 12.2 puntos porcentuales es significativa al 95%. Como señalan Edelson, Gordin y Pea (1999): “La formulación de preguntas de investigación, el desarrollo de un plan de investigación, y la recopilación, análisis e interpretación de datos, todos requiere conocimiento de contenido científico” (p.7) Estos comentarios dan importancia al hecho de que es necesario que los estudiantes para profesor, como en el caso del presente estudio, cuenten con los contenidos teóricos apropiados para planificar la investigación. De otra parte; los autores antes mencionados señalan que:

Al diseñar el aprendizaje basado en la investigación, el desafío es proporcionar oportunidades para que los estudiantes desarrollen y apliquen ese entendimiento científico. Si los estudiantes carecen de este conocimiento y la oportunidad de desarrollarlo, entonces no podrán completar investigaciones significativas (p. 397).

En el caso de la actividad propuesta con nivel de indagación abierta los estudiantes para profesor contaron con más tiempo y realizaron una búsqueda de información más exhaustiva que en el caso de la indagación guiada.

Tabla 4.10

Test de medias del porcentaje respecto al contenido correctamente planteado en actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Contenido	0.189	0.311	-1.71389	0.044336

Nota: para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

4.3.1. Discusión de resultados respecto al análisis del contenido de la pregunta investigable

Con respecto al análisis del contenido inmerso en la pregunta investigable en los cuestionarios propuestos en el nivel de indagación guiada, se obtuvo que para la situación planteada se propusieron diversos criterios que varían de acuerdo al procedimiento propuesto (Roca, Márquez y Sanmartí, 2013), algunos de los criterios no se centran en el contenido a

investigar, sino que se distraen en características que no son importantes en la investigación (Seufert, 2003; Lowe, 1996), como por ejemplo, en este caso las características físicas de los materiales, un ejemplo en particular es el criterio D, el cual es denominado “Relación entre el color de la pasta dental y el pH”, al cual le corresponde el 3.2% de las preguntas investigables, en donde se comprueba si el pH es igual para distintas pastas dentales de color diferente; se debe recordar que el objetivo de la actividad experimental en el nivel de indagación guiada era encontrar una pasta dental adecuada para cuidar la higiene bucal. Los criterios que se acercaron al objetivo de la investigación fueron el criterio A, “Relación entre pH y la salud bucal” (12.7%); el criterio B, “Relación entre pH y la pasta dental” (57.1%); y el criterio C “Relación entre la salud bucal y la pasta dental (27%). Los resultados hallados coinciden con los encontrados por las autoras Roca, Márquez y Sanmartí, (2013) en donde el material utilizado jugó un doble papel, por una parte, enriquecía la formulación de preguntas investigables, pero por otra parte distraía al estudiante, del objetivo de investigación centrándose en características secundarias.

Con respecto a las preguntas investigables propuestas en el nivel de indagación abierta, éstas no respondieron a un objetivo en específico como en el caso de las preguntas investigables propuestas en el nivel de indagación guiada puesto que fueron seis temas libres y a cada uno le corresponde un cierto número de criterios por ello no se profundizará en el análisis de este punto, lo que sí se puede rescatar es que en el planteamiento de las preguntas investigables se percibió un mayor dominio de contenido que se evidencia en las relaciones entre las variables involucradas de la investigación, estas variables en algunos casos son materiales concretos (masa de un carrito, una manzana, las cucharas de la turbina, etc.) o también conceptos (velocidad, energía, ángulo, etc.) las cuales han enriquecido la actividad experimental.

4.3.2. Discusión de resultados respecto a la pertinencia entre contenido y la pregunta investigable.

Como se señaló en líneas anteriores; Edelson, Gordin y Pea (1999) sostienen que la formulación de preguntas investigables, entre otras habilidades necesitan del dominio del contenido científico, adicionalmente Sanmartí y Márquez (2012) hacen notar que es imprescindible no olvidar la relación que se da entre el contenido y el planteamiento de preguntas, puesto que el alumno, en este caso, el estudiante para profesor, necesita desarrollar un conjunto de destrezas (NRC, 1996) y ello implica “identificar las preguntas y conceptos que guían las investigaciones científicas” (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2015, p.533). Por ello

en esta parte de la investigación se analizará la relación que existe entre el contenido planteado y la pregunta investigable formulada, se encontró que el 17.6% de los estudiantes para profesor plantean correctamente la pregunta investigable habiendo formulado correctamente el contenido en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada; mientras que en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta este valor es igual a 29.7% (véase Tabla 4.11).

