



Instituto Politécnico Nacional

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y
Tecnología Avanzada Unidad Legaria



**Un estudio con futuros profesores de telesecundaria
sobre el aprendizaje de estadística basado en
proyectos**

Tesis que para obtener el grado de
Doctorado en Ciencias en Matemática Educativa

Presenta

Alberto Santana Ortega

Directora de Tesis

Dra. Ana Luisa Gómez Blancarte

Ciudad de México, noviembre de 2020

RESUMEN

Al revisar los Planes y Programas vigentes (1999 y 2018) para la formación de docentes de telesecundaria se observó que las actividades didácticas que se plantean para la educación estadística son escasas y están desactualizadas, tanto en el Plan de 1999 como en el Plan de 2018. Asimismo, se encontró que existe una gran desarticulación entre los Planes de Estudios que guían la formación de futuros docentes de telesecundaria y los Planes de Estudios de los alumnos de educación secundaria. Estas observaciones motivaron la presente investigación.

A fin de contribuir en la generación de conocimiento en el área de formación de profesores de telesecundaria, particularmente en el campo de la educación estadística, se diseñó una propuesta didáctica basada en el trabajo con proyectos estadísticos para ser implementada dentro del proceso de formación de docentes de telesecundaria. Así, el objetivo de esta investigación es analizar la implementación de *proyectos estadísticos* como una estrategia para el aprendizaje de futuras profesoras de telesecundaria. Específicamente, se analiza si el trabajo con proyectos estadísticos favorece el desarrollo de elementos de tres enfoques de aprendizaje: *cultura, razonamiento y pensamiento estadístico*. Además, se explora la medida en que el trabajo con *proyectos estadísticos* puede ser una estrategia para formación de profesores de telesecundaria.

Los resultados obtenidos dan cuenta de que es posible que el trabajo con proyectos estadísticos permite a las futuras docentes desarrollar elementos de los tres enfoques de aprendizaje y apreciar el uso de la estadística como una herramienta útil para la resolución de problemas reales como los que ellas enfrentan durante su profesión.

ABSTRACT

When reviewing the current Plans and Programs (from 1999 and 2018) for the training of Telesecundaria teachers, it was observed that the didactic activities that are proposed for statistical education are scarce and outdated, both in the 1999 Plan and in the 2018 Plan. Likewise, it was found that there is a great disarticulation between the Study Plans that guide the training of future Telesecundaria teachers and the Study Plans of secondary education students. These observations motivated the present investigation.

In order to contribute to the generation of knowledge in the area of training Telesecundaria teachers, particularly in the field of statistical education, a didactic proposal based on working with statistical projects was designed to be implemented within the teacher training process of this undergraduate program. Thus, the objective of this research is to analyze the implementation of statistical projects as a learning strategy for future teachers. Specifically, it is analyzed whether working with statistical projects underpin the development of elements of three learning approaches: culture, reasoning, and statistical thinking. Besides, the extent to which working with statistical projects can be used as a strategy for training teachers is explored.

The results show that it is possible that working with statistical projects allows future teachers to develop elements of the three learning approaches and raise awareness of the use of statistics as a useful tool for solving real-world problems related to their profession.

AGRADECIMIENTO

Se agradece al Fondo Mixto del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (CONACYT-INEE) por el apoyo económico otorgado a través del Proyecto 289262.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.1. El problema de investigación	4
1.1.1. La formación de docentes en la Especialidad de Telesecundaria en las escuelas normales de México.....	4
1.1.2. La enseñanza de la estadística según el plan de estudios de 1999	5
1.1.3. La enseñanza de la estadística según el plan de estudios de 2018	7
1.1.4. La educación estadística en los programas de estudios de secundaria	9
1.1.5. Observación y práctica docente en la formación de docentes de telesecundaria	13
1.2. Delimitación del problema de investigación	17
1.2.1. Objetivo general de investigación	21
1.2.2. Objetivo específico.....	21
1.2.3. Pregunta de investigación.....	21
1.3. Conclusión del Capítulo 1	21
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA SOBRE PE.....	23
2.1. Contenido estadístico que se aborda en los PE.....	24
2.2. Metodología de implementación de los PE	27
2.3. Papel de los estudiantes en el desarrollo de PE	33
2.4. Papel de los docentes en el desarrollo de PE.....	34
2.5. Uso de la tecnología en el desarrollo de los PE.....	37
2.6. Evaluación de los PE	38
2.7. Limitaciones en el uso de PE en el aula	42
2.8. Objetivos de las investigaciones sobre PE	43
2.9. Los PE en la formación de docentes.....	45
2.10. Conclusión del Capítulo 2	48

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO	51
3.1. El Aprendizaje Basado en Proyectos	51
3.1.1. Centralidad.....	52
3.1.2. Preguntas de conducción	52
3.1.3. Investigación constructiva	53
3.1.4. Autonomía	53
3.1.5. Realismo	53
3.2. Aprendizajes esperados en estadística.....	54
3.2.1. Cultura estadística.....	54
3.2.2. Razonamiento estadístico	60
3.2.3. Pensamiento estadístico.....	64
3.2.4. Distinción entre cultura, razonamiento y pensamiento estadístico.....	72
3.3. Conclusiones del Capítulo 3.....	73
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA.....	75
4.1. Enfoque de la investigación.....	75
4.1.1. Participantes.....	76
4.1.2. Características del curso EM-II	76
4.2. Desarrollo del proyecto estadístico.....	78
4.2.1. Criterios de un ABP.....	79
4.2.2. Fases para el desarrollo del proyecto estadístico.....	81
4.2.3. Uso de la tecnología y producciones de las futuras docentes.....	83
4.2.4. Instrumentos de evaluación del curso EM-II.....	83
4.3. Implementación del PE.....	84
4.3.1. Fase 1. Planteamiento del problema de investigación	84
4.3.2. Fase 2. Planificación del desarrollo del PE	85
4.3.3. Fase 3. Ejecución de actividades del PE.....	85
4.3.4. Fase 4. Análisis de datos recolectados en el PE	86
4.3.5. Fase 5. Presentación de resultados del PE.....	86
4.4. Procesamiento y análisis de datos	86

4.4.1. Diseño del marco de indicadores para cultura, razonamiento y pensamiento estadístico	87
4.4.2. Análisis de los datos	88
4.5. Conclusión del Capítulo 4	89
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	91
5.1. Fase 1: Planteamiento del problema de investigación	91
5.1.1. Episodio 1. Distinguiendo el problema real, el problema estadístico y la pregunta estadística.....	92
5.2. Fase 2: Planificación del desarrollo del PE	96
5.2.1. Episodio 2. Identificando las variables del PE	96
5.2.2. Episodio 3. Identificando el diseño del estudio	99
5.2.3. Episodio 4. Construcción del instrumento	101
5.3. Fase 4: Análisis de los datos.....	104
5.3.1. Episodio 5. Revisando tablas, gráficas y resúmenes estadísticos.....	105
5.3.2. Episodio 6. Revisando los fundamentos de las pruebas de hipótesis	109
5.3.3. Episodio 7. Revisando las pruebas no paramétricas y la magnitud del efecto .	115
5.4. Fase 5. Presentación de resultados del PE.....	120
5.4.1. Episodio 8. Presentación de los PE por parte de las alumnas.....	121
5.4.2. Episodio 9. Reflexión final del trabajo con PE	144
5.5. Conclusión del Capítulo 5	149
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	150
6.1. Respuesta a las preguntas de investigación	150
6.1.1. ¿Qué elementos de aprendizaje de una cultura, razonamiento y pensamiento estadístico se promueven con la implementación de un proyecto estadístico a futuras profesoras de telesecundaria?	150
6.1.1.1. Elementos de una cultura estadística	151
6.1.1.2. Elementos de un razonamiento estadístico.....	156

6.1.1.3. Elementos de un pensamiento estadístico	160
6.2. Consideraciones finales	173
6.2.1. Ventajas de la investigación.....	172
6.2.2. Desafíos de la investigación.....	174
6.2.3. Recomendaciones.....	176
REFERENCIAS	179
ANEXOS	198

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Esquema del desarrollo de un proyecto estadístico.....	28
Figura 2.2. El ciclo investigativo PPDAC	29
Figura 3.1. Modelo de cultura estadística de Gal (2002, 2004).....	55
Figura 3.2. Elementos del razonamiento estadístico	61
Figura 3.3. Modelo del pensamiento estadístico, adaptado de Wild y Pfannkuch (1999)	66
Figura 3.4. Superposición y relación entre cultura, razonamiento y pensamiento estadístico	72
Figura 3.5. Integración de los referentes teóricos para la investigación.....	74
Figura 4.1. Consideraciones para el diseño	78
Figura 5.1. Ejemplo de tabla para identificar y organizar las variables	97
Figura 5.2. Ejemplo para clasificación de variables.....	97
Figura 5.3. Ejemplo de la tabla de variables.....	98
Figura 5.4. Ejemplos de herramientas estadísticas	103
Figura 5.5. Ejemplos de tablas de frecuencias.....	106
Figura 5.6. Ejemplos de gráficas estadísticas	108
Figura 5.7. Ejemplo de un resumen de estadísticos descriptivos	108
Figura 5.8. Gráficas con los tipos de colas para la prueba de hipótesis	110
Figura 5.9. Estadístico de prueba y grados de libertad para la prueba-t pareada	111
Figura 5.10. Estadístico de prueba usado en la prueba-t para muestras independientes	113
Figura 5.11. Distribuciones chi-cuadrada con dos diferentes grados de libertad.....	113
Figura 5.12. Gráfica de la distribución F.....	114
Figura 5.13. Estadístico de prueba para la prueba ANOVA	116
Figura 5.14. Pantalla de salida de SPSS para la prueba Kruskal-Wallis	118
Figura 5.15. Gráfica de la distribución chi-cuadrada	118
Figura 5.16. Fórmula para calcular el valor de la magnitud del efecto	119
Figura 5.17. Pantalla de la aplicación Tamaño del Efecto	120
Figura 5.18. Tabla de frecuencias simples elaborada por una docente en formación	126

Figura 5.19. Gráfica de cajas elaborada por la alumna A8.....	132
Figura 5.20. Gráfica de cajas elaborada por la alumna A16.....	133
Figura 5.21. Gráfica de cajas elaborada por la alumna A10.....	133
Figura 5.22. Gráfica de puntos presentada por la alumna A5	135
Figura 5.23. Gráfica de puntos presentada por la alumna A12	136
Figura 5.24. Aplicación utilizada por las futuras docentes para el tamaño del efecto ...	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Comparación entre los propósitos del Eje Manejo de la Información o Análisis de Datos en los planes de estudio de educación secundaria	10
Tabla 1.2 Las jornadas de práctica en la LESET.....	15
Tabla 2.1 Porcentaje de contenidos estadísticos abordados en los PE	24
Tabla 2.2 Fases del proyecto estadístico de Conti y Carvalho (2014)	31
Tabla 4.1 Actividades didácticas en cada fase del proyecto estadístico.....	82
Tabla 4.2 Sesiones que comprendió el desarrollo del PE.....	84
Tabla 4.3 Contenidos curriculares presentados por las futuras docentes	85
Tabla 4.4 Marco de indicadores y criterios de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico	87
Tabla 5.1 Resumen de los PE diseñados y desarrollados por las futuras docentes	122
Tabla 5.2 Elementos de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico relacionados con el contenido de los episodios.....	150

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aprendizaje basado en proyectos: es un modelo educativo integral para involucrar a los estudiantes en la investigación. Las actividades de aprendizaje se organizan en torno a una pregunta auténtica y significativa. Implica tareas multidisciplinares, multifacéticas y abiertas, generalmente establecidas en un contexto del mundo real, con resultados presentados a través de presentaciones orales o escritas.

Cultura estadística: es un enfoque de aprendizaje que implica comprender y utilizar el lenguaje y las herramientas básicas de la estadística, saber qué significan los términos estadísticos básicos, comprender el uso de símbolos estadísticos simples, así como reconocer y ser capaz de interpretar diferentes representaciones de datos. En general, se refiere a las habilidades básicas que todo ciudadano debería poseer para interpretar la información que se presenta en diferentes medios de comunicación.

Elementos: son los componentes o características fundamentales de cada uno de los tres enfoques de aprendizaje de la estadística: cultura, razonamiento y pensamiento estadístico.

Indicadores: un indicador es una variable específica, observable y medible que se puede utilizar para caracterizar cambios o el progreso de un programa hacia el logro de un resultado específico. Los indicadores son componentes fundamentales de cada elemento presente en los enfoques de aprendizaje de la estadística.

Jornadas de práctica docente: son periodos de trabajo escolar en los que se aplican secuencias de actividades integradas al plan de clase del profesor practicante (futuro profesora). Estos periodos coadyuvan en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las futuras profesoras y permite consolidar las habilidades docentes.

Pensamiento estadístico: es un enfoque de aprendizaje que tiene que ver con la manera en que se opera y piensa cuando se resuelven problema de la vida real usando estadística. Implica saber cómo y por qué utilizar un método, medida, diseño o modelo estadístico en particular; comprender de manera profunda las teorías subyacentes a los procesos y métodos estadísticos; así como comprender las restricciones y limitaciones de la estadística y la estadística inferencial.

Proyecto estadístico: es un método de trabajo cuyo proceso intenta responder a una pregunta de investigación utilizando técnicas estadísticas. Por lo general, los resultados se presentan en un informe escrito y en una exposición oral.

Razonamiento estadístico: es entendido tanto como un proceso de pensamiento cuando se resuelven problemas de estadística, como un enfoque de aprendizaje que implica la forma en que las personas razonan con ideas estadísticas y dan sentido a la información estadística, y puede incluir la conexión de un concepto con otro. El razonamiento estadístico también significa comprender y ser capaz de explicar los procesos estadísticos y ser capaz de interpretar los resultados estadísticos.

Telesecundaria: es un subsistema de educación secundaria cuyo modelo educativo se basa en que un solo profesor sea el encargado de impartir clases por medio de programas televisados y de herramientas tecnológicas, generalmente en zonas rurales o semi-rurales de México.

INTRODUCCIÓN

La formación de profesores de educación básica es una tarea muy importante que se realiza en las escuelas normales de México. Su importancia ha hecho que esta labor sea objeto de investigación a fin de generar conocimiento necesario para crear mecanismos de acción que se reflejen en la mejora de la formación de profesores y en la de aquellos alumnos que estarán bajo su guía. Aunque en general existen algunas investigaciones que abordan la formación de docentes en las escuelas normales (e.g., Villazcán, 2014), en realidad hay pocas investigaciones que documenten el proceso de formación al interior de las escuelas normales rurales (e.g., Santana y Gómez-Blancarte, 2019). Este estudio se considera pionero en estudiar una comunidad de futuras profesoras de telesecundaria en el contexto exclusivo de normales rurales.

Una de las características más importantes que tiene el modelo de telesecundaria es que un solo profesor debe atender todas las asignaturas que conforman el mapa curricular para secundaria. Por lo tanto, es fundamental desarrollar un enfoque holístico durante el proceso de formación de docentes de telesecundaria. En esta investigación se considera que un aprendizaje basado en proyectos estadísticos es un buen método para promover una formación enfocada en las pedagogías del conocimiento integrado. El objetivo de este estudio es analizar la implementación de proyectos estadísticos como una estrategia de aprendizaje en la formación de futuras docentes de telesecundaria. Se busca estudiar el aprendizaje estadístico que se desarrolla mediante dicha estrategia en términos de tres enfoques de aprendizaje estadístico: *cultura estadística*, *razonamiento* y *pensamiento estadísticos*. Estos enfoques promueven tanto el desarrollo de conocimientos y habilidades estadísticas útiles para resolver problemas, juzgar situaciones y tomar decisiones reales, así como una serie de competencias necesarias en la profesión docente.

La investigación reporta la implementación de proyectos estadísticos en los que las futuras docentes abordaron una situación problemática relacionada con el análisis estadístico de los resultados de las propuestas didácticas que ellas diseñan y aplican durante sus jornadas de práctica docente.

El documento, producto de esta investigación, se ha organizado en seis principales capítulos. A fin de plantear la problemática en la que emerge el estudio, el primer capítulo expone una revisión crítica de los Planes y Programas de Estudio de la enseñanza de las matemáticas que están vigentes y que son usados tanto en el proceso de formación de docentes de telesecundaria, así como también de los Planes y Programas de estudio de educación secundaria. Además, se ofrece una descripción general del proceso de observación y práctica docente que se realiza en la Licenciatura en Educación Secundaria con Especialidad en Telesecundaria. En este capítulo se plantean los objetivos y dos preguntas de investigación que guiarán el desarrollo de este estudio.

El capítulo dos aborda una revisión de literatura en la que se consideraron documentos sobre el tema de proyectos estadísticos que fueron publicados entre 1994-2019. El primer año de este periodo, 1994, porque fue el año de publicación de los documentos más antiguos que fueron encontrados; el segundo año, 2019, fue la fecha en que se terminó la revisión. Esta revisión de literatura permitió tener un panorama sobre el estado actual del trabajo con proyectos estadísticos y reconocer las vertientes menos exploradas del tema. Por ejemplo, la revisión permitió identificar que no había publicaciones asociadas con el proceso de formación de docentes de telesecundaria mediante proyectos estadísticos.