Tabla 4.11

Test de medias del porcentaje respecto al contenido correctamente planteado en relación con la pregunta investigable en las actividades experimentales de propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Contenido y pregunta investigable	0.176	0.297	-1.74719	0.041354

Nota: para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

De los datos mostrados en la Tabla 4.11 se puede observar que hay un aumento de 12.1 puntos porcentuales; el cual es significativo al 95%, lo que lleva a concluir que a medida que los estudiantes para profesor poseen más conocimiento de la ciencia aumentará su capacidad para formular preguntas investigables; a este respecto autoras como Sanmartí y Márquez (2012) manifiestan que “La indagación científica no se puede reducir a encontrar una respuesta de forma experimental, sino que requiere generar o revisar conocimientos que posibiliten plantear bien la pregunta e interpretar”(p. 30). Como se aprecia el contenido científico juega un rol importante en el planteamiento de las preguntas investigables.

4.3.3. Discusión de resultados respecto al análisis del contenido con relación a la pregunta investigable, el procedimiento, las variables y las conclusiones

A lo largo de la presente investigación uno de los aspectos analizados fue el desarrollo de las habilidades de proceso científico de los estudiantes para profesor paralelo al desarrollo del conocimiento, ya que estas capacidades son necesarias y deben manejarlas antes de llevar a cabo una sesión de clase (Aka, Güven y Aydogdu, 2010).

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en las actividades experimentales planteadas por los estudiantes para profesor, teniendo en cuenta los cinco aspectos trabajados: la formulación de las preguntas investigables, el planteamiento de procedimientos, identificación de variables, análisis de conclusiones y el contenido propuesto. En el análisis de los cuestionarios propuestos en el nivel de indagación guiada el porcentaje es de 9.5%, mientras

que en los cuestionarios en el nivel de indagación abierta el valor es de 13.5%, la diferencia de 4 puntos porcentuales no es significativa.

Tabla 4.12

Test de medias del porcentaje respecto al análisis del contenido con relación a la pregunta investigable, el procedimiento, las variables y las conclusiones

Criterio	Guiada	Abierta	T	P-Value
Contenido, pregunta investigable, procedimiento, variables y conclusiones.	0.095	0.135	-0.76969	0.221363

Nota: para que exista diferencia significativa al 95% P-Value debe ser menor que 0.05.

4.4. Resumen

Los resultados obtenidos muestran que en la actividad experimental con indagación abierta se logró de manera individual mejores resultados en la adquisición de las habilidades de proceso científico y en la apropiación del contenido teórico; estos resultados son similares a los encontrados por Berg, Bergendahl, Lundberg y Tibell (2003) los cuales consideran que los alumnos reflexionaron más sobre las preguntas investigables y los diseños experimentales en la actividad con indagación abierta. Asimismo, cabe señalar que ejecutar en clase una actividad experimental con nivel indagación abierta constituye un reto para el profesor del curso, ya que como señalan Zion, Cohen y Amir (2007) los estudiantes para profesor deben hacer uso de habilidades de orden superior, es decir poner en juego habilidades de proceso científico integradas. De otra parte, es necesario que los estudiantes para profesor tengan experiencias en actividades con indagación esto es importante ya que diversos autores como Hodson (1993) y Roth, McGinn y Bowen (1998) comentan que si los profesores no tienen una experiencia previa en este tipo de actividades experimentales difícilmente podrán llevarlas en el futuro a su aula de clase.