El capítulo tres contiene el marco teórico en torno al cual se diseñó y analizó la implementación del trabajo con proyectos estadísticos. Este marco está constituido por cuatro grandes referentes, el primer referente corresponde a los criterios de Thomas (2000) sobre las características que debe tener el auténtico Aprendizaje Basado en Proyectos, el segundo referente son las definiciones teóricas de Gal (2002, 2004) sobre cultura estadística, el tercer elemento de este marco son los referentes de Garfield y Ben-Zvi (2008) sobre razonamiento estadístico y el último referente incluye los elementos del modelo del pensamiento estadístico de Wild y Pfannkuch (1999). Las ideas de Thomas sirvieron para el diseño del Proyecto Estadístico que se reporta en esta investigación; mientras que los otros tres grandes referentes se utilizaron para establecer los aprendizajes estadísticos de las futuras docentes de telesecundaria que participaron en este estudio.

En el capítulo cuatro se informa sobre el enfoque del estudio y el contexto en que este ocurrió. Asimismo, se detallan las fases de implementación del proyecto y se especifican los

contenidos curriculares de estadística que fueron abordados. Aquí también se explica cómo fue diseñado un marco de indicadores para identificar los elementos de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico que fueron promovidos mediante las actividades didácticas del proyecto. A su vez, se describe el proceso de recolección, procesamiento y análisis de los datos utilizados en esta investigación.

El capítulo cinco se presentan los resultados obtenidos en cada fase de implementación del proyecto estadístico. En este capítulo se reporta el análisis de la promoción de los elementos de aprendizaje de cultura, razonamiento y pensamiento estadísticos durante el trabajo con proyectos estadísticos. Para ello, se exponen nueve episodios que contienen evidencias explícitas de las actividades que se desarrollaron durante el proyecto.

En el capítulo seis se encuentran las conclusiones de esta investigación, las cuales se han organizado según la pregunta de investigación que fue planteada en el primer capítulo. Además, se exponen una serie de recomendaciones generales derivadas de la presente investigación. Finalmente, se muestran las referencias consultadas y los anexos que se señalan a lo largo de este documento.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Introducción

En esta investigación es de interés estudiar la problemática relacionada con la formación de profesores de telesecundaria, específicamente, una formación basada en el trabajo con proyectos estadísticos (PE) para favorecer los objetivos de aprendizaje que se persiguen en educación estadística (desarrollo de una *cultura, razonamiento y pensamiento estadístico*) y coadyuvar en una formación integral del futuro profesor de telesecundaria.

El presente capítulo expone de manera directa el problema de investigación, sus objetivos y preguntas. Aunque en el capítulo dos se presenta la revisión de literatura relacionada con PE, es importante aclarar que este primer capítulo se fundamenta en esa revisión.

1.1. El problema de investigación

En esta investigación se estudia el trabajo con PE como una estrategia de formación de profesores de telesecundaria. El interés en utilizar los PE se fundamenta, principalmente, en las ventajas que el trabajo con PE puede favorecer, dada la situación actual que enfrenta la formación de profesores de telesecundaria y las particularidades que esta modalidad educativa conlleva.

1.1.1. La formación de docentes en la Especialidad de Telesecundaria en las escuelas normales de México

Actualmente, en las escuelas normales están vigentes dos planes de estudio, el plan 1999 y el plan 2018. El primero se encuentra en su último año de aplicación, pues verá su fin, luego de 22 años de haber guiado la formación de futuros profesores, en 2021 cuando egrese la última generación. El segundo fue implementado hace apenas un par de años, pero su futuro es incierto, pues actualmente se habla de que pronto habrá otro “nuevo” plan para la educación normal, debido a los cambios políticos que ha experimentado México.

Desde su creación, la Especialidad en Telesecundaria ha tenido una reforma en la cual se observa el cambio de su nombre original (*Licenciatura en Educación Secundaria con Especialidad en Telesecundaria*, LESET) por el de *Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje en Telesecundaria* (LEAT). La LESET constaba de un total de 45 asignaturas, diseñadas para cubrir 4608 horas y 448 créditos; la LEAT cuenta con un total de 53 asignaturas, diseñados para 4788 horas y 293.95 créditos. En ambos planes de estudio se cursan un total de ocho semestres para completar los créditos requeridos. Sin embargo, existen algunas diferencias importantes entre las dos propuestas curriculares que deben ser analizadas a fin de plantear el contexto en el que toma lugar la presente investigación.

El nuevo Plan de Estudios para la formación de docentes de telesecundaria (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2018a) tiene sus bases en el Plan anterior (SEP, 1999). En este último se establece que:

La formación de los profesores que se plantea en esta especialidad ha de asegurar un justo equilibrio entre el dominio de los contenidos de los programas de telesecundaria, el desarrollo de habilidades específicas para su enseñanza y el fortalecimiento de competencias intelectuales y actitudes que favorezcan el aprendizaje a lo largo de la vida (SEP, 1999, p. 10).

Mientras que en el objetivo del plan 2018:

Se hace énfasis y se profundiza en el dominio del ámbito de la Telesecundaria y su didáctica desde diversas perspectivas teórico-metodológicas que son objeto de enseñanza en la educación y de aquellas que explican el proceso educativo (SEP, 2018a, p. 3).

Existen más cursos destinados a la didáctica de las matemáticas en el nuevo plan de estudios que asignaturas orientadas para el mismo fin en el plan anterior, desafortunadamente el diseño curricular que se observa en los dos casos no necesariamente toma en cuenta las tendencias actuales en matemática educativa. En las siguientes secciones se proporcionan más detalles de ambos planes.

1.1.2. La enseñanza de la estadística según el Plan de Estudios de 1999

El mapa curricular del Plan de Estudios de la LESET (SEP, 1999) incluye dos asignaturas enfocadas en didáctica de las matemáticas que se cubren de la siguiente manera: (1) en tercer semestre el curso titulado La Enseñanza de las Matemáticas I (EM-I), y (2) en cuarto semestre el curso de La Enseñanza de las Matemáticas II (EM-II). El programa es claro en cuanto a que no se pretende formarlos como especialistas, sino brindarles la posibilidad de estudiar los contenidos matemáticos y las formas en que estos se abordan en la educación secundaria (propósitos educativos, contenidos disciplinarios, enfoque de enseñanza y estrategias de estudio y de aprendizaje), lo cierto es que las actividades de los programas no profundizaban en elementos básicos del quehacer matemático.

Los cursos EM-I y EM-II solamente proponen dos actividades relacionadas con educación estadística. La primera actividad consiste en reunir diferente información estadística publicada en revistas y periódicos de la localidad e interpretarla en plenaria, luego tratar de detectar errores y formas tendenciosas en el uso de tal información. La segunda actividad es una lectura de Batanero, Godino, Green, Holmes y Vallecitos (1994) titulada *Errores y dificultades en la comprensión de los conceptos estadísticos elementales*, luego de hacer la lectura en plenaria se debían discutir las ideas principales sobre las cuales gira dicho artículo, contestar una serie de preguntas directas y al final establecer las conclusiones a las que se llegó en la discusión. Estas dos actividades son muy cortas, con poco reto académico y además no les permitían a las futuras docentes vivir el proceso estadístico completo (e.g., las fases del ciclo investigativo del modelo del pensamiento estadístico de Wild & Pfannkuch, 1999). Si las propias docentes no tienen oportunidad de aprender estadística de forma integral, es poco probable que ellas diseñen situaciones de aprendizaje con esas características. Por lo tanto, es posible que las actividades que se proponen en los programas de estudio pueden no ser suficientes para que las alumnas de la LESET adquieran los conocimientos y experiencias que se requieren aplicar para que el proceso de enseñanza-aprendizaje de la estadística sea moderno, integral y contextualizado.

Hasta este punto, el Plan de Estudios revela que en las asignaturas de matemáticas no aparece ninguna actividad en la que se busque implementar PE. En este sentido, y de forma complementaria, es importante destacar que hay un par de asignaturas –que se cursan

paralelamente a las de matemáticas– en las que se aborda el trabajo por proyectos, esos cursos están enfocados en la enseñanza del español. Por lo tanto, se podría pensar que las futuras docentes tienen ciertas nociones sobre los proyectos como estrategia didáctica.

En los rasgos del perfil de egreso de la educación básica obligatoria (SEP, 2016), se establece que, para lograr una participación exitosa en los proyectos, se espera que un estudiante muestre iniciativa y favorezca la colaboración. Según el Modelo Educativo para el Fortalecimiento de Telesecundaria (MEFT), se recomienda que el alumno participe en proyectos didácticos que contribuyan a la promoción de mejores aprendizajes. Estos proyectos representan una opción valiosa para complementar la formación del alumnado y fortalecen sus competencias para la vida (SEP, 2011b). Lo anterior aporta más elementos para considerar la implementación de los PE en la formación de profesores.

Otro problema relacionado con la formación de docentes de telesecundaria es que los programas de estudio usados en los cursos EM-I y EM-II fueron diseñados originalmente para realizar actividades con base en libros, planes y programas de estudio de ese tiempo. Sin embargo, todos esos materiales fueron renovados y entonces el proceso de formación docente comenzó a desarticularse con respecto de la educación secundaria. Como la propuesta curricular de la LESET nunca tuvo modificaciones desde su creación, mientras que hubo varias reformas en educación secundaria y hoy deben trabajar con los libros correspondientes al plan y programa de estudios del año 2006, con el plan y programa de estudios 2011 –incluso hubo versiones preliminares de libros versión 2011 que algunas escuelas telesecundarias piloteaban pero que al final no fueron usados– y con el plan y programas de estudio para la educación básica 2017.

1.1.3. La enseñanza de la estadística según el plan de estudios de 2018

El Plan de Estudios más reciente (SEP, 2018a) con el que se están formando las nuevas generaciones de profesoras de telesecundaria cuenta con tres cursos asociados con la didáctica de las matemáticas en telesecundaria, cuyos nombres oficiales son: en segundo semestre, *Resolución de problemas matemáticos* (RPM), en tercer semestre *Matemáticas, Ciencia y Tecnología* (MCT), y en cuarto semestre, *Matemáticas en Telebachillerato* (MT).

De estos cursos, sólo en el curso MT se sugiere el estudio de algunos contenidos de estadística como tablas, gráficas, datos bivariados y distribuciones de probabilidad. El programa sugiere que “el estudiante normalista sea capaz de diseñar formas didácticas para el desarrollo de habilidades y destrezas matemáticas en la resolución de problemas contextualizados utilizando [...] probabilidad y estadística” (SEP, 2020, p. 33). En este sentido se espera que las futuras docentes desarrollen conocimientos como “demostrar un manejo didáctico pedagógico en el desarrollo de habilidades y destrezas para plantear y resolver problemas de probabilidad y estadística” (p. 34), tomando en cuenta tres criterios de evaluación:

- Construye estrategias didácticas con representaciones tabulares y gráficas para resolver problemas del entorno.
- Planea didácticamente cómo evaluar el comportamiento de datos bivariados con modelos matemáticos derivados de la vida cotidiana.
- Propone diversas estrategias didácticas para el aprendizaje de distribuciones de probabilidad que permitan demostrar que son modelos útiles en diferentes situaciones de la vida cotidiana (p. 35).

Sin embargo, no existen orientaciones didácticas ni metodológicas claras sobre la forma en que podrían abordarse estos contenidos, y tampoco se reconocen referencias de autores especializados y prominentes en educación estadística. Además, es importante señalar que en el nuevo plan de estudios para la formación de docentes de telesecundaria parece existir una gran desarticulación con respecto a los propósitos que se buscan en la educación secundaria. Por ejemplo, uno de esos propósitos es desarrollar el pensamiento estadístico, mientras que en la formación de docentes de telesecundaria no existe un propósito similar.

El trabajo con proyectos es uno de los temas centrales que presenta la SEP (2018a, sección “Enfoque centrado en el aprendizaje”, párrafo 5) en el nuevo plan de formación de docentes de telesecundaria, pues claramente se establece que:

[...] Es viable generar una docencia que centre su interés en la promoción y movilización de los aprendizajes de los estudiantes. Desde la perspectiva constructivista y sociocultural asumida, se plantea como núcleo central el desarrollo de situaciones didácticas que recuperan el aprendizaje por proyectos [...].

Incluso en el Plan de Estudios de la SEP (2018a, sección “Enfoque centrado en el aprendizaje”, párrafo 6) se abordan algunas generalidades sobre el aprendizaje con proyectos, mismo que se presenta como:

Una estrategia de enseñanza y aprendizaje en la cual los estudiantes se involucran de forma activa en la elaboración de una tarea-producto (material didáctico, trabajo de indagación, diseño de propuestas y prototipos, manifestaciones artísticas, exposiciones de producciones diversas o experimentos, etcétera) que da respuesta a un problema o necesidad planteada por el contexto social, educativo o académico de interés. La intervención del docente consiste en incentivar la innovación que ponga en práctica y desarrolle competencias en el estudiante. Es importante señalar que la actitud del profesor debe orientarse hacia el apoyo y la colaboración para la consolidación de los productos destacando el proceso; debe mostrar disposición para orientar y acompañar al estudiante durante todas las acciones, sugiriendo recursos materiales, bibliográficos y/o tecnológicos, además de motivar permanentemente el aprendizaje autónomo. Desde la normativa de la SEP, los proyectos representan el medio que vincula los intereses e inquietudes de los estudiantes con los contenidos escolares, además de generar la oportunidad de integración de aprendizajes en situaciones de la vida cotidiana. La metodología del Aprendizaje orientado a Proyectos incluye cuatro etapas: planeación, desarrollo, comunicación y evaluación. En general se pretende que el avance del estudiante se dé desde la recopilación de la información en diversas fuentes, la programación de los tiempos y las acciones a realizar, y la selección de los materiales de trabajo, hasta la comunicación de los resultados obtenidos a través de la acción experimental o investigadora que llevaron a la resolución del problema planteado.

En general, las características de la mayoría de los proyectos que se desarrollan en la educación normal y en la educación secundaria no consideran los criterios de un proyecto, en el marco del aprendizaje basado en proyectos. Los tipos de proyectos sugeridos por la SEP para la educación obligatoria son: científicos, tecnológicos y ciudadanos. Estos permiten específicamente el desarrollo de competencias para describir, explicar y predecir fenómenos que ocurren en el entorno mediante la investigación; también se favorece la construcción de

objetos desde la modelación; además de mejorar las relaciones del estudiante con el entorno a través de la posibilidad de intervenir en situaciones que enfrentan en la comunidad.

1.1.4. La educación estadística en los programas de estudios de secundaria

La situación expuesta en las secciones anteriores muestra una desarticulación entre los conocimientos de matemáticas, y en particular de estadística, que deben desarrollar los futuros docentes para atender de la mejor manera posible las necesidades educativas de sus estudiantes. Para ejemplificar esta desarticulación se presentan los propósitos del estudio de la estadística en la educación secundaria. En la Tabla 1.1 se muestra una comparación entre las tres versiones (SEP, 2006; SEP, 2011; SEP, 2017) de los programas de estudio de nivel secundaria, según el estudio de la estadística en secundaria.

Tabla 1.1

Comparación entre los propósitos del Eje Manejo de la Información o Análisis de Datos en los planes de estudio de educación secundaria.

Programa 2006	Programa 2011	Programa 2017
Eje: Manejo de la información Tema: Representación de la información	Eje: Manejo de la información Tema: Análisis y representación de datos.	Eje: Análisis Datos Tema: Estadística
Propósitos		
Emprendan procesos de búsqueda, organización, análisis e interpretación de datos contenidos en tablas o gráficas de diferentes tipos, para comunicar información que responda a preguntas planteadas por ellos mismos u otros. Elijan la forma de organización y representación (tabular o gráfica) más adecuada para comunicar información matemática.	En cuanto al eje Manejo de la información se resuelven problemas que requieren el análisis, la organización, la representación y la interpretación de datos provenientes de diversas fuentes. Este trabajo se apoya fuertemente en nociones matemáticas tales como porcentaje, probabilidad, función y en general en el significado de los números enteros, fraccionarios y decimales.	Elegir la forma de organización y representación –tabular, algebraica o gráfica– más adecuada para comunicar información matemática. Conocer las medidas de tendencia central y decidir cuándo y cómo aplicarlas en el análisis de datos y la resolución de problemas.

Aprendizajes esperados

Primer Grado	Primer Grado	Primer Grado
Interpreten y construyan gráficas de barras y circulares de frecuencias absolutas y relativas. Resuelvan problemas que impliquen interpretar las medidas de tendencia central.	Lee información presentada en gráficas de barras y circulares. Utiliza estos tipos de gráficas para comunicar información.	Recolecta, registra y lee datos en gráficas circulares. Usa e interpreta las medidas de tendencia central (moda, media aritmética y mediana) y el rango de un conjunto de datos y decide cuál de ellas conviene más en el análisis de los datos en cuestión.
Segundo Grado	Segundo Grado	Segundo Grado
Interpreten y construyan polígonos de frecuencia. Resuelvan problemas que impliquen calcular e interpretar las medidas de tendencia central.	Lee y comunica información mediante histogramas y gráficas poligonales. Resuelve problemas que impliquen calcular, interpretar y explicitar las propiedades de la media y la mediana.	Recolecta, registra y lee datos en histogramas, polígonos de frecuencia y gráficas de línea. Usa e interpreta las medidas de tendencia central (moda, media aritmética y mediana), el rango y la desviación media de un conjunto de datos y decide cuál de ellas conviene más en el análisis de los datos en cuestión.
Tercer Grado	Tercer Grado	Tercer Grado
Describan la información que contiene una gráfica del tipo caja-brazos.	Calcula y explica el significado del rango y la desviación media.	Compara la tendencia central (media, mediana y moda) y dispersión (rango y desviación media) de dos conjuntos de datos.

Como se puede observar, las tres versiones tienen diferencias en los contenidos, los propósitos y los aprendizajes esperados. Sin embargo, las tres son iguales en la forma en que se propone abordar los temas de estadística: de manera atomizada, es decir un tema a la vez y sin aparente relación con los demás contenidos estadísticos.

No obstante, se pueden observar orientaciones metodológicas inmersas en la enseñanza y aprendizaje de la estadística tales como las que aparecen en el programa de estudios (SEP, 2006) en el que se dice:

es conveniente plantear preguntas que logren despertar el interés de los alumnos para realizar un estudio completo de la situación, desde la organización para recopilar los

datos hasta el análisis y la presentación de resultados, de manera que las tablas o gráficas que se utilicen como medios de representación sean motivo de análisis por parte de los alumnos (p. 46).

Mientras que en otra versión (SEP, 2011a) se pide que los alumnos:

emprendan procesos de búsqueda, organización, análisis e interpretación de datos contenidos en tablas o gráficas de diferentes tipos, para comunicar información que responda a preguntas planteadas por ellos mismos u otros. Elijan la forma de organización y representación –tabular o gráfica– más adecuada para comunicar información matemática (p. 14).

Resulta interesante leer un fragmento extraído del programa oficial de matemáticas en secundaria titulado *Aprendizajes Clave* (SEP, 2017, p. 168) en el que se establece lo siguiente:

Análisis de datos

Con los Aprendizajes esperados del eje *Análisis de datos* se tiene el propósito de propiciar que los estudiantes adquieran conocimientos y desarrollen habilidades propias de un pensamiento estadístico y probabilístico. Con esto, se espera que fortalezcan los recursos que tienen para analizar y comprender la información que los rodea.

La progresión de aprendizajes esperados sobre análisis de datos se rige por cuatro ideas fundamentales:

1. La importancia de los datos para entender los fenómenos naturales y sociales.
2. El uso de las distribuciones y sus representaciones –tablas o gráficas– como recursos para comprender los datos.
3. El uso de medidas de tendencia central y de dispersión para reducir la complejidad de los conjuntos de datos y aumentar las posibilidades de operar con ellos.
4. El estudio de la probabilidad como método para tratar con la incertidumbre.

El análisis de datos y su representación en tablas o gráficas forman una de las líneas a trabajar en este eje. Estas representaciones constituyen un poderoso instrumento de

análisis de datos y son fundamentales para la realización de inferencias. Por ello, no deben concebirse solo como una manera de comunicar la información, sino también como un instrumento útil para la toma de decisiones. Desde preescolar, los niños tienen experiencias sobre análisis de datos. Parten de una pregunta sencilla a la que, para dar respuesta, recaban datos. Luego los organizan en tablas o pictogramas para analizarlos; de esta manera, no solo logran contestar la pregunta original, sino también analizar otros aspectos relacionados con la situación. En estadística, el paso de lo específico a lo general es fundamental y se logra mediante el cálculo de medias, índices, medidas de variación, etc. Por lo anterior, otra de las líneas a trabajar en este eje, a partir de la primaria, son las medidas de tendencia central y algunas medidas de dispersión de datos. Es importante que los estudiantes entiendan que el uso de la estadística implica incertidumbre y que es conveniente contar con una forma de medir esa incertidumbre, por ejemplo, el estudio de la probabilidad que ofrece métodos para ello.

Estos párrafos pueden ser interpretados como ideas en las que se sugieren de forma implícita que los estudiantes de secundaria pudieran desarrollar mini proyectos o investigaciones estadísticas sencillas. Pero, aun cuando es visible que en el programa de matemáticas más reciente (SEP, 2017) hay algunos elementos que hacen pensar en proyectos estadísticos, la pregunta es ¿por qué los docentes en formación no implementan proyectos estadísticos en las escuelas telesecundarias en las que practican? Esta pregunta es retroactiva a uno de los planteamientos iniciales de este problema: que el mapa curricular de la LESET y la LEAT, diseñados para formar docentes en la enseñanza de las matemáticas siguen detrás de las reformas hechas al mapa curricular de educación secundaria.

Aunado a lo anterior, en general, los docentes en formación –y en servicio– utilizan los exámenes escritos como los principales instrumentos para determinar el aprendizaje logrado por los alumnos de secundaria. En telesecundaria es natural que ocurra esto por varias razones. Una de ellas es por los libros de texto para el maestro, ya que al final de cada secuencia se propone la aplicación de los exámenes estandarizados que vienen propuestos. Además, aunque en las normas generales para la evaluación, acreditación, promoción y certificación en la educación básica (SEP, 2013) se establece que la información sobre el desempeño de los alumnos se debe obtener de distintas fuentes y no sólo de las pruebas, lo

que en realidad o ocurre –por usos y costumbres fomentadas por la propia SEP– es que los exámenes representan el mayor porcentaje en las calificaciones recibidas por los estudiantes, incluyendo las tareas, actividades y participaciones. En este sentido, cabe mencionar la importancia que tendría el trabajo con PE, pues también es un método reconocido para evaluar el aprendizaje.

1.1.5. Observación y práctica docente en la formación de docentes de telesecundaria

La práctica docente desempeña un papel central en la formación de profesores, ya que ésta consiste en que las futuras docentes asistan a las escuelas, en este caso telesecundarias, para experimentar la práctica de un profesor en servicio. La práctica docente va más allá de que las futuras docentes apliquen lo aprendido en las aulas de los profesores en servicio. De acuerdo con Fierro, Fortoul y Rosas (2000), la práctica docente es:

[...] Una praxis social, objetiva e intencional en la que intervienen los significados, las percepciones y las acciones de los agentes implicados en el proceso –maestros, alumnos, autoridades educativas y padres de familia, así como los aspectos político-institucionales, administrativos y normativos que, según el proyecto educativo de cada país, delimitan la función del maestro (p. 20).

Por ser un agente social que desarrolla su labor cara a cara con los alumnos, el trabajo del futuro docente está expuesto cotidianamente a diversas situaciones de vida, características culturales y problemas sociales, económicos y familiares de las personas con quienes tiene contacto. Todo ello hace de su labor una compleja trama de relaciones de diversa naturaleza, esto significa que la práctica docente implica aspectos que se encuentran fuera del salón de clases.

En la propuesta curricular para la formación de profesores de la LESET se otorga especial importancia a la observación y la práctica docente dentro de las escuelas telesecundarias, procurando el conocimiento sistemático y gradual de las condiciones, problemas y exigencias reales del trabajo docente. Así, la formación de docentes no sólo se lleva a cabo en el ámbito de la escuela normal, también ocurre en el terreno de la escuela telesecundaria. El acercamiento gradual a la práctica docente por parte de los futuros docentes al ambiente escolar y a la complejidad del trabajo educativo en las aulas de telesecundaria les permitirá

adquirir paulatinamente la destreza y la confianza que sólo la práctica puede proporcionar, y ayudará a disminuir la sensación de desconcierto e impotencia que suele afectar a los nuevos profesores cuando se incorporan al servicio (SEP, 1999).

En la LESET, desde el segundo hasta el cuarto grados, se destinan algunas semanas por cada semestre para que las futuras docentes realicen jornadas de observación y práctica. En tercero y cuarto semestres las futuras docentes son asignadas a un único grupo de telesecundaria, que puede ser en cualquiera de los tres grados de telesecundaria, y solo practicarán con dos asignaturas –matemáticas y español– durante toda la jornada. En cuarto y quinto semestres las jornadas de práctica están diseñadas para que las futuras docentes practiquen en los tres grados de telesecundaria; la primera semana en un grado, la segunda semana en otro grado distinto al de la primera semana y la tercera semana en el grado que falte por cubrir. Es importante aclarar que, en los semestres cuarto y quinto, las futuras docentes practican con todas las asignaturas que se cursan en el grado en el que estén practicando. En séptimo y octavo, las profesoras en formación son asignadas a un único grupo en el que practicarán con todas las asignaturas por un total de 42 semanas (ver Tabla 1.2).

Las fechas, las escuelas y grupos de práctica, así como los equipos de trabajo son propuestos por el formador encargado de la asignatura llamada Observación y Práctica Docente II (OPD-II) en coordinación con los demás formadores que atienden a las futuras docentes durante el segundo semestre.

Tabla 1.2

Las jornadas de práctica en la LESET.

Semestre	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto	Séptimo	Octavo
Licenciatura						
<i>LESET</i>	2 semanas	2 semanas	3 semanas	3 semanas	22 semanas	20 semanas

La organización de las jornadas de práctica se realiza una vez al inicio de cada semestre y generalmente los titulares de la asignatura OPD socializan, ante los otros profesores que atienden otras asignaturas con los grupos, el plan de actividades de observación y práctica docente que llevarán a cabo las estudiantes. A partir de esta información, esos otros

profesores dosifican y priorizan los contenidos curriculares de sus asignaturas de manera que resulten más útiles para las futuras docentes durante sus actividades de práctica.

Las jornadas de práctica en tercero y cuarto semestres

Antes de iniciar (ocho días) con la primera jornada de práctica, las docentes en formación acuden durante dos días a hacer una breve observación que les permita conocer algunos aspectos particulares (e.g., número de alumnos, avance programático, el profesor titular, etc.) del grupo de práctica en que son asignadas. Los aspectos que deben ser observados son establecidos en las guías de observación que les proporcionan los formadores encargados de OPD-II, EM-II y La Enseñanza del Español II (EE-II). Al final del segundo día de esta breve observación las futuras docentes solicitan los contenidos de matemáticas y español que van a revisar durante la primera jornada. Una vez que las futuras docentes ya tienen asignados los contenidos curriculares, se destinan tres días para el diseño de propuestas didácticas que serán implementadas en la primera semana de práctica. En esta fase las docentes en formación serán asesoradas por el formador de docentes encargado de facilitar la asignatura de EM-II y por el formador encargado de la asignatura de EE-II. En matemáticas, el diseño de las propuestas didácticas incluye una breve revisión de literatura sobre la didáctica implicada en los contenidos curriculares a impartir, la elaboración de instrumentos de evaluación, recopilación y creación de materiales didácticos, búsqueda de estrategias didácticas, y la estimación de los tiempos destinados a las actividades propuestas.

Durante la jornada de práctica, las futuras docentes acuden a las telesecundarias y comienzan a implementar las propuestas didácticas que fueron diseñadas antes. En el caso de la asignatura de matemáticas, el primer día de práctica se inicia con la exploración de los conocimientos previos de sus estudiantes de manera formal, mediante la aplicación de una prueba escrita que contiene ítems sobre los temas que se estudiarán a lo largo de la jornada. Una vez terminada la aplicación del instrumento, se comienzan a desarrollar las actividades planteadas en la propuesta. En el transcurso de la jornada se les pide que registren algunos eventos importantes en los diarios de clase; en alguno de los días de práctica las futuras docentes son supervisadas por los formadores que las han asesorado previamente. Casi al final del penúltimo día de práctica, las futuras docentes aplican nuevamente la prueba que se aplicó al inicio. El último día, las docentes en formación explican las respuestas y procesos

esperados en el instrumento aplicado, esto a fin de hacer una retroalimentación con los estudiantes. Después de la jornada de práctica, en la asignatura de OPD-II se les pide elaborar un informe general (ver Anexo A) que debería incluir datos cuantitativos y cualitativos, pero que destaca más por esto último, sobre la experiencia obtenida en las prácticas.

La academia de profesores se reúne al final de las jornadas de práctica para socializar aspectos relacionados con las supervisiones que se realizaron, con la finalidad de detectar algunas dificultades y escenarios complicados. Lo anterior permite hacer modificaciones y adecuaciones a la organización de futuras jornadas de práctica docente. Un problema relacionado con las prácticas docentes reside en la falta de articulación que existe en los formadores que atienden las asignaturas implicadas –OPD-II, EM-II y EE-II– directamente en las prácticas que se realizan, pues sucede que no existe un buen cruce de información entre los implicados y eso hace que los productos, evidencias y actividades estén separadas y sean independientes entre sí. Hay que recordar que en telesecundaria los docentes en servicio tienen la responsabilidad de atender todas las asignaturas y no solo una o dos, por lo que una desarticulación temprana en el proceso de formación puede instaurar la idea de que cada asignatura es independiente de otra y que nunca se deberían entrelazar. Por el contrario, se debería buscar que la formación de docentes de telesecundaria tuviera un enfoque de estudio interdisciplinario desde las primeras experiencias de práctica profesional.

1.2. Delimitación del problema de investigación

La propuesta curricular para la educación obligatoria (SEP, 2016), reconoce que:

la Educación Normal atraviesa hoy por un proceso de reforma, por lo que la entrada en vigor del nuevo currículo de la educación básica es un factor más que se suma al conjunto de razones por las cuales la transformación de la Educación Normal es indispensable, con el fin de que esta siga siendo el pilar de la formación inicial de los maestros de Educación Básica en el país (p. 231).

Es claro que los Planes y Programas tienen carencias en lo que a educación estadística se refiere, por lo tanto, es necesario adelantarse a las propuestas oficiales, proponer estrategias que permitan articular las demandas de la educación básica con aquellas que requieren los

profesores en formación. Para ello, se necesitan estrategias de formación que puedan mejorar las condiciones en que se forman las profesoras para la enseñanza de las matemáticas.

En México, históricamente, las escuelas normales han sido un pilar en la formación de docentes. Las políticas educativas internacionales han marcado el rumbo del sistema educativo mexicano y actualmente se han aprobado reformas que abren el proceso de selección de profesores. Ahora los normalistas compiten por las plazas magisteriales contra un gran número de personas que tienen formación universitaria o tecnológica en áreas diversas, por lo que hay más aspirantes y la misma cantidad de puestos de trabajo. Para que los egresados de las normales puedan competir a la par de los demás, es necesario que obtengan y desarrollen habilidades docentes que les puedan dar ventajas competitivas.

Si bien algunos formadores de docentes que trabajan en las escuelas normales hacen todo lo posible por brindar formación de calidad, lo cierto es que muchas veces esos esfuerzos son individuales y en general no son considerados importantes por parte de las autoridades educativas.

La propuesta curricular para educación básica (SEP, 2017) establece que los profesores tienen el gran reto de impulsar a sus alumnos lo más lejos posible en el dominio de los conocimientos, habilidades y actitudes planteados en los planes y programas de estudio vigentes, y a desarrollar su potencial. Se busca que las nuevas generaciones de profesores salgan muy bien preparadas, que puedan dominar los contenidos curriculares y conocer las estrategias, herramientas y materiales necesarios. De igual manera deben conocer a profundidad los fundamentos pedagógicos del nivel que atenderán. El problema con los profesores de telesecundaria es que ellos no reciben una formación disciplinar, exclusiva en un área de conocimiento específica.

Muchos profesores que enseñan estadística en las escuelas tienen cierta formación matemática, pero no están familiarizados con los conceptos estadísticos, métodos y razonamiento propios de esta disciplina (Parsian & Rejali, 2011). Por ello, la preparación de los profesores para enseñar estadística requiere de una visión clara de cuál es el conocimiento de estadística y de educación estadística que los profesores necesitan (Sánchez y Gómez-Blancarte, 2015).

La investigación sobre los procesos de formación docente normalista en el área de educación estadística es un terreno muy inexplorado. Los pocos estudios que existen pueden servir de base para continuar trabajando en este campo de conocimiento. Se puede tomar como referencia un estudio realizado por Villazcán (2014), en el que se analiza el impacto que tiene el enfoque por proyectos en la formación de docentes normalistas de educación preescolar. La autora muestra que el aprendizaje basado en proyectos mejora los resultados de un grupo de normalistas en formación, comparados con los resultados que tuvieron los estudiantes normalistas de otro grupo en el que recibieron clases con el método tradicional de exposición por parte del profesor.

Algunos estudios describen las experiencias de cómo los docentes conducen PE. Por ejemplo, Lee y Mojica (2008) reportan un estudio realizado con 29 profesores de secundaria (de varias partes del mundo) en el que se examina cómo el uso de simulaciones y experimentos de probabilidad pueden apoyar a los estudiantes en el proceso de las investigaciones estadísticas. Los profesores implementaron el método de proyectos en sus prácticas profesionales. Los resultados indican que la formación y capacitación docente deben incluir experiencias con la investigación estadística auténtica que incluye el uso de herramientas de simulación y el modelado de prácticas pedagógicas que son útiles para examinar y discutir los datos recopilados durante una investigación.

Otros estudios muestran la experiencia que adquieren los futuros docentes al desarrollar ellos mismos las investigaciones estadísticas. Batanero, Arteaga, Ruiz y Roa (2010) condujeron un estudio que incluyó a 215 futuros profesores españoles de primaria. En este caso fueron los futuros docentes los que desarrollaron los proyectos. Los datos fueron recogidos como parte de un proyecto estadístico donde los maestros, primero recogieron datos de un experimento clásico dirigido a evaluar sus intuiciones de aleatoriedad, luego analizaron estos datos y produjeron un informe donde tenían que justificar sus conclusiones. Los resultados presentados indican también la necesidad de una mejor preparación estadística de estos profesores e ilustran la utilidad de trabajar con PE para evaluar el conocimiento de los maestros y mejorar sus conocimientos estadísticos y pedagógicos.

Godino, Arteaga, Estepa y Rivas (2013), reportan la experiencia de formación de 127 docentes españoles sobre el tema de estadística y probabilidad desarrollado mediante una

metodología didáctica basada en el uso de proyectos de análisis de datos. Los resultados ponen de manifiesto la necesidad de que los futuros maestros desarrollen hábitos de estudios que les permitan consolidar su dominio de contenidos de probabilidad y estadística. Además, de tomar conciencia de que las actividades emanadas de los proyectos necesitan ser desarrolladas en un tiempo considerable.