De otra parte como señalan (Westerlund, García, Koke, Taylor y Mason, 2002) es necesario que dentro de la preparación en ciencias los estudiantes para profesor adquieran una cultura de la ciencia esto se logra en palabras de los autores a través de: “Hacer preguntas, escribir propuestas basadas en la investigación de la biblioteca, técnicas de aprendizaje, diseño de nuevos protocolos, uso de nuevo vocabulario científico, analizando datos, presentando resultados” (p. 64), es decir desarrollando habilidades de proceso científico.

Capítulo 5

Conclusiones, limitaciones y prospectivas de la investigación

5.1. Introducción

En este capítulo se hará una exposición de las conclusiones, las cuales se expondrán tomando en cuenta los puntos correspondientes a las preguntas de investigación, estas son: las habilidades de proceso científico y el contenido. Seguidamente, se abordará de forma general las limitaciones encontradas durante la investigación y finalmente se presenta la prospectiva de la investigación en donde se alcanzarán las implicaciones didácticas que aportaría este estudio en un futuro.

5.2. Conclusiones

5.2.1. Habilidades de proceso científico

A continuación, se detallarán las conclusiones obtenidas sobre las habilidades de proceso científico extraídas del análisis e interpretación de las respuestas de los cuestionarios desarrollados en las actividades en los niveles de indagación guiada y abierta.

- En primer lugar, se abordarán las conclusiones relacionadas con la formulación de las preguntas investigables. Con respecto a estas, desde el primer cuestionario propuesto en el nivel de indagación guiada los estudiantes para profesor propusieron un gran porcentaje de preguntas investigables lo cual se mantuvo significativamente en los resultados del cuestionario propuesto en el nivel de indagación abierta, tal vez, el hecho de haber trabajado en actividades experimentales con el nivel de indagación guiada y abierta haya aumentado el rendimiento en el planteamiento de las preguntas investigables. En conclusión, el plantear preguntas investigables en el nivel de indagación abierta proporcionó una mejora significativa en comparación de los resultados en el nivel de indagación guiada.
- Asimismo, atendiendo al objetivo o demanda de la pregunta investigable una de los cuatro tipos propuestos por los estudiantes para profesor en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada fueron las preguntas de tipo de medida directa en donde la pregunta se centra en descubrir un dato es decir, una respuesta simple, sin embargo en las preguntas planteadas en el nivel de indagación abierta este tipo de pregunta o demanda desaparece, quedando solo las preguntas que requieren de

una mayor demanda cognitiva, estas son las de tipo causa-efecto, comparación y predicción.

- Con respecto al procedimiento a seguir, el porcentaje encontrado tanto en los cuestionarios propuestos en el nivel de indagación guiada y abierta ha sido elevado, así también en la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta ha presentado una mejora con respecto a la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada, ello puede deberse a que anteriormente los estudiantes para profesor en su etapa escolar habían usado textos escolares en los cuales han trabajado en la elaboración de procedimientos en las clases de ciencia durante su etapa escolar.
- En cuanto a la identificación de variables los resultados muestran que el porcentaje de estudiantes para profesor que ha desarrollado esta habilidad ha sido baja, mostrando más dificultades al identificar la variable de control. Esto puede deberse a que los estudiantes para profesor a pesar de haber tenido contacto con la elaboración de procedimientos no han desarrollado la habilidad de identificar variables puesto que, como la literatura recoge, en los textos escolares muy pocas veces se trabaja la identificación de variables y casi nunca en los laboratorios de ciencia, por ello confunden las variables unas con otras, así como también les es difícil recordar la denominación de cada una de ellas.
- En cuanto a la elaboración de conclusiones, los resultados señalan que se ha presentado una mejora, ya que muchos de los estudiantes para profesor elaboraron adecuadamente sus conclusiones en los cuestionarios propuestos en los dos niveles de indagación. Quizás este resultado se debe a que el estudiante para profesor ha sido estimulado a planificar su propio diseño, lo cual le ha llevado construir nuevos esquemas conceptuales que expliquen sus resultados (Taconis, Ferguson-Hessler y Broekkamp, 2001).