La implementación de PE requiere de un cambio de enfoque de la enseñanza de la estadística, ya que, por un lado, los profesores deben dejar de lado la idea de que es el profesor quién necesita enseñar los temas de una manera coherente y organizada para que el estudiante aprenda (Porciúncula & Samá, 2014); por otro lado, desarrollar un amplio dominio de contenidos y de lo que son las investigaciones estadísticas (Burgess, 2011).

Existen estudios que revelan una problemática que se presenta en las escuelas, relacionada con la forma en que los profesores abordan la estadística en sus clases. Guzmán y Centeno (2008) realizaron entrevistas a un grupo de profesores de secundaria, y encontraron que son muy pocos los que muestran un nivel de dominio adecuado en los contenidos estadísticos necesarios para un docente. También se encontró que los profesores no implementan PE. En un reporte presentado por Caseiro, Ponte y Monteiro (2015), se observa que para los casos en los que se implementan los PE en primaria, los profesores encargados tienen un historial de formación que incluye estudios al menos de maestría, e incluso participan en círculos de investigación de la matemática educativa. Esto sugiere una posible relación con el nivel de formación que tienen los profesores.

El problema de investigación que se plantea es la implementación de PE como parte de las actividades de formación docente en las escuelas normales rurales. Este problema supone que los futuros profesores podrían no sólo abordar las demandas educativas implicadas tanto en sus programas de estudio como en los de sus futuros estudiantes, sino, además, enriquecer los contenidos curriculares y su enfoque de enseñanza. En efecto, el trabajo con PE representa una oportunidad que puede enriquecer el currículo porque en cada fase de desarrollo del proyecto se promueve el uso de diferentes conceptos y procesos estadísticos y matemáticos, así como otras habilidades (e.g., el uso de *software* especializado en estadística, redacción de textos, apertura al trabajo colaborativo, evaluación del aprendizaje) que superan a las prescritas en los programas curriculares (Gómez-Blancarte y Santana, 2018). Así, esta

investigación puede representar un aporte tanto a la línea de educación estadística como la formación de profesores de telesecundaria. Se reconoce que la formación de profesores de telesecundaria no es exclusiva de temas de estadística, ni siquiera de matemáticas, pero los proyectos plantean investigaciones de problemáticas reales a las que se enfrentan las futuras docentes durante sus prácticas profesionales.

La investigación plantea el problema de explorar la implementación de PE como una estrategia de aprendizaje en la educación de futuras profesoras de telesecundaria. Se propone estudiar el aprendizaje estadístico que se desarrolla mediante dicha estrategia en términos de tres perspectivas o enfoques de aprendizaje de estadística, sugeridos a nivel internacional por la comunidad de investigadores en educación estadística: *cultura, razonamiento y pensamiento estadístico* (ver capítulo 2). Los tres enfoques demandan tanto el desarrollo de conocimientos y habilidades estadísticas útiles para resolver problemas, juzgar situaciones o tomar decisiones reales, como aptitudes necesarias en cualquier campo de formación.

1.2.1. Objetivo general de investigación

Analizar la implementación de proyectos estadísticos como una estrategia para el aprendizaje de estadística de futuras profesoras de telesecundaria.

1.2.2. Objetivo específico

Identificar elementos de aprendizaje de una *cultura, razonamiento y pensamiento estadístico* por parte de las futuras profesoras durante el desarrollo de un proyecto estadístico.

1.2.3. Pregunta de investigación

¿Qué elementos de aprendizaje de una *cultura, razonamiento y pensamiento estadístico* se promueven con la implementación de un proyecto estadístico a futuras profesoras de telesecundaria?

1.3. Conclusión del Capítulo 1

La investigación ha demostrado el potencial que los PE pueden otorgar al proceso de enseñanza y aprendizaje tanto de contenidos estadísticos como de otras habilidades (e.g., el uso de *software* especializado en estadística, redacción de textos, apertura al trabajo

colaborativo) que representan elementos valiosos para la formación tanto de los profesores como de sus futuros estudiantes.

Aunque a nivel internacional existen diversos estudios que se han enfocado específicamente en analizar el proceso de formación de docentes mediante el trabajo con PE, lo cierto es que hay muy poca investigación publicada sobre este tema que involucre a las escuelas normales de nuestro país (e.g., Villazcán, 2014). Se ha encontrado que el diseño curricular propuesto por la SEP para la formación de docentes de telesecundaria no considera de manera explícita los PE como una estrategia para esa formación. La situación anterior indica que existe una zona de oportunidad para emprender investigaciones que se enfoquen en el proceso de implementar una metodología que puede resultar muy adecuada para la formación de docentes de telesecundaria, pues los PE brindan la oportunidad de promover escenarios de aprendizaje interdisciplinarios.

Así, esta investigación representa un aporte a la línea de educación estadística porque se aborda la implementación de PE como una manera de apoyar el aprendizaje de contenidos estadísticos para la formación de las futuras docentes. Esta formación no es exclusiva de temas de estadística, pues los proyectos abordan problemáticas reales a las que se enfrentan las futuras docentes durante sus prácticas profesionales.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA SOBRE PE

Introducción

El presente capítulo expone una revisión de literatura sobre proyectos estadísticos, tema sobre el cual se realiza la investigación. La revisión se ha organizado en torno a nueve aspectos que permiten mostrar una visión más amplia de lo que se ha investigado sobre PE:

1. Contenido estadístico que se aborda en los proyectos estadísticos
2. Metodología de implementación de los proyectos estadísticos
3. Papel de los estudiantes en el desarrollo de proyectos estadísticos
4. Papel de los docentes en el trabajo con proyectos estadísticos
5. Uso de la tecnología en el desarrollo de los proyectos estadísticos
6. Evaluación de los proyectos estadísticos
7. Limitaciones en el uso de proyectos estadísticos en el aula
8. Objetivos de las investigaciones sobre proyectos estadísticos
9. Los proyectos estadísticos en la formación de profesores

De acuerdo con Batanero y Díaz (2011), los PE “se conciben como verdaderas investigaciones” (p. 22), e implican un

proceso de responder a una pregunta de investigación mediante técnicas estadísticas y presentar el trabajo en un informe escrito. La pregunta o el tema de investigación pueden surgir de cualquier campo de actividad científica, como el atletismo, la publicidad, la aerodinámica o la nutrición (Asociación Americana de Estadística [ASA], 2016, p. 1)

En educación estadística, los PE son reconocidos como una herramienta importante para evaluar aspectos del aprendizaje de los estudiantes y ayudarlos a experimentar diferentes etapas en el planteamiento y solución de un problema estadístico (delMas, Garfield, Ooms & Chance, 2007; Franklin et al., 2007; Garfield & Ben-Zvi, 2008; ASA, 2016); como una estrategia de enseñanza para el aprendizaje de estadística (Batanero y Díaz, 2005; Ojeda,

2011); como un medio ideal para proporcionar experiencias de aprendizaje y reflexionar sobre la investigación estadística (MacGillivray & Pereira-Mendoza, 2011; Makar & Fielding-Wells, 2011) y como un método para fomentar el desarrollo de una cultura estadística (Conti y Carvalho, 2014), razonamiento estadístico (Sovak, 2010) y pensamiento estadístico (Binnie, 2002).

Garfield y Ben-Zvi (2008) sugieren que los PE y las investigaciones estadísticas pueden usarse indistintamente, pues ambos evalúan muchos aspectos del aprendizaje de los estudiantes y les ayudan a experimentar diferentes etapas del planteamiento y solución de un problema estadístico. No obstante, es importante señalar que una investigación estadística, desde el punto de vista de Wild y Pfannkuch (1999), es un proceso amplio que implica abstraer y resolver un problema estadístico que se encuentra fundamentado en otro problema más grande: el problema del mundo real. Es reconocido que un PE es un medio para resolver o realizar investigaciones.

2.1. Contenido estadístico que se aborda en los PE

De acuerdo con la revisión de literatura, se observa que los temas de estadística que se podrían estudiar mediante los proyectos estadísticos van desde los más básicos como tablas y gráficas estadísticas, hasta temas relacionados con diseño y análisis de experimentos estadísticos (ver Tabla 2.1). Lo anterior muestra una idea de la flexibilidad que presentan los proyectos estadísticos, no sólo por los temas de estadística que pueden ser estudiados, sino además porque pueden implementarse con estudiantes desde el nivel primaria hasta el nivel de licenciatura, incluso en posgrado.

Tabla 2.1

Porcentaje de contenidos estadísticos abordados en los PE

<i>Contenidos estadísticos</i>	<i>Porcentaje</i>
Gráficas estadísticas	18%
Tablas estadísticas	14%
Regresión lineal	12%
Pruebas de hipótesis	12%
Medidas de centro	10%
Software estadístico	8%

Probabilidad	6%
Correlación	5%
Medidas de dispersión	5%
Muestreo	4%
Simulación	2%
Distribución de probabilidad	2%
Intervalos de confianza	2%
Regresión múltiple	1%

En el nivel primaria, los temas más recurrentes en los PE son las tablas de frecuencias simples, las gráficas estadísticas básicas (e.g., circular, barras, líneas) y medidas de tendencia central (promedio, mediana y moda). El trabajo presentado por Walsh (2011) muestra que los proyectos pueden utilizarse desde sexto grado de primaria (alumnos de 11 o 12 años), con temas como las tablas de frecuencia, gráficas circulares, gráficas de barra y algunos fundamentos de probabilidad empírica.

En secundaria los proyectos abordan las tablas de frecuencias agrupadas, algunas gráficas estadísticas que no fueron abordados en primaria (e.g., histograma y cajas) y se comienza con algunas medidas de dispersión (e.g., rango, y desviación media). En secundaria también se abordan algunos fundamentos de probabilidad clásica. En este nivel, Conti y Carvalho (2014) reportan un proyecto que incluye el estudio de cuadros o tablas estadísticas. Koparan y Güven (2014) describen un proyecto que aborda el tema de gráficas estadísticas. El estudio de las medidas de tendencia central y de dispersión aparece en los estudios de Batanero y Díaz (2005), Leavy (2006), Biajone (2006), Conti y Carvalho (2014), y Santos y Ponte (2014).

En el nivel medio superior (con alumnos de entre 15 a 19 años) los proyectos pueden abordar ya algunos temas de mayor complejidad. En un trabajo realizado por Córdoba (2012) se describe un proyecto que busca el estudio de experimentos estadísticos y el uso de herramientas como el análisis de varianza. En el estudio de Batanero y Díaz (2005) se presenta un proyecto demográfico que puede aplicarse en bachillerato, en el que los contenidos a estudiar van desde las tablas de frecuencias agrupadas, hasta el uso de los modelos estadísticos para hacer predicciones. En el nivel medio superior hay proyectos que pueden ser un repaso de todos los temas vistos desde primaria hasta secundaria, pero también

hay PE en los que se aborda la correlación, la regresión lineal e incluso prueba de hipótesis (e.g., Bailey, Spence & Sinn, 2013).

Para el caso del nivel licenciatura, los temas predominantes en los proyectos son las pruebas de hipótesis (e.g., pruebas-t, ANOVA, Chi-cuadrada), la regresión lineal, así como tablas de frecuencias y gráficas estadísticas, además se abordan hasta temas de simulación estadística, distribución de probabilidad, muestreo, intervalos de confianza y regresión múltiple. Algunos proyectos implementados en este nivel pueden contener temas relativamente sencillos, como las gráficas estadísticas, pero las actividades de campo pueden ser muy demandantes. Un ejemplo de esto se encuentra explicado en el proyecto descrito por Ramirez-Faghieh (2012) en el que los temas eran las tablas de frecuencias y el uso de Excel para la representación gráfica. Sin embargo, para que los estudiantes pudieran elaborar sus gráficas debieron primero elegir un tema de estudio, luego diseñar cuestionarios, generar su marco muestral y levantar encuestas en una ciudad para poder obtener datos reales. Otros proyectos en los que el trabajo de campo es demandante, son reportados en los estudios realizados por Figueroa, Baccelli y Prieto (2014) y por Terán y Nascimbene (2015), los contenidos estadísticos que se abordaron son las medidas de tendencia central, medidas de dispersión, encuestas por muestreo, fundamentos de probabilidad y una introducción a la inferencia estadística.

Hay proyectos que no exigen a los estudiantes salir del salón de clases, pero que han sido diseñados planteando situaciones que requieren materiales muy sencillos y que pueden darles a los alumnos una gran experiencia de aprendizaje. Para ilustrar este caso se puede considerar el estudio de Calle (2013) en el que se propone un proyecto llamado juego de la perinola mediante el cual se pretende que los alumnos estudien los temas de distribuciones de probabilidad, intervalos de confianza, pruebas de bondad de ajuste, pruebas de hipótesis y que usen *software* estadístico.

El tema de muestreo es también otro de los contenidos que puede ser abordado en los PE. En los estudios presentados por Bulmer (2010) y por Porciúncula y Samá (2014) se aprecian investigaciones estadísticas que requieren que los alumnos desarrollen el marco muestral, incluyendo el cálculo del tamaño de la muestra y los factores de expansión de encuestas por muestreo.

La correlación es un contenido que se aplica dentro un proyecto analizado por Halvorsen (2010). La aplicación del tema de regresión lineal aparece en los proyectos descritos por Fillebrown (1994), Sovak (2010) y por Bailey et al. (2013). El tema de las pruebas de hipótesis es estudiado en los proyectos que se reportan en los estudios realizados por Forster y MacGillivray (2010). Algunos proyectos como los de Forster y MacGillivray (2010), Sovak (2010) y Hernández, Fernández y Batpista (2014), requieren del estudio y aplicación del tema de análisis de varianza.

Los proyectos estadísticos también pueden aplicarse con estudiantes de maestría. Como muestra se encuentra el estudio que presenta Jolliffe (2002), mismo que se orienta a la aplicación de *software* de computadora para realizar simulación estadística y analizar el método de Monte Carlo.

Los futuros docentes y los docentes en servicio abordan en sus proyectos temas que ellos deben enseñar con sus estudiantes –de primaria y secundaria principalmente, entre los que destacan las tablas de frecuencias simples y agrupadas, las gráficas estadísticas básicas y otras complementarias como las de dispersión y las de puntos.

2.2. Metodología de implementación de los PE

En los reportes analizados en esta revisión se pueden apreciar metodologías de implementación de los proyectos que pueden variar de proyecto en proyecto. Se aprecia que, aunque existen diferencias metodológicas en la forma de implementar las actividades, las etapas de un proyecto estadístico son similares a las del trabajo por investigación estadística (Caseiro et al., 2015).

Actualmente, en educación estadística resaltan tres modelos que pueden ser entendidos como referentes metodológicos para la implementación de investigaciones o proyectos estadísticos. El primer modelo que se destaca es el propuesto por Franklin et al. (2007) como parte de las Directrices para la Evaluación y la Instrucción en Educación Estadística (GAISE, por sus siglas en inglés). En este modelo el proceso de investigación se presenta en cuatro etapas, a saber:

- 1) Formulación de pregunta
- 2) Recolección de datos

- 3) Análisis de datos
- 4) Interpretación de resultados

En GAISE no hay inclinación manifiesta por una concepción particular del proceso de investigación, ni necesariamente se recomienda un número específico de etapas o pasos en este proceso. Se recomienda que los instructores deben enfatizar en la naturaleza investigativa de la estadística a lo largo de un curso.

El segundo modelo es el propuesto por Batanero y Díaz (2005), y se basa en el siguiente esquema que aparece en la Figura 2.2:

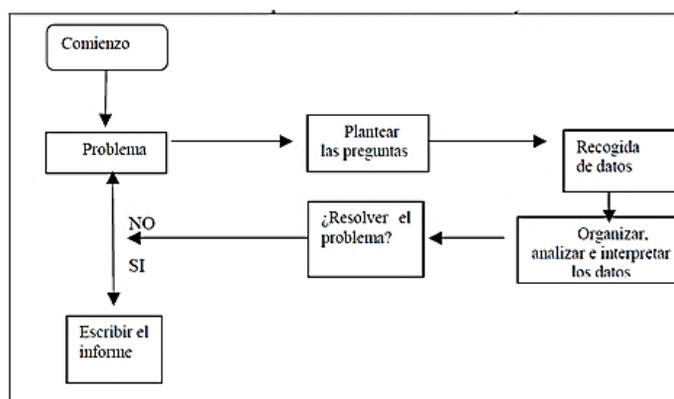


Figura 2.1. Esquema del desarrollo de un proyecto estadístico.

El modelo anterior ha sido utilizado, con las adecuaciones necesarias, en los estudios realizados por Terán y Anido (2010), Córdoba (2012), Vega (2012), Godino et al. (2013) y por Calle (2013). Una de las adaptaciones que se hacen a esta metodología de implementación de los proyectos es que al final cabe la posibilidad de que los estudiantes puedan hacer la presentación de los proyectos terminados.

El tercer modelo es el del ciclo investigativo de Wild y Pfannkuch (1999), que consiste en cinco etapas: Problema, Plan, Datos, Análisis y Conclusiones (PPDAC). En la Figura 2.3 se puede observar una representación de este ciclo.



Figura 2.2. El ciclo investigativo PPDAC.

Este modelo ha sido tomado de referencia para implementar los proyectos ilustrados en los reportes hechos por Makar (2008), Lee y Mojica (2008), Foster y MacGillivray (2010), Santos y Ponte (2014) y Bakogianni (2015). Cabe mencionar que el ciclo investigativo PPDAC es una de las cuatro dimensiones de un modelo mucho más complejo: el modelo de pensamiento estadístico (Wild y Pfannkuch, 1999), el cual se retoma en esta investigación y se expone a mayor detalle en el capítulo 2.