5.2.2. Contenido

A continuación, se presentarán las conclusiones obtenidas sobre el contenido extraídas del análisis e interpretación de las respuestas de los cuestionarios desarrollados por los estudiantes para profesor, en las actividades experimentales propuestas en los niveles de indagación guiada y abierta.

- Con respecto al contenido, los resultados muestran que los estudiantes para profesor han tenido dificultades para plantearlos, sin embargo, ha habido un aumento significativo

en los resultados encontrados en la actividad experimental en el nivel de indagación abierta a diferencia de los resultados encontrados en el nivel de indagación guiada, lo que pone de manifiesto una mejoría cuando la actividad se propone en el nivel de indagación abierta, por otro lado este aumento va de la mano con los resultados encontrados en las habilidades de proceso científico, lo que lleva a concluir que las actividades experimentales propuestas con un mayor nivel de indagación contribuyen a mejorar la comprensión de conceptos en los estudiantes para profesor.

- En cuanto al contenido de la pregunta investigable, este da indicios que de alguna u otra forma ha determinado el planteamiento del procedimiento a seguir.

5.3. Limitaciones de la investigación

A continuación, se presentarán las limitaciones que surgieron durante esta investigación, la cuales se abordarán de manera general.

- Para empezar, una de las limitaciones ha sido la gran cantidad de temas trabajados en la actividad experimental en el nivel de indagación abierta, muchos de ellos con diferentes grados de dificultad, un ejemplo resaltante es el caso de la turbina, en donde los estudiantes para profesor daban más prioridad a la construcción del artefacto que al diseño de la actividad experimental en sí. En muchas ocasiones confundían la construcción del artefacto con el procedimiento a seguir. Lo que lleva a sugerir, empezar con temas más sencillos, que no requieran de una gran elaboración, para luego cuando ya posean un mayor dominio en el planteamiento de actividades experimentales haciendo uso de la metodología indagatoria, aumentar la complejidad de forma gradual. Por ejemplo, un tema que no requirió de una gran elaboración fue la del plano inclinado, el mecanismo fue fácil de realizar, y no distrajo al estudiante para profesor en el desarrollo del procedimiento a seguir.
- Siendo la metodología indagatoria un enfoque nuevo, una de las limitaciones es que existen pocos manuales en donde se muestren ejemplos esquematizando paso a paso actividades experimentales que guíen al estudiante para profesor a su comprensión.
- Otra de las limitaciones ha sido el hecho de solo analizar los cuestionarios, dejando de lado el registro de los monitoreos por parte de la profesora del curso durante las entrevistas, o cuando ellos se reunían para elaborar la actividad, y finalmente cuando la llevaron a cabo.
- Para finalizar, otra de las limitaciones gira en torno al contexto y al tiempo en que se han desarrollado las dos actividades experimentales. Por una parte, los ambientes han

sido diferentes para los dos niveles, la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación guiada se realizó en una sesión de clase de dos horas, mientras que para la actividad experimental propuesta en el nivel de indagación abierta ellos llevaron a cabo la actividad fuera del salón de clase, este proceso ha llevado más tiempo en esta actividad.

5.4. Prospectivas de la investigación

Teniendo en cuenta los resultados encontrados se expondrán las implicaciones didácticas que aportaría en un futuro este estudio. Entre ellas tenemos:

- Hacer una instrucción explícita con material teórico (separata o módulo) sobre las características que debe poseer una actividad experimental haciendo uso de la metodología indagatoria.
- Proponer actividades para mejorar la formulación de preguntas investigables y para la identificación de las variables experimentales.
- Realizar un estudio más detallado de las preguntas investigables atendiendo a un mismo contenido para un mejor análisis de los criterios y tipos de preguntas investigables que ellos tienen en cuenta, ya que dicho estudio ayudaría a identificar hasta qué punto el conocimiento es compartido entre todos los estudiantes para profesor (Roca, Márquez y Sanmartí, 2013).
- Otro aspecto por tomar en cuenta para futuras investigaciones es llevar a cabo un estudio longitudinal con los estudiantes para profesor que participaron de esta investigación.

Referencias bibliográficas

- 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). Constructivist practices through guided discovery approach: The effect on students' cognitive achievement in Nigerian senior secondary school physics. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 2(1), 234-240. Obtenido de [http://idosi.org/aejst/5\(4\)10/3.pdf](http://idosi.org/aejst/5(4)10/3.pdf) .
- Aleixandre, M. P., & Mauriz, B. P. (2013). El papel de la argumentación en la clase de ciencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (75), 85-90.
- American Associates of Advancement of Science – AAAS. (1968). *Science – A Process Approach*. NewYork: Xerox Corporation.
- Anaya, P. B., & de Bustamante, J. D. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(2), 35-52.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming Science Teaching: What Research Says About Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12. doi: 10.1023/A:1015171124982.
- Anderson, R. D. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. *Handbook of research on science education*, 807-830.
- Ariza, M. R., Aguirre, D., Quesada, A., Abril, A. M., & García, F. J. (2016). ¿ Lana o metal? Una propuesta de aprendizaje por indagación para el estudio de las propiedades térmicas de materiales comunes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 297-311.

- Aslan, O. (2015). How Do Turkish Middle School Science Coursebooks Present the Science Process Skills? *International Journal of Environmental and 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/apfslt/v16_issue1/aydogdu/.
- 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.
- Barros, S. G., Losada, C. M., & Alonso, M. M. (1998). Hacia la innovación de las actividades prácticas desde la formación del profesorado. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(2), 353-366.
- 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.
- Bell, R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *The Science Teacher*, 72 (7), 30-33. Obtenido de <https://goo.gl/mwbBjr>.
- Berg, C. A., Bergendahl, V. C., Lundberg, B., & Tibell, L. (2003). Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education*, 25 (3), 351-372.
- Bernal, C. A. (2006). *Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson educación.
- Bybee, R. W. (2010). *The Teaching of Science: 21st Century Perspectives*. NSTA Press.

- Caamaño, A. (2003). *Los trabajos prácticos en ciencias. Enseñar ciencias*. Barcelona. Editorial Graó, 95-118.
- Cañal, P. (2007). La investigación escolar, hoy. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* (52), 9-19. Obtenido de <https://goo.gl/SELAIN>
- Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Revista Investigación en la Escuela*, 78, 5-17.
- Chabalengula, V. M., Mumba, F., & Mbewe, S. (2012). How pre-service teachers' understand and perform science process skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science y Technology Education*, 8(3), 167-176. doi:10.12973/eurasia.2012.832a .
- Chatterjee, S., Williamson, V. M., McCann, K., & Peck, M. L. (2009). Surveying students' attitudes and perceptions toward guided-inquiry and open-inquiry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 86(12), 1427.
- Chin, C. (2002). 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., & 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.1000.
- 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>.
- 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 .

- Crujeiras, B., & Jiménez, M. (2015). Análisis de la competencia científica de alumnado de secundaria: respuestas y justificaciones a ítems de PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3).
- Crujeiras, B., & Jiménez, M. (2015). *Desarrollo de la competencia científica a través de la planificación de investigaciones en el laboratorio de química*. Comunicación presentada en 26 Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Huelva.
- Crujeiras, B., & Puig, B. (2014). Trabajar la naturaleza de la ciencia en la formación inicial del profesorado planificando una investigación. *Educació química*, 55-61.
- Delors, J. (1996). *La Educación encierra un Tesoro: Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI*. Compendio. Santillana.
- Di Mauro, M. F., & Furman, M. (2012). El impacto de la indagación guiada sobre el aprendizaje de la habilidad de diseño experimental. *Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- Domènech Casal, J. (2013). Escritura de artículos y diseño de experimentos: andamios para escribir, pensar y actuar en el laboratorio. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 1085-1089.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the learning sciences*, 8(3-4), 391-450.
- 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>.
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R., & Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introductory physics laboratories. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98.

Feixas, J. M. (2012). *Aprender ciencias en educación primaria* (Vol. I). GRAÓ.

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>.

Ferrés, G. C., Marbà, T. A., & Sanmartí, P. N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1).