Otros ejemplos utilizados para implementar proyectos, que toman propuestas de distintos autores, se mencionan enseguida:

En los reportes hechos por Makar (2004), Terán y Anido (2010) y por Terán y Nascimbene (2015), la implementación de PE se hace de acuerdo con una secuencia de preguntas, propuesta por el Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas (NCTM, 2000) en los *principios y estándares para la matemática escolar*, a saber:

- 1) ¿Cuál es mi problema?, ¿qué quiero probar?
- 2) ¿Necesito datos?, ¿cuáles?, ¿qué tengo que medir u observar o preguntar?
- 3) ¿Cómo encontrar los datos?, ¿qué hacer con ellos?, ¿cómo puedo obtenerlos?
- 4) ¿Cómo recoger los datos?, ¿observación, encuestas, experimentaciones?
- 5) ¿Qué hacer con los datos?

6) ¿Qué significan estos resultados en la práctica?, ¿cuál es su trascendencia en relación con el problema planteado?

Esta secuencia encaja con las fases de una investigación estadística: planteamiento de un problema, decisión sobre los datos a recoger, recogida y análisis de datos y obtención de conclusiones sobre el problema planteado.

Los proyectos descritos por Porciúncula y Samá (2014), toman como referencia la metodología de implementación propuesta por Fagundes, Sato y Laurino-Maçada (1999). Comenzando con la planificación de la investigación, describiendo el fenómeno a investigar, escogiendo el tipo de muestreo y seleccionando el método estadístico de análisis. Al concluir el proyecto, cada grupo de estudiantes presenta un informe escrito sobre su proyecto, que consiste en: introducción al tema elegido, objetivos, caracterización de la población y muestra, análisis estadístico realizado con los datos recogidos, discusión de los resultados, conclusiones y referencias. Al final del curso de estadística, cada grupo hizo una presentación oral y visual de su proyecto de aprendizaje a toda la clase. En todo el proceso hubo interacción alumno-docente.

Koparan y Güven (2014), implementan los proyectos mediante una adaptación de la propuesta de Smith (1998). Los temas para los proyectos son elegidos por los alumnos. Los estudiantes seleccionan sus propias variables y elaboran sus propias preguntas de investigación. El proyecto inicia con la recopilación de datos, la realización de análisis y la comunicación de resultados. Generalmente se pide que los proyectos se hagan en equipos de tres integrantes.

Hay estudios en los que no se reporta la metodología de implementación, pero es posible distinguir similitudes con las metodologías antes mencionadas. En los proyectos descritos por Fillebrown (1994), Lajoie (1997), Jolliffe (2002), Sovak (2010), Bulmer (2010), Bailey et al. (2013), Figueroa et al. (2014) y por Dierker, Alexander, Cooper, Selya, Rose y Dasgupta (2016), se puede observar una gran coincidencia en la metodología de implementación de los proyectos de investigación estadística (con sus posibles modificaciones, adaptaciones o adecuaciones). En general primero se tenía que elegir un tema de interés por parte de los estudiantes, luego se tenía que diseñar una pregunta de investigación, después había que recopilar datos para responder a la pregunta, posteriormente se debían representar gráficamente las variables y los datos, más adelante se tenían que

analizar los datos mediante métodos estadísticos y, en algunos casos, usar la tecnología para agilizar el procesamiento de información. Luego había que interpretar los datos, escribir un reporte final del proyecto y finalmente los alumnos debían comunicar su comprensión del tema a través de presentaciones en clase.

Dentro de la revisión de literatura se encontraron dos metodologías muy particulares para la implementación de los proyectos de investigación estadística. El primer caso está documentado en el trabajo de Walsh (2011), en el que se plantea una estructura muy específica para desarrollar la investigación, misma que se puede ver a continuación:

Fase 1. Elegir una pregunta de investigación

- 1.1 Introducción a las encuestas
- 1.2 Consideración de los datos de la encuesta
- 1.3 Planificación y establecimiento de metas
- 1.4 Encontrar información
- 1.5 Resumen de información

Fase 2. Desarrollando y aplicando la encuesta

- 2.1 Escribir preguntas de la encuesta
- 2.2 Elección de una muestra
- 2.3 Escribir una Hipótesis
- 2.4 Finalización y entrega de la encuesta

Fase 3. Análisis de los datos de la encuesta

- 3.1 Representación de las respuestas de la encuesta
- 3.2 Introducción de datos en TinkerPlots
- 3.3 Exploración de los atributos categóricos
- 3.4 Exploración de los atributos cuantitativos
- 3.5 Comparación de atributos

Fase 4. Compartiendo Resultados

- 4.1 Escribir conclusiones e interpretaciones
- 4.2 Resumen de su investigación
- 4.3 Realización de un informe de carteles o de TinkerPlots

4.4 Escribir un informe

El segundo caso con una metodología muy específica para implementar las actividades de un proyecto estadístico es la que se reporta en el trabajo de Conti y Carvalho (2014). Las fases se muestran en la Tabla 1.1.

Tabla 2.1

Fases del proyecto estadístico de Conti y Carvalho (2014).

Fases	Actividades
Fase 1	1. Definición del tema para el proyecto 2. Definición de un aspecto del tema a ser investigado por cada grupo
Fase 2	3. Profundización de la información sobre cada uno de los enfoques. 4. Preparación de preguntas de estos enfoques para la construcción de un cuestionario. 5. Definición de la muestra (dependiendo del tema). 6. Revisión del cuestionario
Fase 3	7. Entrega y recolección de cuestionarios
Fase 4	8. Tabulación de datos para cada enfoque 9. Análisis de los datos de cada enfoque
Fase 5	10. Interpretación de los datos de cada enfoque 11. Difusión y comunicación oral y escrita de los resultados

Estas últimas dos metodologías de implementación son utilizadas para temas que se van a estudiar mediante la aplicación de encuestas.

Como se puede observar, las fases o los pasos de implementación de los proyectos tienen diferencias y similitudes en los diferentes modelos que se encontraron. Sin embargo, estos modelos implican los siguientes pasos:

- 1) *Generar una pregunta de investigación:* se debe explorar un problema con una pregunta de investigación que pueda abordarse mediante la recopilación de datos. Estas preguntas a menudo implican comparar grupos, preguntar si algo afecta algo diferente, o evaluar las opiniones de las personas.
- 2) *Diseñar el estudio y recolectar datos:* este paso implica seleccionar las personas u objetos a estudiar, decidir cómo recopilar datos relevantes sobre ellos y llevar a cabo esta recopilación de datos de una manera cuidadosa y sistemática.

- 3) *Explorar y analizar los datos*: en esta fase se deben explorar los datos, buscar patrones relacionados con la pregunta de investigación, así como también resultados inesperados que puedan generar preguntas adicionales para el proyecto.
- 4) *Esbozar inferencias*: en este paso se deben generar inferencias más allá de los datos para determinar si los resultados reflejan una tendencia genuina y de esta forma poder estimar la magnitud de esa tendencia.
- 5) *Formular las conclusiones*: se deben establecer las conclusiones que consideren el alcance de las inferencias hechas en el paso anterior. ¿A qué proceso subyacente o grupo más grande pueden generalizarse estas conclusiones? ¿Está justificada una conclusión de causa y efecto?
- 6) *Pensar en retrospectiva y en prospectiva sobre el proyecto*: finalmente, se debería mirar hacia atrás y hacia adelante para señalar las limitaciones del proyecto y sugerir nuevos estudios que podrían realizarse para aprovechar los hallazgos encontrados.

2.3. Papel de los estudiantes en el desarrollo de PE

En el aprendizaje basado en PE el estudiante tiene un papel central. Mediante los proyectos estadísticos pueden mejorar la forma en que aprenden colaborativamente (MacGillivray & Pereira-Mendoza, 2011; Walsh, 2011); pueden conocer y utilizar la tecnología necesaria para desarrollar los proyectos (Baglin, Bedford & Bulmer, 2013; Spence y Bailey, 2015). Los estudiantes tienen la posibilidad de mejorar sus conocimientos, habilidades y actitudes en los cursos de estadística durante el desarrollo de proyectos (Spence y Bailey, 2012; Vega, 2012; Calle, 2013; Villazcán, 2014, Inzunza, 2017), ya que éstos colocan al alumno como protagonista del proceso de aprendizaje. Los proyectos tienden a mejorar las habilidades comunicativas de los estudiantes, tanto de forma oral como escrita (Batanero et al., 2010; Halvorsen, 2010); permiten desarrollar la curiosidad y maduración conceptual y procedimental en estadística (Dierker et al., 2016). Además, el aprendizaje basado en PE brinda la oportunidad a los estudiantes de construir su propio conocimiento (Ramirez-Faghii, 2012), pues la implementación de proyectos estadísticos permite al docente delegar responsabilidades a sus alumnos (Bailey et al., 2013). Dado que la mayoría de las veces es el estudiante quien elige el tema de estudio, esto lo coloca en la necesidad de planear y dirigir los procedimientos que se requieren para la resolución de su problema. El aprendizaje basado

en proyectos pretende formar estudiantes responsables de gestionar su tiempo, sus acciones y su trabajo en equipo. La idea es que los estudiantes construyan su propio conocimiento, por ejemplo, Ramirez-Faghih (2012) plantea proyectos a sus estudiantes en los que deben usar sus conocimientos previos para lograr la transformación y construcción de nuevos conocimientos.

Walsh (2011) describe claramente el papel que juegan los estudiantes al realizar sus proyectos. En primer lugar, se aprecia el *trabajo colaborativo* de los alumnos. Luego su faceta de *planificadores del trabajo*. Posteriormente se ve su *responsabilidad* en la finalización del informe de investigación. Además, los alumnos desarrollan su *autonomía e independencia intelectual*, pues obtienen el conocimiento de los libros y de la información obtenida de las personas que encuestan. No esperan a que el docente proporcione toda la información.

Los resultados de investigación demuestran que incorporar el trabajo mediante PE en la enseñanza atrae la atención de los estudiantes e induce un nivel alto de motivación (Bilgin, Newbery & Petcoz, 2015), ya que el trabajo con proyectos hace posible llevar la estadística fuera del salón de clases, contextualizar su aplicación e ilustrar su utilidad (Verhoeven, 2013). En otros casos, los alumnos tienen que *experimentar* en laboratorios de computación o de matemáticas algunas de las actividades que vayan surgiendo a lo largo del proceso de investigación estadística. En el reporte de Halvorsen (2010) informa que las 45 estudiantes que participaron en los proyectos tuvieron que utilizar el equipo de cómputo de su escuela para poder *buscar* y recolectar datos de Internet y posteriormente tuvieron que hacer el procesamiento de la información encontrada.

Los estudiantes participan también como *comunicadores*, ya sea de manera escrita, al escribir reportes o preparar sus presentaciones, o verbal cuando exponen sus proyectos ante el grupo. En todos los reportes revisados, los estudiantes terminan los proyectos con la entrega de un informe (e.g., Bailey et al., 2013). Aunque no en todos los casos se presenta una exposición del proyecto estadístico (e.g., Batanero et al., 2010), es importante fomentar esa habilidad en los estudiantes (e.g., Porciúncula & Samá, 2014).

Bulmer (2010) reporta la manera en que los estudiantes pueden fungir como *evaluadores* de los proyectos, mediante la coevaluación. La evaluación de cada proyecto se hacía al final de

cada exposición (de unos siete minutos) por parte de un grupo conformado por nueve alumnos y un instructor, mediante un instrumento impreso que tenía opciones múltiples para cinco criterios, por lo tanto, se generaban un total de diez instrumentos de evaluación por cada proyecto. De esta manera el estudiante también era parte fundamental del proceso de evaluación de los proyectos, pues las evaluaciones de los alumnos tenían el mismo peso que la evaluación hecha por el profesor.

2.4. Papel de los docentes en el trabajo con PE

Muchas veces los temas de estadística son enseñados por el profesor de manera aislada y descontextualizada (Batanero, 2001), lo que origina que los estudiantes no siempre se sienten identificados con esta temática. Es deseable que los profesores de matemáticas puedan fomentar actividades de aprendizaje en los grupos con una perspectiva constructivista y de trabajo colaborativo que pueda resultar significativo para los estudiantes. Actualmente la didáctica y la pedagogía en estadística ven al aprendizaje basado en proyectos como una gran alternativa frente al trabajo expositivo que generalmente hace el docente al interior de sus aulas.

El trabajo con proyectos permite que el profesor pueda atraer la atención de los estudiantes y lograr un alto nivel de motivación (Jolliffe, 2002; Bilgin et al., 2015); puede llevar la estadística fuera del salón de clases para contextualizar su aplicación y evidenciar su utilidad (Verhoeven, 2013). Al tomar experiencia en el trabajo con proyectos, los profesores van consolidando sus habilidades docentes necesarias para asegurar una buena implementación de proyectos, hasta alcanzar un compromiso profesional para utilizar esta estrategia de enseñanza (Makar, 2008). En este sentido, la enseñanza por PE obliga a los profesores a ser *facilitadores* y a planificar situaciones de aprendizaje centradas en sus alumnos.

El rol que toman los docentes cuando implementan PE en sus grupos, implica *delegar* gran parte de las *responsabilidades* a sus estudiantes. Muestra de la confianza que debe depositar el profesor en sus estudiantes se puede encontrar en el estudio realizado por Bailey et al. (2013), en el que se reporta que los estudiantes eligen el tema (propuestos por la institución) y generan las preguntas de investigación, identifican las variables, recolectan los datos necesarios, organizan y analizan esos datos y dan a conocer sus resultados de dos formas: mediante un reporte escrito y mediante una presentación en clase. Los resultados de este

estudio indican que los estudiantes necesitan asesorías y ser guiados durante el desarrollo de sus proyectos; el éxito en los resultados depende en gran medida de la calidad en las asesorías y orientaciones dadas por cada profesor. Dichas asesorías pueden implicar actividades complementarias y de reforzamiento de contenidos. Por ejemplo, el profesor puede ser un *asesor técnico*, pues hay contenidos muy especializados que presentan mucha dificultad a los alumnos. Un ejemplo del nivel de especialización que requiere un buen profesor de estadística se encuentra en el reporte de Bailey et al. (2013), en el que se dice que algunos proyectos van a necesitar de *software* estadístico potente como SPSS, SAS o R. Por lo tanto, durante los proyectos, el docente debe fungir como un *asesor* que *acompañe* y que oriente a sus alumnos. El profesor no debe cometer el error de dejar a sus estudiantes solos durante el transcurso de la investigación.

Si bien la naturaleza del aprendizaje basado en proyectos lleva implícita la motivación de los estudiantes, el profesor debe adoptar un papel de *motivador*. La motivación la puede lograr mediante la contextualización de los proyectos, mostrando la utilidad de la estadística. En el estudio de Jolliffe (2002) se reporta una idea que puede ser considerada por los profesores que tengan la intención de motivar a sus estudiantes. Esta idea sugiere que los profesores pueden gestionar conferencias sobre temas para el estudio y/o aplicación de la estadística. Las ponencias podrían implementarse al principio del curso y justo antes de iniciar con el trabajo formal sobre PE. Caseiro et al. (2015) sugieren que, para aumentar la motivación en los estudiantes, los profesores deben buscar temas que les resulten interesantes. Ramirez-Faghih (2012) aplicó una serie de entrevistas a los estudiantes para determinar el nivel de motivación que se logra al trabajar con proyectos. Los resultados muestran que la investigación estadística genera una gran motivación (que puede variar en cada etapa del proceso) y el contexto necesario para un mejor aprendizaje de los estudiantes.

Los profesores que trabajen con proyectos estadísticos deben tomar el papel de *observadores* del proceso (Forster & MacGillivray, 2010). El hacer observaciones sistemáticas y documentadas, les dará la oportunidad de identificar fortalezas y áreas de oportunidad para mejorar su práctica. También le permite al docente entender la forma en que interactúa con sus estudiantes. Mediante la observación, los profesores pueden conocer mejor a sus alumnos y emitir mejores juicios de valor dentro del marco de evaluación. En su estudio, Caseiro et al. (2015) explican la forma de documentar las observaciones hechas por los profesores

durante el trabajo por proyectos estadísticos. Ellos hacen referencia a la grabación en audio y video de algunas de las sesiones que consideran relevantes. Este tipo de material puede servir para que los maestros puedan hacer una reflexión sobre su práctica docente.

El profesor debe ser un *evaluador* del desempeño logrado por sus estudiantes durante los proyectos. Debe considerar hacer un balance entre el esfuerzo que implica la gestión de una clase en la que se busca promover la investigación estadística y el beneficio que puede obtener tanto él, como sus estudiantes. Bailey et al. (2013) y Figueroa et al. (2014) presentan instrumentos diseñados para lograr una buena evaluación de los estudiantes que desarrollan los PE. Makar (2004), Sovak (2010) y Vega (2012) realizaron mediciones sobre el impacto logrado por la implementación de investigaciones estadísticas en el aprendizaje de los contenidos curriculares de estadística.

El profesor también debe estar abierto a lograr su propio aprendizaje, tanto de contenidos estadísticos como de conocimientos didácticos y pedagógicos requeridos. Con esto, el docente puede adquirir mayor experiencia y eventualmente implementar el trabajo con proyectos de mejor manera (Fillebrown, 1994).