Fraenkel, J. R., Sawin, E. I., & Wallen, N. E. (1999). *Visual Statistics: A Conceptual Primer*. Allyn and Bacon.

Furman, M., & de Podestá, M. E. (2009). *La aventura de enseñar Ciencia Naturales*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor.

Furman, M., Barreto, M., & Sanmartí, N. (2013). El proceso de aprender a plantear preguntas investigables. *Educació Química*, 14, 1-16.

García González, S. M., & Furman, M. G. (2014). Categorización de preguntas formuladas antes y después de la enseñanza por indagación. *Praxis y Saber*, 5(10).

García-Carmona, A. (2012). Cómo enseñar naturaleza de la ciencia (NDC) a través de experiencias escolares de investigación científica. *Alambique*, 72, 75-91.

García-Carmona, A., & Manassero, M. A. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 0023-34.

García-Carmona, A., Vázquez, Á., & Manassero, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 0403-412.

- 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.
- Girault, I., & d'Ham, C. (2014). Scaffolding a complex task of experimental design in chemistry with a computer environment. *Journal of Science Education and Technology*, 23(4), 514-526.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. London: Weidenfeld y Nicolson.
- González-Weil, C., Cortez, M., Bravo, P., Ibaceta, Y., Cuevas, K., Quiñones, P., Maturana, J., & Abarca, A. (2012). La indagación científica como enfoque pedagógico: estudio sobre las prácticas innovadoras de docentes de ciencia en EM (Región de Valparaíso) [Scientific inquiry as a pedagogical approach: Study about innovative practices by secondary teachers (Valparaíso region)]. *Estudios Pedagógicos*, 38(2), 85–102.
- Gracia, Á., & De la Gándara, M. (2007). Gracia, La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 25(3), 435-450.
- Harlen, W. (1999). Purposes and Procedures for Assessing Science Process Skills. *Assessment in Education: Principles, Policy y Practice*, 6(1), 129-144. doi:10.1080/09695949993044
- 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. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- 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>.

- Imbernón, F. (2010). La formación inicial y permanente del profesorado de secundaria. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17(65), 65-72.
- İnce, I., Güven, E., & Aydogdu, M. (2010). Fen bilgisi laboratuvar uygulamaları dersinde kavram haritası ve V diyagramının akademik başarı ve kalıcılığa etkisi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 378 - 394.
- IPEBA. (2013). *Competencias científicas ¿cómo abordar los estándares de aprendizaje de ciencias?* Lima: SINEACE.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(1), 45-59.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). La publicación como proceso de diálogo y aprendizaje: el papel de artículos y revistas en la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 311-320.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Pereiro-Muñoz, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1171-1190.
- Karamustafaoğlu, S. (2011). Improving the science process skills ability of prospective science teachers using I diagrams. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 3(1), 26-38.
- 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
- Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science education*, 86(3), 314-342.

- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), 313-350.
- Latorre, A., Rincón, D., & Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: GR92.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2004). Revising instruction to teach nature of science. *The Science Teacher*, 71(9), 36.
- Lowe, R. (1996). Background knowledge and the construction of a situational representation from a diagram. *European Journal of Psychology of Education*, 11, 377-398.
- Lunetta, V. N., & Tamir, P. (1979). Matching Lab Activities with Teaching Goals. *Science Teacher*, 46(5), 22-24.
- Mariscal, A. J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(2), 231-252.
- Martínez Losada, C., & García Barros, S. (2003). Las actividades de primaria y ESO incluidas en libros escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 243-264.
- 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. (2013). *The Language of Science Education: An Expanded Glossary of Key Terms and Concepts in Science Teaching and Learning*. Sense Publishers.
- 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.