2.5. Uso de la tecnología en el desarrollo de los PE

El desarrollo de la tecnología es inherente al ser humano. Actualmente en educación hay una clara tendencia a utilizar la tecnología como un recurso didáctico, tanto para la enseñanza como en el aprendizaje. Usar herramientas tecnológicas en el aula implica la redefinición de los contenidos, diseño adecuado de la metodología y un nuevo papel del profesor, puesto que las tecnologías computacionales son un recurso valioso cuyo impacto está ligado a su uso adecuado (Sánchez, Inzunza y Ramírez, 2014).

Existen muchas formas en que se pueden utilizar las tecnologías en los PE, algunos ejemplos del uso de la tecnología incluyen búsqueda de información, procesamiento de datos, efectuar pruebas de análisis estadístico, elaborar representaciones gráficas, escribir un reporte y elaborar una presentación del proyecto (e.g., Kuiper, 2010). Muchas herramientas tecnológicas pueden utilizarse en la realización de estos proyectos, planeados para fomentar experiencias de investigación estadística que resulten significativas para los estudiantes (Spence y Bailey, 2012). Esas herramientas pueden encontrarse en distintas formas, como son calculadoras, computadoras, televisión, el *software* y los teléfonos celulares.

De acuerdo con Burrill (1996), todo buen maestro debe saber utilizar e integrar la tecnología en su práctica docente para que sea una parte efectiva del proceso de enseñanza y aprendizaje. Autores como Spence y Bailey (2012) y Bailey et al. (2013) reportan la implementación de PE ricos en el uso de la tecnología. Ellos recomiendan páginas de internet que permiten realizar encuestas. Modelos específicos de calculadoras para agilizar el trabajo manual, o *software* estadístico especializado en hacer pruebas de hipótesis. De igual forma dan a conocer una dirección de internet que corresponde al sitio oficial de su institución. Esa página contiene muchos materiales curriculares que resultan por demás útiles para la ardua tarea de implementar, dar seguimiento y evaluar los PE.

Autores como Davis y Johnson (2013) presentan proyectos en los que se enfocan en el uso de un *software* especializado de estadística llamado Minitab. Aunque no se trata de un programa de distribución libre –por ser de pago, recomiendan usar esa aplicación de computadora porque consideran que es ideal para cursos introductorios de estadística, debido a su facilidad de uso. El uso de *software* dinámico en los PE, empleado para análisis de datos como Fathom, está documentado en los estudios realizados por Makar (2004), quien reporta que para integrar Fathom en los proyectos es necesario que los profesores cuenten con el apoyo simultáneo en el dominio de contenidos, pedagogía y en el conocimiento de la tecnología, a través de su formación continua. El uso de la aplicación computacional TinkerPlots en los proyectos estadísticos se reporta en el estudio de Walsh (2011). En este trabajo se discute la implementación de PE dentro del programa de estudios y las consideraciones metodológicas para el desarrollo de proyectos mediante el uso de tecnología.

La simulación en probabilidad y estadística es otra de las grandes aplicaciones que tiene la tecnología en el trabajo por proyectos. En las propuestas de trabajo realizadas por Batanero et al. (2010), la tecnología de computadora fue utilizada para que los alumnos simularan un experimento aleatorio sobre lanzamiento de monedas –volados. Durante los PE, la tecnología también puede ser utilizada para ayudar a los profesores en el proceso de evaluación. Este uso incluye tareas de evaluación mediadas por la tecnología, tales como cuestionarios formativos o sumativos realizados en línea. Esta aplicación de la tecnología es bastante útil para evaluar proyectos en grupos numerosos (Bulmer, 2010).

2.6. Evaluación de los PE

La evaluación es un aspecto fundamental que se debe considerar en el aprendizaje basado en proyectos. La evaluación de los PE puede hacerse en dos sentidos. Por una parte, la evaluación formativa y sumativa que se hace a lo largo del proceso investigativo. Por otra, la evaluación del impacto global que se logra en un grupo cuando se implementa el aprendizaje basado en proyectos.

En algunos estudios revisados, se reporta que para realizar la evaluación de los PE se utiliza como instrumento principal una rúbrica (Zelege, Lee & Daniels, 2006; Bulmer, 2010; Sovak, 2010; Walsh, 2011; Baglin et al., 2013; Bailey et al., 2013; Figueroa et al., 2014; Koparan & Güven, 2014). La rúbrica le permite al profesor informar a los participantes de los proyectos, las características y criterios que se han de tomar en consideración para determinar el grado de cumplimiento de los requisitos planteados.

En este sentido, Figueroa et al. (2014), establecen que:

El uso de una rúbrica para evaluar proyectos establece acuerdos entre profesores y estudiantes donde se explicitan los criterios analizados y el estudiante advierte qué debe hacer para que su trabajo sea de calidad y puede reconocer cuándo no lo es y entonces mejorarlo (p. 548).

Bulmer (2010) y Halvorsen (2010) reportan que el proceso de evaluación de los proyectos puede considerar la coevaluación entre los estudiantes y la hetero evaluación que hace el profesor hacia el trabajo de sus alumnos. Por lo tanto, los profesores que utilicen la coevaluación deben trabajar fuertemente con sus alumnos en los principios éticos implicados para la evaluación. Incluso se puede considerar la opción de incluir la autoevaluación de los estudiantes para valorar sus propios proyectos.

Hay otros instrumentos de evaluación que se utilizan para evaluar algunos aspectos relacionados con el trabajo por PE. Entre ellos se encuentran el dominio de conceptos y desarrollo de habilidades estadísticas que se supone, debieron aprender los estudiantes. Para ese caso, se destaca una prueba estandarizada llamada *Evaluación Integral de Resultados en Estadística* (CAOS, por sus siglas en inglés), diseñada para evaluar la alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico de los estudiantes. Todos los ítems incluidos en la prueba CAOS tienen un contexto realista y están diseñados para requerir que los estudiantes

razonen. No hay elementos incluidos en la evaluación que requieran que los estudiantes computen o recuperen definiciones. Esta prueba se sometió a varias fases de pruebas y modificaciones. La prueba CAOS actual consiste en 40 preguntas que produjeron un coeficiente alfa de Cronbach de 0.78. Esta prueba fue diseñada originalmente por Garfield, delMas y Chance (2002). En un reporte de investigación realizado por delMas et al. (2007), se describe el desarrollo de la prueba CAOS, diseñada para medir la comprensión conceptual de los estudiantes sobre una serie de ideas estadísticas importantes, a través de tres años de revisión y pruebas, validación de contenido y análisis de fiabilidad. Los resultados se reportan a partir de una prueba de clase a gran escala y se comparan las respuestas de los ítems del pre-test y del post-test con el fin de aprender más sobre las áreas en las que los estudiantes demostraron mejor desempeño desde el principio hasta el final del curso, así como las áreas que no mostraron ninguna mejora o en las que se observó una disminución del rendimiento.

Todo lo anterior, convierte a esta prueba en una herramienta muy importante para los profesores o investigadores que requieran contar con un instrumento de evaluación confiable y validado. La prueba CAOS se encuentra disponible en el sitio oficial llamado *Herramientas de Evaluación de Recursos para Mejorar el Pensamiento Estadístico* (ARTIST, por sus siglas en inglés). La prueba CAOS ha sido utilizada por Sovak (2010) en el estudio que condujo con estudiantes universitarios en un curso de introducción a la estadística. Dos autores más también reportan la utilización de otras pruebas estandarizadas para evaluar los proyectos estadísticos (Walsh, 2011; Porciúncula & Samá, 2014).

Halvorsen (2010) reporta el uso de cuestionarios de opinión aplicados a sus alumnos sobre la experiencia vivida durante las actividades de los PE. Los resultados de incluir los PE en los cursos resultan muy gratificantes, tanto para los docentes como para los alumnos. Para los alumnos, debido a que sienten que esa dinámica de trabajo los obliga a esforzarse al máximo y utilizar todos sus recursos intelectuales. Para los profesores, porque ellos reciben retroalimentación positiva de su trabajo (Makar, 2008).

Con respecto a la evaluación del impacto que se obtiene en los grupos de estudiantes al trabajar con proyectos, se encuentran estudios que incluyen tanto herramientas cualitativas de evaluación (Santos y Ponte, 2014), como cuantitativas (delMas et al., 2007).

Dentro del análisis cuantitativo utilizado para evaluar el efecto que tienen los proyectos en los resultados de los estudiantes, se encuentran una gran diversidad de herramientas. En los estudios realizados por Zeleke et al. (2006), Figueroa et al. (2014) y Terán y Nascimbene (2015), utilizan estadísticos descriptivos y herramientas gráficas para comparar las diferencias entre grupos. El uso de pruebas de significación, son muy utilizadas para contrastar hipótesis de igualdad de medias entre grupos de control, en los que no se hacen proyectos, y los grupos experimentales, que si hacen proyectos estadísticos. Makar (2004), Spence y Sinn (2009) y Godino et al. (2013) utilizan pruebas estadísticas para determinar diferencias significativas entre dos grupos diferentes. Para comparar las diferencias en los resultados obtenidos por el grupo de control antes y después del tratamiento –los proyectos– se utiliza una prueba-t pareada (Ramirez-Faghih, 2012). Si el diseño del experimento no es completamente al azar, se puede optar por el uso de pruebas de hipótesis no paramétricas. Calle (2013) utiliza la prueba de Kruskal Wallis para comparar a dos grupos en los resultados obtenidos en un post-test. Villazcán (2014) utiliza la prueba U de Mann Whitney para comparar los resultados de dos grupos en una prueba estandarizada. Para los casos en los que hay más de una variable dependiente que no pueden ser combinadas de manera simple, se utiliza el análisis multivariante de la varianza o MANOVA (delMas et al., 2007). Sovak (2010) y Koparan y Güven (2014), utilizan una prueba de análisis de covarianza o ANCOVA, porque en sus estudios plantearon eliminar errores sistemáticos que puedan sesgar los resultados y para considerar las diferencias en las respuestas debidas a las características de cada encuestado.

Sovak (2010), Porciúncula y Samá (2014), Dierker et al. (2016) y Koparan y Güven (2014) usaron un modelo de regresión multivariable para determinar diferencias significativas entre los grupos de control y experimental, de acuerdo con los resultados obtenidos en el pretest y el post-test que se aplicaron en los respectivos estudios. Ramirez-Faghih (2012), utilizó la prueba chi-cuadrada para asociar relación entre la calidad de los análisis realizados en los proyectos y la naturaleza de los datos estadísticos que se utilizaron. Spence y Sinn (2009), utilizaron una herramienta de meta-análisis llamada magnitud o tamaño del efecto, que consiste en cuantificar la efectividad de una intervención o de un tratamiento en una población determinada.

De igual forma fueron utilizadas algunas herramientas de análisis cualitativo para evaluar las experiencias de docentes y estudiantes con respecto al trabajo por PE. Bailey et al. (2013) utilizaron una escala de actitudes para evaluar ese aspecto en las investigaciones realizadas por los alumnos que participaron en el estudio. Cabe mencionar que esa escala fue utilizada como herramienta de evaluación formativa. Caseiro et al. (2015) estudiaron un caso a profundidad aplicando entrevistas no estructuradas a los participantes de los proyectos. De igual forma, Verhoeven (2013) ofrece una visión de los resultados de dos estudios de evaluación cualitativa a pequeña escala sobre proyectos de estadística, donde el enfoque es la perspectiva de los estudiantes. Los resultados indican que el compromiso de los estudiantes mejora y el estudiante le da un mejor valor a la estadística que aprende.

2.7. Limitaciones en el uso de PE en el aula

En el trabajo con PE se reportan varios tipos de limitaciones o dificultades que pueden presentarse. La mayoría de las veces, las limitaciones son debidas a los profesores, a los estudiantes, al contexto en que se desarrollan los PE o al diseño de las actividades del proyecto.

Una de las limitaciones más frecuentes que fueron reportadas en los informes de investigación es la gran cantidad de *tiempo* que se necesita para realizar las actividades del proyecto (Starkins, 1997; Wardrop, 1999; Jolliffe, 2002; Martonosi & Williams, 2016; Bakogianni, 2015; Rivera, 2015). Disponer de poco tiempo, puede significar que las actividades no se realicen con la calidad requerida (e.g., supervisión de los proyectos).

Otra limitación es la *débil formación docente* en estadística por parte de algunos profesores. El escaso dominio de contenidos puede ocasionar que los docentes no implementen PE en sus clases (Guzmán y Centeno, 2008). Si los profesores tienen conceptos erróneos, es posible que transmitan esos errores a sus estudiantes durante los proyectos (Hovermill, 2003; Batanero et al., 2010; Walsh, 2011, Santos & Ponte, 2014). Algunas veces los profesores pueden no conocer muchos de los temas que se van a implementar en las investigaciones estadísticas (MacGillivray & Pereira-Mendoza, 2011). Dado el problema anterior, es necesario que tanto los docentes en formación como los que están en servicio reciban la capacitación adecuada para fortalecer su dominio de contenidos (Lajoie, 1997).

La poca experiencia docente en cuanto a la implementación de proyectos es otra de las grandes limitantes para poder utilizar esta estrategia en las aulas (Makar, 2004; Lee & Mojica, 2008). Por lo tanto, los profesores en formación deben experimentar ellos mismos el proceso de realizar proyectos estadísticos antes de tratar de implementarlos en sus clases, ya que de lo contrario es poco factible que usen los proyectos como una alternativa de instrucción.

Las *dificultades en la organización de los equipos* de trabajo es una limitación muy recurrente en el aprendizaje basado en PE. Los estudiantes deben trabajar de forma colaborativa durante todo el ciclo de investigación. Si hay poca comunicación entre ellos, baja disponibilidad o problemas personales entre los integrantes de un grupo de trabajo, entonces es posible que no se trabaje en un ambiente de aprendizaje adecuado para desarrollar colaboración (Spence & Sinn, 2009; Halvorsen, 2010; Verhoeven, 2013). Muchos profesores dicen que permitir que los estudiantes formen sus propios grupos es ventajoso, pues si los estudiantes forman sus propios equipos se reduce la posibilidad de conflictos. En caso de generarse un problema con la dinámica del grupo de trabajo, entonces es menos probable que los estudiantes culpen al profesor por obligarlos a trabajar juntos (Bailey et al., 2013).

El cambio en el enfoque de enseñanza de la estadística puede ser un desafío para los profesores. Es difícil que algunos profesores abandonen un modelo de enseñanza expositivo arraigado en la práctica tradicional y reemplazarlo por un modelo de aprendizaje centrado en el alumno (Porciúncula & Samá, 2014). Es posible que, debido a experiencias no tan favorables con las matemáticas, los estudiantes muestren cierto rechazo a las actividades de un proyecto, pues se ha reportado que la estadística puede parecerles a los estudiantes una asignatura muy difícil (Carnell, 2008) y eso puede desalentar a los alumnos.

Algunos autores mencionan como posibles limitaciones a la infraestructura o a la falta de los recursos necesarios (computadoras o *software*) para poder desarrollar los proyectos (Bulmer, 2010; Makar & Fielding-Wells, 2011; Bakogianni, 2015; Rivera, 2015), por lo que es fundamental que en el diseño de PE se tomen en cuenta estas situaciones.

Una limitante puede ocurrir, si los profesores no consolidan su formación o no se comprometen a implementar investigaciones estadísticas en sus grupos de clase. Los

docentes deben trabajar con sus colegas y aprovechar la retroalimentación profesional que obtienen mediante el intercambio con sus homólogos (Makar, 2008).

Es fundamental conocer y entender las limitantes que pueden afectar el desarrollo de PE, por ello deben ser consideradas por los profesores que tengan la meta de implementar proyectos durante sus cursos. No tomarlas en cuenta puede hacer que la experiencia de hacer proyectos sea poco satisfactoria, tanto para los docentes como para sus alumnos.

2.8. Objetivos de las investigaciones sobre PE

Dentro de la literatura consultada, se encontraron diversos objetivos en las investigaciones realizadas sobre PE, entre los que se encuentran: 1) promover la implementación de PE, 2) analizar las experiencias de los docentes y los alumnos durante el trabajo con PE, 3) brindar orientaciones metodológicas sobre el proceso de diseño, implementación y evaluación de PE, 4) determinar el impacto que tienen los PE en los resultados de aprendizaje de los estudiantes, 5) analizar el proceso de formación y desarrollo de docentes durante el trabajo con PE y 6) describir el uso de *software* estadístico como herramienta de aprendizaje durante los PE. Además, uno de los objetivos encontrados en las investigaciones relacionadas con los PE, es fomentar y animar a los profesores a implementar esta metodología de trabajo (Bailey et al., 2013).

Dentro de los objetivos más importantes que se persiguen en los estudios analizados, se encuentra la descripción de la metodología utilizada para implementar los proyectos estadísticos (Zelege et al., 2006; Batanero y Díaz, 2005; Batanero et al., 2010; Figueroa et al., 2014). Así como analizar las experiencias de los estudiantes cuando participan en el desarrollo de proyectos (Kuiper, 2010; Ramirez-Faghih, 2012).

Otro objetivo encontrado es determinar el impacto y la efectividad que la metodología de trabajo por proyectos tiene en los conocimientos estadísticos de los estudiantes, (Holmes, 1997; Spence & Sinn, 2009; Halvorsen, 2010; Sovak, 2010; Spence & Bailey, 2012; Vega, 2012; Calle, 2013; Villazcán, 2014; Caseiro et al., 2015; Spence & Bailey, 2015). Además, otros estudios intentan medir el impacto que tienen los PE en la motivación de los estudiantes (Forster & MacGillivray, 2010). Para llevar a cabo esa medición, muchos de los autores utilizaron un método de investigación mixto, pues combinaban tanto análisis cuantitativo, usando pruebas de significancia, y cualitativo, usando entrevistas (e.g., Hovermill, 2003;

Makar, 2004; Ramirez-Faghih, 2012). En todos los casos, los resultados muestran mejoras significativas en el aprendizaje de contenidos estadísticos y en la motivación. Indican por una parte que los participantes en los proyectos tienen mayores ganancias de aprendizaje estadístico en general, en comparación con las ganancias obtenidas por los estudiantes que no participaban en el proyecto. Los resultados también sugieren que, además de proporcionar mayores ganancias de aprendizaje, los estudiantes logran una alta motivación (Holmes, 1997; Terán y Anido, 2010; Vega, 2012; Conti & Carvalho 2014; Koparan & Güven, 2014; Villazcán, 2014).

Entre los estudios de PE con profesores, los objetivos buscan analizar la experiencia de los docentes cuando ellos aplican el método de proyectos en sus grupos (Starkins, 1997; Lee & Mojica, 2008; Makar, 2008; Terán y Anido, 2010; Makar & Fielding-Wells, 2011; Santos & Ponte, 2014; Figueroa et al., 2015). En los resultados, se resalta el hecho de que cuando los docentes analizan sus experiencias, esto les da la oportunidad de pulir y mejorar la planificación de las propuestas didácticas. Otros objetivos son analizar el proceso de formación de los futuros docentes al desarrollar ellos mismos los PE para ganar experiencia en la implementación de este enfoque de trabajo (Makar, 2004; Godino et al., 2013). Los resultados presentados muestran que cuando los docentes en formación tienen la posibilidad de desarrollar las actividades propias de una investigación estadística, toman conciencia de los retos y dificultades que pueden tener ellos en su papel docente (planeación y gestión de los proyectos) y de los posibles problemas a los que se pueden enfrentar sus estudiantes (dominio de contenido, organización del trabajo en equipo y responsabilidad).

Analizar las ventajas y posibilidades que tiene utilizar *software* específico en el desarrollo de PE (Lajoie, 1997; Hovermill, 2003; Bulmer, 2010; Spence & Bailey, 2012; Spence & Bailey, 2015) también han sido objeto de investigación. Se encontró que la tecnología es muy útil y que puede servir para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, siempre y cuando los docentes cuenten con la adecuada capacitación para saber utilizarla ellos mismos, y para saber cómo integrarla en su práctica docente.

2.9. Los PE en la formación de docentes

La importancia de analizar procesos de formación de profesores para enseñar estadística ha sido reconocida por diversas instituciones como la Comisión Internacional de Instrucción Matemática (ICMI, por sus siglas en inglés), la Asociación Americana de Estadística (ASA, por sus siglas en inglés) y la Asociación Internacional para la Educación Estadística (IASE, por sus siglas en inglés). Por ejemplo, hay algunas investigaciones que han analizado el uso de PE para la formación de docentes (Batanero & Díaz, 2010; MacGillivray & Pereira-Mendoza, 2011).

Los PE han sido utilizados en la formación de docentes en niveles educativos como preescolar (Villazcán, 2014), primaria (Vithal, 2002; Batanero y Díaz, 2010; Arteaga, Batanero, Cañadas y Gea, 2012; Godino et al., 2013; Rivas et al., 2018), e incluso para el nivel medio superior (Mendes, 2006). La duración del trabajo con PE durante la formación de profesores puede ser variada, puede durar desde dos sesiones (Rivas et al., 2018), tres sesiones (Batanero y Díaz, 2010), tres semanas (Godino et al., 2013), un semestre (Vithal, 2002; Villazcán, 2014) o incluso todo un año (Mendes, 2006).

Durante el proceso de formación docente, existe una gran diversidad en el tipo de problemas que se abordan mediante los PE, por ejemplo, se abordan situaciones que van desde el estudio de la criminalidad (Vithal, 2002), el estudio de las características de los estudiantes con los que practican los futuros profesores (Godino et al., 2013), el estudio de fenómenos aleatorios (Batanero y Díaz, 2010), y proyectos en los que se busca determinar la efectividad de entrenamientos físicos (Rivas, Godino y Arteaga, 2019). Todos estos tipos de proyectos implican el estudio de elementos estadísticos relacionados con cultura estadística (Vithal, 2002; Mendes, 2006, Villazcán, 2014), razonamiento estadístico (Arteaga et al., 2012; Godino et al., 2013; Rivas et al., 2018) y pensamiento estadístico (Inzunza, 2017).

Algunas ideas de cultura estadística que se abordan en los PE están relacionadas con el estudio del lenguaje estadístico básico y la interpretación básica de gráficas estadísticas (Vithal, 2002), así como con la interpretación crítica de la información estadística publicada en los medios de comunicación (Mendes, 2006). En el caso de las ideas de razonamiento estadístico, los PE se usan para que los futuros docentes desarrollen procesos de argumentación sobre los modelos y herramientas que se usan para el análisis de los datos. El

ciclo investigativo (PPDAC) del modelo del pensamiento estadístico propuesto por Wild y Pfannkuch (1999), suele ser utilizado como un método de instrucción para llevar a efecto la investigación estadística implícita en el proyecto (Godino et al., 2013; Rivas et al., 2018). Cabe aclarar que estos últimos autores, denominan, de manera errónea, razonamiento estadístico a lo que Wild y Pfannkuch llaman tipos fundamentales del pensamiento estadístico.

En general, los temas estadísticos que se abordan en los PE pueden ser tan básicos como las tablas y gráficas estadísticas (Vithal, 2002; Mendes, 2006; Arteaga et al., 2012; Godino et al., 2013; Rivas et al., 2018), o estudiar probabilidad (Batanero y Díaz, 2010; Godino et al., 2013), e incluso herramientas como la regresión lineal (Mendes, 2006), las pruebas de hipótesis (Villazcán, 2014), y el estudio de fenómenos aleatorios (Batanero y Díaz, 2010) mediante técnicas de simulación (Arteaga et al., 2012). El *software* estadístico como Excel (Rivas et al., 2018) o SPSS (Mendes, 2006) suele ser una herramienta utilizada durante el trabajo con PE para potenciar el aprendizaje de los temas abordados.

El papel de los formadores de docentes consiste en ser coordinadores, facilitadores y asesores de las dudas relacionadas con los PE (Vithal, 2002), aunque su actuación también se puede centrar en ser el transmisor de los conocimientos (Rivas et al., 2019) y evaluadores de los procesos y los productos finales generados por los futuros docentes.

Las investigaciones que han analizado el uso de PE como parte de la formación de profesores centran su atención en mostrar las experiencias de estos futuros docentes al trabajar con los proyectos (Vithal, 2002), así como en el impacto que pueden tener los proyectos para el aprendizaje de contenidos curriculares de estadística (Godino et al., 2013), y como un mecanismo para promover la investigación entre los docentes en formación (Mendes, 2006). Además, estas investigaciones muestran los errores que suelen cometer los futuros docentes durante el proceso del trabajo con PE (Batanero y Díaz, 2010). Estas investigaciones coinciden en que, para lograr una buena formación en estadística, los futuros docentes deben participar en PE como si ellos fueran sus propios estudiantes, ya que esto les puede ayudar a entender la pedagogía que subyace al trabajo con PE (Mendes, 2006), y a entender cómo es que los conceptos estadísticos se pueden enseñar mediante problemas contextualizados (Rivas et al., 2019). De manera que, cuando los futuros profesores se incorporen a su campo

laboral se comprometan a implementar esta metodología en sus propias aulas (Arteaga et al., 2012).

De la revisión de literatura, se encuentra información fundamental para la presente investigación. Por ejemplo, las oportunidades y retos que presenta el trabajo con PE para la enseñanza y aprendizaje de la estadística, las alternativas que existen para abordar la implementación de los PE en las aulas y los objetivos de investigación que se persiguen. En particular, se resalta la necesidad de capacitar adecuadamente a los docentes para implementar el trabajo con PE de manera que ellos puedan aprovechar el potencial que estos proyectos tienen como estrategia de enseñanza-aprendizaje de la estadística. Pero la capacitación de docentes en servicio no siempre es factible, al menos en nuestro país, por lo que se recomienda que en la formación inicial de docentes se incluyan el estudio de la pedagogía asociada con el trabajo con proyectos, así como una serie de experiencias de formación en las que las futuras docentes desarrollen PE. Estas actividades les permitirán a los nuevos profesores conocer las características más importantes de esta metodología, incrementando la posibilidad de que la apliquen en sus aulas cuando se incorporen al servicio docente.

2.10. Conclusión del Capítulo 2

Para esta revisión de la literatura, se utilizó el método de investigación documental que consiste en hacer un análisis de documentos que contienen información sobre el tema que se quiere estudiar (Bailey, 1994). Los documentos revisados fueron aquellos relacionados con el trabajo con PE. Se realizaron búsquedas en diversas fuentes de información, incluidas revistas internacionales de investigación (e.g., Revista de investigación sobre educación estadística, SERJ por sus siglas en inglés), actas de congresos (e.g., Conferencia internacional sobre enseñanza de la estadística, ICOTS por sus siglas en inglés), tesis doctorales (e.g., Sovak, 2010) y de maestría (e.g., Córdoba, 2012). La revisión abarcó publicaciones entre 1994 –porque fue el año de publicación de los documentos más antiguos que fueron encontrados– y 2019 –porque esta revisión terminó a finales de ese año, y fueron considerados documentos en español e inglés.

El propósito de la revisión de literatura para fines de esta investigación fue doble: tener un estado actual sobre el tema de PE, e identificar áreas de oportunidad que puedan servir para orientar este estudio.

Lo que se sabe sobre los PE.

Los contenidos sobre estadística que se pueden abordar mediante los proyectos van desde temas elementales como las gráficas estadísticas (e.g., circulares y barras) hasta temas complejos como las pruebas de hipótesis (e.g., análisis de varianza de un factor). Por lo tanto, los PE pueden ser implementados incluso desde el preescolar hasta los programas de posgrado. Sobre las fases de implementación de los PE se sabe que hay varios modelos (e.g., Batanero y Díaz, 2005; Franklin et al., 2007; NCTCM, 2000), pero en general las fases en que se desarrolla un PE se pueden entender mediante el proceso del ciclo investigativo de Wild y Pfannkuch (1999).

En los PE el papel de los estudiantes debe ser muy activo, debe trabajar colaborativamente y comunicarse efectivamente con otros participantes, debe construir sus conocimientos con base en las actividades del proyecto, son responsables de gestionar el tiempo que destinan a las actividades, deben indagar la información necesaria para desarrollar el PE. Por su parte, los profesores deben convertirse en asesores y facilitadores del proceso de aprendizaje de sus estudiantes, es necesario que cambien su enfoque pasando de un modelo centrado en la enseñanza a un modelo centrado en el aprendizaje. El docente debe delegar muchas de las responsabilidades del PE en sus estudiantes, y tiene que motivar a sus alumnos durante todo el proceso. En la evaluación del PE se debe considerar tanto el proceso realizado en cada una de las fases como los productos finales que se generen. Es recomendable que el proyecto sea la estrategia central de enseñanza que use el docente para promover los aprendizajes en sus alumnos.

Durante el trabajo con los PE es necesario considerar algunas posibles limitaciones que pueden surgir a lo largo de las actividades. Una limitación importante es que los proyectos pueden consumir demasiado tiempo, tanto para los profesores como para los estudiantes. El trabajo en equipos debe ser monitoreado constantemente por parte del docente para tratar de identificar y resolver problemas asociados con la organización de los integrantes. Los

profesores pueden encontrar resistencia al cambio de paradigma de instrucción, sobre todo en aquellos estudiantes que no tengan experiencias previas con proyectos.

Con respecto al uso de PE durante el proceso de formación de docentes, se sabe que aquellos profesores en formación que viven experiencias con proyectos tienen mayores posibilidades de implementar este tipo de propuestas de forma exitosa en sus grupos. Desarrollan un mejor entendimiento del diseño que se requiere para aplicar PE con sus propios estudiantes, y comprenden el tipo de instrucción que se requiere para promover el aprendizaje de estadística con proyectos, pues conocen de primera mano los obstáculos que pueden tener los estudiantes al realizar las actividades.

Áreas de oportunidad

Existen varias investigaciones que han abordado experiencias de trabajo con PE en un entorno de formación docente (e.g., Batanero y Díaz, 2010; MacGillivray & Pereira-Mendoza, 2011; Rivas et al., 2019) en los que se han explorado problemas de toda índole (e.g., el estudio sobre la criminalidad, estudio sobre las características de los estudiantes con los que practican los futuros profesores, estudio sobre fenómenos aleatorios, y estudios sobre la efectividad de entrenamientos físicos), sin embargo hasta 2019 no se encontraron publicaciones sobre estudios en los que futuros docentes de telesecundaria desarrollaran PE cuyos problemas de investigación abordaran problemáticas reales, relacionadas tanto con las actividades que realizan en su proceso de formación, como con las que realizarán en su práctica de profesor. Por lo tanto, este tema representa una verdadera oportunidad para explorar un enfoque distinto del trabajo con PE durante el proceso de formación de docentes.

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO

Introducción

De acuerdo con Sánchez y Castañeda (2011), el marco teórico es una estructura que guía la investigación y que se basa en teoría formal. El marco es construido mediante el uso de explicaciones establecidas y coherentes de ciertos fenómenos y relaciones. Las teorías están formuladas para explicar, predecir y comprender fenómenos y, en muchos casos, para desafiar y extender el conocimiento existente dentro de los límites de las suposiciones críticas. El marco teórico es la estructura que puede sostener o apoyar la teoría en una investigación (Abend, 2008).

En esta investigación, el marco teórico se construyó con ideas teóricas de cuatro referentes teóricos: 1) las ideas conceptuales de Thomas (2000) sobre el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), 2) las definiciones teóricas sobre *cultura estadística* de Gal (2002, 2004), 3) los referentes teóricos sobre *razonamiento estadístico* (Garfield & Ben-Zvi, 2008), y 4) los elementos del modelo del *pensamiento estadístico* de Wild y Pfannkuch (1999). Las ideas conceptuales de Thomas guiaron el diseño del PE que aquí se reporta; mientras que las ideas teóricas de los enfoques de Cultura, Razonamiento y Pensamiento Estadístico son usadas para determinar el aprendizaje estadístico de las estudiantes, sujetos de esta investigación, en torno a los elementos que componen esos tres enfoques.

3.1. El Aprendizaje Basado en Proyectos

Para Barron y Darling-Hammond (2008), el ABP se puede entender como un método de enseñanza en que los estudiantes se enfrentan a problemas del mundo real mediante actividades curriculares generadas durante un proceso de investigación. Además, el ABP es un modelo que permite organizar el aprendizaje en torno a proyectos.

El ABP tiene su origen en el constructivismo, que está fundamentado en los trabajos de psicólogos y educadores tales como Dewey, Vygotsky, Bruner y Piaget. Esto porque, de acuerdo con Bassler y Dettmers (2017), el ABP se trata de una pedagogía “que facilita el

trabajo en equipo colaborativo hacia un entendimiento y reflexión de la vida real, de problemas complejos” (p. 5).

Para capturar la singularidad del ABP y para proporcionar una forma de identificar un verdadero ABP, Thomas (2000) sugiere que un proyecto, para considerarse un “verdadero ABP” debe cubrir cinco criterios: *centralidad, la pregunta de conducción, las investigaciones constructivas, la autonomía y el realismo*. Enseguida se describen cada uno de ellos, ya que, en esta investigación, el diseño del PE que se reporta se basó en ellos.

3.1.1. Centralidad

De acuerdo con Thomas (2000), este criterio tiene dos corolarios: el primero señala que el proyecto es la estrategia central de enseñanza; es decir, que los estudiantes encuentran y aprenden los conceptos centrales de cierta disciplina a través del proyecto. Hay casos en que el trabajo del proyecto sigue la instrucción tradicional, de tal manera que el proyecto sirve para proporcionar ilustraciones, ejemplos, práctica adicional o aplicaciones prácticas para material enseñado inicialmente por otros medios; sin embargo, este tipo de proyectos de *aplicación* no se consideran ejemplo de un verdadero ABP. El segundo corolario establece que hay un tipo de proyectos llamado de *enriquecimiento* –con actividades en un contexto extracurricular que generalmente se aplican a estudiantes de alta capacidad– en los que los estudiantes aprenden contenidos que se encuentran fuera del plan de estudios, y sin importar qué tan atractivos o motivadores sean estos, tampoco son ejemplos del auténtico ABP.

3.1.2. Preguntas de conducción

De acuerdo con el trabajo de Thomas (2000), los proyectos para estudiantes deben “elaborarse a fin de establecer una conexión entre las actividades y el conocimiento conceptual subyacente que uno podría esperar fomentar” (p. 3). Esto generalmente se hace con una “pregunta de conducción” o un problema semiestructurado. Las preguntas que los estudiantes persiguen, así como las actividades, productos y actuaciones que ocupan su tiempo, deben ser orquestadas al servicio de un importante propósito intelectual.

3.1.3. Investigación constructiva

Las investigaciones pueden ser procesos de diseño, toma de decisiones, búsqueda de problemas, resolución de problemas, descubrimiento o construcción de modelos. Pero, para ser considerado como un proyecto de ABP, las actividades centrales del proyecto deben involucrar la transformación y construcción de conocimiento (es decir, nuevas comprensiones, nuevas habilidades) por parte de los estudiantes. Si las actividades centrales del proyecto no representan ninguna dificultad para el estudiante o pueden llevarse a cabo con la aplicación de información o habilidades ya aprendidas, el proyecto es un ejercicio, no un ejemplo de ABP.