- Ministerio de Educación del Perú . (2010). *Orientaciones para el Trabajo Pedagógico del Área de Ciencia, Tecnología y Ambiente*. Lima, Obtenido de <http://www2.minedu.gob.pe/minedu/03-bibliografia-para-ebr/9-otpept2010.pdf>.
- Ministerio de Educación del Perú. (2011). *Marco de Buen Desempeño Docente*. Lima.
- 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>.
- Ministerio de Educación del Perú. (2015). *Rutas del Aprendizaje: Área Curricular Ciencia, Tecnología y Ambiente*. Lima: Ministerio de Educación.
- Ministerio de Educación del Perú. (2016). *Currículo Nacional*. Lima. Obtenido de: <http://www.minedu.gob.pe/curriculo/pdf/curriculo-nacional-2016-2.pdf>.
- Minstrell, J., & Van Zee, E. (2000). *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in*. Whashington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- 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.
- 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, y S. Loucks-Horsley, Edits.) Washington, DC: National Academies Press. doi:10.17226/9596
- Nieto, S. (2010). *Principios, Métodos y Técnicas esenciales para la Investigación educativa*. Madrid: Dykinson.
- OECD. (2015). PISA 2015. Resultados clave. París: OECD.

- 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.
- Özgelen, S. (2012). Students' Science Process Skills within a Cognitive Domain Framework. *Eurasia Journal of Mathematics, Science y 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), 1528. Obtenido de <http://www.tused.org/internet/tused/archive/v7>.
- 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>.
- Pérez, B. C., & Mauriz, B. P. (2014). Trabajar la naturaleza de la ciencia en la formación inicial del profesorado planificando una investigación. *Educació química*, 55-61.
- Porlán, R. (1999). Formulación de contenidos escolares. *Cuadernos de Pedagogía*, (276), 65-70.
- Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis Educación.
- Quineche, D. (2010). *La enseñanza de las ciencias naturales: reflexiones y estrategias pedagógicas*. Lima: Derrama Magisterial.
- Rambuda, A. M., & Fraser, W. J. (2004). Perceptions of teachers of the application of science process skills in teaching Geography in secondary schools in the Free State Province. *South African Journal of Education*, 10-17.

- 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.
- Roca, M., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2013). Las preguntas de los alumnos: una propuesta de análisis. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 0095-114.
- Rocard, M., Csermely, P., Walberg-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 .
- Saat, R. (2004). The acquisition of integrated science process skills in a web-based learning environment. *Research in Science y Technological Education*, 22(1), 23-40.
- Sadeh, I., & Zion, M. (2012). Which type of inquiry project do high school biology students prefer: Open or guided? *Research in Science Education*, 42(5), 831-848.
- 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/jITCuw>.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science education*, 88(4), 610-645.

- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and instruction, 13*(2), 227-237.
- Shore, B. M., Ritchie, K. C., LaBanca, F., & Aulls, M. W. (2009). Inquiry literacy: A proposal for a neologism. *Learning Landscapes, 3*(1), 139-155.
- Silverman, D., & Marvasti, A. (2008). *Doing qualitative research: A comprehensive guide*. Sage.
- Smithenry, D. W. (2010). Integrating guided inquiry into a traditional chemistry curricular framework. *International journal of science education, 32*(13), 1689-1714.
- Spronken-Smith, R., Walker, R., Batchelor, J., O'Steen, B., & Angelo, T. (2012). Evaluating student perceptions of learning processes and intended learning outcomes under inquiry approaches. *Assessment y Evaluation in Higher Education, 37*(1), 57-72.
- 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> .
- Taconis, R., Ferguson-Hessler, M. G., & Broekkamp, H. (2001). Teaching science problem solving: An overview of experimental work. *Journal of research in science teaching, 38*(4), 442-468.
- Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa.
- The Next Generation Science Standards (NGSS). (2013). *The Next Generation Science Standards*. Obtenido de <https://goo.gl/aldMW1> .
- Tümay, H. (2001). *Üniversite Kimya Laboratuarlarında Öğrencilerin Kavramsal Değişimi, Başarısı, Tutumu ve Algılamaları Üzerine Yapılandırıcı Öğretim Yönteminin Etkileri*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara, Gazi Üniversitesi.

- Vidal López, M., & Membiela Iglesia, P. (2017). Comparando la valoración del trabajo en grupo entre actividades prácticas de laboratorio y proyectos de indagación científica. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 2255-2260.
- Vilches Peña, A., & Gil Pérez, D. (2011). El trabajo cooperativo en las clases de ciencias: una estrategia imprescindible pero aún infrautilizada. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 73-79.
- Westerlund, J. F., García, D. M., Koke, J. R., Taylor, T. A., & Mason, D. S. (2002). Summer scientific research for teachers: The experience and its effect. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 63-83.
- Worth, K., Duque, M., & Saltiel, E. (2009). *Designing and implementing inquiry-based science units for primary education*. Montrouge: La main à la pâte foundation.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental review*, 20(1), 99-149.
- 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 A1

Cuestionario

- Pregunta investigable

- Procedimiento

- Variables

- Contenido teórico

- Análisis de resultados

Fuente: Elaborado a partir de: *La aventura de enseñar Ciencia Naturales* por Furman y de Podestá (2009, pp. 258-259).

Anexo B1

Caso planteado en la actividad experimental de indagación propuesto en el nivel de indagación guiada.

Ud. quiere plantear una actividad basándose en el modelo didáctico de enseñanza de las ciencias por indagación. A su vez quisiera motivar a sus alumnos a cuidar la higiene de sus dientes y que tengan criterio para seleccionar la mejor pasta de dientes.

En base a la siguiente lectura:

“El pH en tu boca.

Después de cepillar tus dientes, el pH de la saliva en la boca debe encontrarse con un valor alrededor de 7. Es decir, un pH neutro, que no produce ningún daño a tus dientes.

Si el pH se encuentra debajo de 5.5, el esmalte comienza a perderse haciendo daño. Si comes algún carbohidrato, como pan o algo que contenga azúcar, este tendrá las condiciones para hacer más daño a los dientes.

Cuando un pequeño pedazo de alimento se descompone en la boca, genera gérmenes que la hacen más ácida, deteriorándolo más.

Para reducir los efectos dañinos a los dientes, las encías y mantener una boca sana; es muy importante el cepillado después de cada comida. Recuerda también utilizar el hilo dental y algún enjuague bucal,”¹

“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.”²

¿Cómo plantearía su actividad?

Anexo C1

Rúbrica utilizada para evaluar las habilidades científicas y el contenido.

Habilidades científicas y contenido	Criterios	Definición	Valoración
Pregunta investigable	Redacción	La redacción de la pregunta investigable es correcta.	1
		La redacción de la pregunta investigable es incorrecta.	0
	Identifica la pregunta	Identifica problemas de investigación adecuados y concreta las interrogantes.	1
		No identifica problemas o no plantea problemas o plantea problemas inabordables.	0
Diseño Experimental	Esquema	Presenta los datos haciendo uso de dibujos, tablas o diagramas.	1
		Los datos carecen de dibujos, tablas o diagramas.	0
	Procedimiento	Propone y desarrolla correctamente el procedimiento a seguir.	1
		No hay o no propone diseño experimental o metodológico o lo hay, pero no lo desarrolla correctamente.	0
	Responde a la pregunta investigable	El diseño permite comprobar la pregunta investigable.	1
		El diseño no permite comprobar la pregunta investigable.	0
	Variable dependiente	Identifica y define la variable dependiente.	1
		No identifica la variable dependiente.	0
	Variable independiente	Identifica y define la variable independiente.	1
		No identifica la variable independiente.	0
	Variable control	Define la variable de control.	1
		No define la variable de control.	0
Análisis de conclusiones	Acorde con el diseño	Análisis de datos bien fundamentados y conclusiones basadas en pruebas.	1
		Análisis deficiente y conclusiones no fundamentadas en datos.	0
Contenido conceptual	Acorde con el diseño	El contenido teórico es coherente con el diseño experimental y está bien fundamentado.	1
		Carece de contenido teórico o lo hay, pero es deficiente o no es coherente con el diseño experimental.	0

Nota: Elaborado a partir de *Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades* por Ferrés, Marbà y Sanmartí (2015, p. 28).

Escala de valoración: 0 = habilidad ausente. 1 = habilidad presente.