3.1.4. Autonomía

Los proyectos que se consideran ejemplos de ABP no están, en general, dirigidos con guiones específicos o empaquetados para su desarrollo. En este sentido, los ejercicios de laboratorio y los folletos instructivos no son ejemplos de ABP, incluso si están centrados en los problemas y son fundamentales para el plan de estudios. Los proyectos de ABP incorporan mucha más autonomía, elección, tiempo de trabajo no supervisado y responsabilidad del estudiante que la instrucción y proyectos tradicionales.

3.1.5. Realismo

Los proyectos incorporan características que les dan una sensación de autenticidad a los estudiantes. Estas características pueden incluir el tema, las tareas, los roles que juegan los estudiantes, el contexto dentro del cual se lleva a cabo el trabajo del proyecto, los colaboradores que trabajan con los estudiantes en el proyecto, los productos que se generan, la audiencia para los productos del proyecto, o los criterios por los cuales se juzgan los productos o actuaciones. El ABP señala la incorporación de desafíos de la vida real donde el foco está en problemas o preguntas auténticos (no simulados) y donde las soluciones tienen el potencial para ser implementadas.

Dentro de la formación docente, los proyectos deben ser incorporados a las experiencias de aprendizaje y trabajo escolar de los profesores en formación, pues de acuerdo con Burgess (2008) y Pfannkuch (2008), es necesario que los profesores en formación experimenten las mismas experiencias de aprendizaje que sus futuros estudiantes.

3.2. Aprendizajes esperados en estadística

A nivel internacional, la investigación que se realiza actualmente en el área de educación estadística sugiere redirigir la enseñanza y el aprendizaje de esta disciplina de manera que se fomente un aprendizaje más holístico de la estadística, en el cual se privilegie un aprendizaje más conceptual que procedimental. Es decir, un aprendizaje tanto de la aplicación de los temas de estadística como del entendimiento de estos para interpretar datos estadísticos, resolver problemas de la vida real, juzgar situaciones y tomar decisiones; contrario a un enfoque basado en memorizar fórmulas, realizar cálculos manuales y abordar ejercicios descontextualizados de los libros de textos.

Las sugerencias actuales proponen tres enfoques para la enseñanza y aprendizaje de la estadística: cultura, razonamiento y pensamiento estadístico (Ben-Zvi & Garfield, 2004)

3.2.1. Cultura estadística

La cultura estadística se entiende como las habilidades básicas y el conocimiento necesarios para desarrollar el razonamiento y el pensamiento estadístico (delMas, 2002). El término cultura estadística implica comprender y utilizar el lenguaje y las herramientas básicas de la estadística: saber qué significan los términos estadísticos básicos, comprender el uso de símbolos estadísticos simples, conceptos básicos de probabilidad y reconocer y ser capaz de interpretar diferentes representaciones de datos (Garfield & Gal, 1999; Snell, 1999; Rumsey, 2002).

De acuerdo con Gal (2004, p. 49) la cultura estadística se define como:

(a) la capacidad de las personas para interpretar y evaluar críticamente la información estadística, los argumentos relacionados con los datos o los fenómenos estocásticos que pueden encontrar en diversos contextos, y cuando sea relevante (b) su capacidad para discutir o comunicar sus reacciones a tal información estadística, como su comprensión del significado de la información, sus opiniones sobre las implicaciones de esta información, o sus preocupaciones con respecto a la aceptabilidad de las conclusiones dadas.

Existen algunos modelos que intentan representar las características de la cultura estadística, entre los que destaca el modelo de Gal (2002, 2004) que trata sobre la comprensión de la

estadística por parte de los adultos; el modelo de Watson y Callingham (2003) sobre la construcción de la cultura estadística, y el modelo de Sharma, Doyle, Shandil y Takakia (2011) sobre la cultura estadística. Para fines de este estudio se va a considerar el modelo propuesto por Gal, cuyos elementos caracterizan lo que se entiende por cultura estadística.

Elementos de una cultura estadística

En particular, el modelo de Gal (2002, 2004) asume que la cultura estadística de las personas involucra un componente de conocimiento –compuesto por cinco elementos cognitivos: habilidades de alfabetización, conocimiento estadístico, conocimiento matemático, conocimiento contextual y preguntas críticas– y una componente de disposición –compuesto de dos elementos: postura crítica, y creencias y actitudes. En la Figura 3.1, se puede observar un esquema que contiene los elementos generales de la cultura estadística.

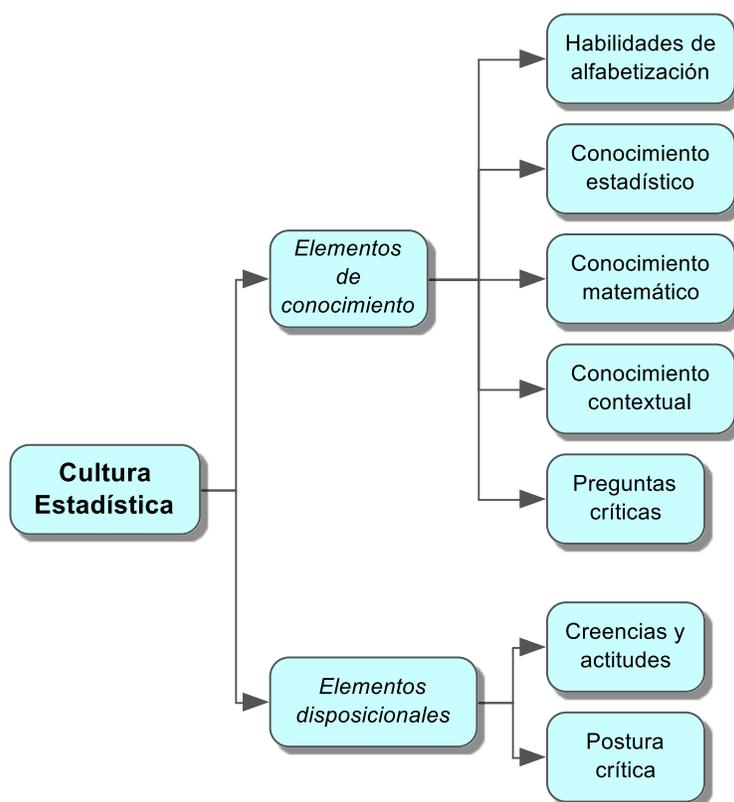


Figura 3.1. Modelo de cultura estadística de Gal (2002, 2004).

Elementos de conocimiento: estos elementos contribuyen conjuntamente a la capacidad de las personas para comprender, interpretar, evaluar críticamente y, si es necesario, reaccionar a los mensajes estadísticos presentes en los medios de comunicación o en su vida cotidiana.

Habilidades de alfabetización: De acuerdo con Rumsey (2002), estas habilidades de cultura estadística implican comprender y utilizar el lenguaje básico y las herramientas de estadística, saber qué significan los términos estadísticos básicos, comprender el uso de símbolos estadísticos simples y reconocer y ser capaz de interpretar diferentes representaciones de datos. Así como una comprensión básica de la probabilidad como medida de la incertidumbre y habilidades para organizar datos, construir y presentar tablas y trabajar con distintas representaciones de datos (Tauber, 2010). Estas habilidades permiten que las personas identifiquen, interpreten y usen la información proveniente de listas, tablas, índices, cuadros y representaciones gráficas (Gal, 2004).

Conocimiento estadístico: Para comprender e interpretar mensajes estadísticos es indispensable conocer los conceptos y procedimientos estadísticos y probabilísticos básicos, así como los conceptos y temas matemáticos implicados. Gal (2004), propone cinco elementos clave para la base de conocimientos estadísticos necesarios para la cultura estadística: 1) Saber por qué se necesitan los datos y cómo se pueden producir; 2) Estar en contacto con términos básicos e ideas relacionadas con estadísticas descriptivas; 3) Familiarizarse con los términos e ideas básicos relacionados con las representaciones gráficas y tabulares; 4) Comprender las nociones básicas de probabilidad; y 5) Saber cómo se establecen las conclusiones o inferencias estadísticas.

Conocimiento matemático: Es evidente que se deben conocer los procedimientos matemáticos que subyacen a la producción de indicadores estadísticos comunes, como el porcentaje o la media. Es fundamental tener habilidades numéricas en un nivel adecuado para permitir la interpretación correcta de los números utilizados en los informes estadísticos. Para Gal (2004), uno de los conocimientos más importantes implica resumir una gran cantidad de observaciones mediante un valor numérico conciso como el porcentaje, la media aritmética o una probabilidad, y por lo tanto se requiere la aplicación de herramientas y procedimientos matemáticos. Los estudiantes deben tener un buen sentido numérico para interpretar conceptos con significados matemáticos múltiples (e.g., porcentaje y probabilidad). Además,

se deben comprender las matemáticas involucradas en la generación de ciertos indicadores estadísticos (e.g., varianza), así como la conexión matemática entre los estadísticos de resumen, las gráficas y las tablas, y los datos sin procesar en los que se basan (Gal, 2002).

Conocimiento contextual: La interpretación adecuada de los mensajes estadísticos por parte de adultos depende de su capacidad para colocar mensajes en un contexto y acceder a su conocimiento del mundo real. El conocimiento del mundo también apoya los procesos generales de cultura y es fundamental para darle sentido a cualquier mensaje (Gal, 2004). Entonces, el sentido que se pueda dar a las afirmaciones o declaraciones estadísticas dependerá de la información que puedan obtener del mensaje sobre los antecedentes del estudio o los datos que se discuten. Esto se debe a que el conocimiento del contexto es el principal determinante en la familiaridad que se puede tener sobre las fuentes de variación y de error. Por lo tanto, el conocimiento del contexto, combinado con algunas habilidades de alfabetización, es un requisito para permitir la reflexión crítica sobre los mensajes estadísticos y para comprender las implicaciones de los hallazgos o números reportados.

Preguntas críticas: una de las características de la cultura estadística implica preocuparse por la validez de los mensajes, la naturaleza y la credibilidad de la evidencia que subyace a la información o las conclusiones presentadas, y reflexionar sobre las posibles interpretaciones alternativas de las conclusiones que se les transmiten (Gal, 2004). Por lo tanto, se debe tener en mente una lista de preguntas críticas con respecto a la información estadística que se comunica o muestra. A continuación, se presenta una lista con ejemplos de algunas preguntas críticas sobre mensajes estadísticos (Gal, 2004, p. 67):

1. ¿De dónde provienen los datos en los que se basa esta afirmación?, ¿qué tipo de estudio fue?, ¿es razonable este tipo de estudio en este contexto?
2. ¿Se usó una muestra?, ¿cómo se tomó la muestra?, ¿cuántas personas participaron realmente?, ¿es la muestra lo suficientemente grande?, ¿la muestra incluía personas/unidades representativas de la población?, ¿la muestra está sesgada de alguna manera? En general, ¿podría esta muestra conducir razonablemente a inferencias válidas sobre la población objetivo?

3. ¿Cuán confiables o precisos fueron los instrumentos o medidas (pruebas, cuestionarios, entrevistas) utilizados para generar los datos presentados?
4. ¿Cuál es la forma de la distribución de los datos sin procesar en los que se basa este resumen estadístico?, ¿importa qué forma tiene?
5. ¿Las estadísticas presentadas son apropiadas para este tipo de datos? Por ejemplo, fue un promedio utilizado para resumir datos ordinales. ¿Es una forma de resumen razonable?, ¿podrían los valores atípicos causar que una estadística resumida falsifique la imagen real?
6. ¿El gráfico presentado se dibuja apropiadamente o distorsiona las tendencias en los datos?
7. ¿Cómo se generó esta afirmación probabilística?, ¿hay suficientes datos para justificar la estimación de probabilidad dada?
8. En general, ¿las afirmaciones hechas aquí son sensatas y están respaldadas por los datos? Por ejemplo, ¿se confunde la correlación con la causalidad?, ¿en la interpretación, una diferencia pequeña se exagera para parecer grande?
9. ¿Debería disponerse de información o procedimientos adicionales para permitirme evaluar la sensibilidad de estos argumentos?, ¿falta algo? Por ejemplo, ¿se menciona el tamaño real de la muestra?
10. ¿Existen interpretaciones alternativas para el significado de los hallazgos o explicaciones diferentes de lo que los causó? Por ejemplo, ¿una intervención o una variable oculta afectaron los resultados?, ¿hay implicaciones adicionales o diferentes que no son mencionadas?

Las respuestas que se generan a estas y otras preguntas relacionadas pueden apoyar el proceso de evaluación crítica de mensajes estadísticos y conducir a la creación de interpretaciones y juicios más informados. Por supuesto, esta lista puede modificarse y algunos de sus elementos se reagruparán, según los contextos de vida y las necesidades funcionales de los diferentes adultos. Puede expandirse más allá de los problemas estadísticos básicos para cubrir temas más amplios de probabilidad y riesgo, o temas estadísticos específicos del

trabajo, como los relacionados con el control estadístico de procesos o el aseguramiento de la calidad (Gal, 2002).

Elementos de disposición

El término *disposiciones* se usa para abordar tres conceptos relacionados, pero algo distintos: postura crítica, creencias y actitudes, que son esenciales para la cultura estadística. Primero se describirá la postura crítica y luego se examinarán las creencias y actitudes que subyacen a esa postura crítica.

Postura crítica: Para Gal (2004), una postura crítica implica que los estudiantes tengan una propensión a adoptar, sin indicaciones explícitas del profesor, una actitud de cuestionamiento hacia mensajes cuantitativos que pueden ser engañosos, unilaterales, parciales o incompletos de alguna manera, ya sea intencionalmente o no. Deben ser capaces y estar dispuestos a invocar espontáneamente su lista personal de preguntas críticas cuando se encuentren con argumentos que pretenden basarse en datos o con informes de resultados o conclusiones de encuestas u otras investigaciones empíricas. Es importante tener en cuenta que la disposición a tomar iniciativa por parte de los alumnos cuando se encuentran con información o mensajes estadísticos a veces puede requerirse en condiciones de incertidumbre.

Creencias y actitudes: Ciertas creencias y actitudes subyacen a la postura crítica y la disposición de las personas a invertir esfuerzo mental u ocasionalmente asumir riesgos como parte de los actos de una cultura estadística. Las actitudes son sentimientos relativamente estables e intensos que se desarrollan a través de la internalización gradual de las repetidas respuestas emocionales positivas o negativas a lo largo del tiempo. Las actitudes se expresan como una declaración de disgusto, agrado o desagrado, y pueden representar, por ejemplo, sentimientos hacia objetos, acciones o temas. Las creencias son ideas u opiniones sostenidas individualmente, sobre una entidad, sobre uno mismo o sobre un determinado contexto social. Muchas veces, las creencias tardan en desarrollarse y los factores culturales juegan un papel importante en su desarrollo. Tienen un componente cognitivo más grande y menos intensidad emocional que las actitudes, son estables y bastante resistentes al cambio en comparación con las actitudes (Gal, 2004). Para mantener una postura crítica, los estudiantes deben desarrollar una creencia en la legitimidad de la acción crítica. Ellos deben defender la idea de que es legítimo ser crítico con los mensajes o argumentos estadísticos, ya sea que

provenzan de fuentes oficiales u otras, por confiables que puedan ser. Los alumnos deben aceptar que es legítimo tener inquietudes sobre cualquier aspecto de un estudio revisado o sobre una interpretación de resultados. Deben siempre plantear preguntas críticas, incluso si no han aprendido mucha estadística formal o matemáticas, incluso si no tienen acceso a toda la información de un estudio.

3.2.2. Razonamiento estadístico

A la forma en que las personas razonan con ideas estadísticas y dan sentido a la información estadística se le llama razonamiento estadístico (Garfield, 2011). El razonamiento se puede considerar como el trabajo que se realiza mediante el uso de las herramientas y los conceptos estadísticos aprendidos durante un curso (Chance, 2002). También es entendido como la capacidad de percibir interrelaciones y conexiones entre varios conceptos e ideas estadísticas (Broers, 2006; Garfield & Ben-Zvi, 2008). Razonar estadísticamente significa comprender y ser capaz de explicar procesos estadísticos y ser capaz de interpretar completamente los resultados estadísticos (Garfield, 2011). Si se les pide a los estudiantes que expliquen por qué o cómo se produjeron los resultados o por qué una conclusión está justificada, se está pidiendo a los estudiantes que desarrollen su razonamiento estadístico. El razonamiento estadístico también se expresa cuando se prueba un modelo seleccionado para ver si representa un ajuste razonable a un contexto específico (delMas, 2004).

De acuerdo con Garfield y Ben-Zvi (2008), hay seis principios que pueden considerarse en el diseño de situaciones didácticas que promuevan el desarrollo del razonamiento estadístico, 1) Enfocarse en desarrollar ideas estadísticas centrales en lugar de presentar un conjunto de herramientas y procedimientos; 2) Utilizar un conjunto de datos reales y motivadores para involucrar a los estudiantes en hacer y probar conjeturas; 3) Utilizar actividades en el aula para apoyar el desarrollo del razonamiento de los estudiantes; 4) Integrar el uso de herramientas tecnológicas apropiadas que permiten a los estudiantes probar sus conjeturas, explorar y analizar datos y desarrollar su razonamiento estadístico; 5) Promover el discurso en el aula que incluya argumentos estadísticos e intercambios sostenidos que se centran en ideas estadísticas significativas, y 6) Utilizar la evaluación para conocer lo que los estudiantes saben y para monitorear el desarrollo de su aprendizaje estadístico, así como para evaluar los planes didácticos y el progreso.

En la Figura 3.2 se pueden ver los elementos del razonamiento estadístico considerados para analizar los PE de esta investigación.

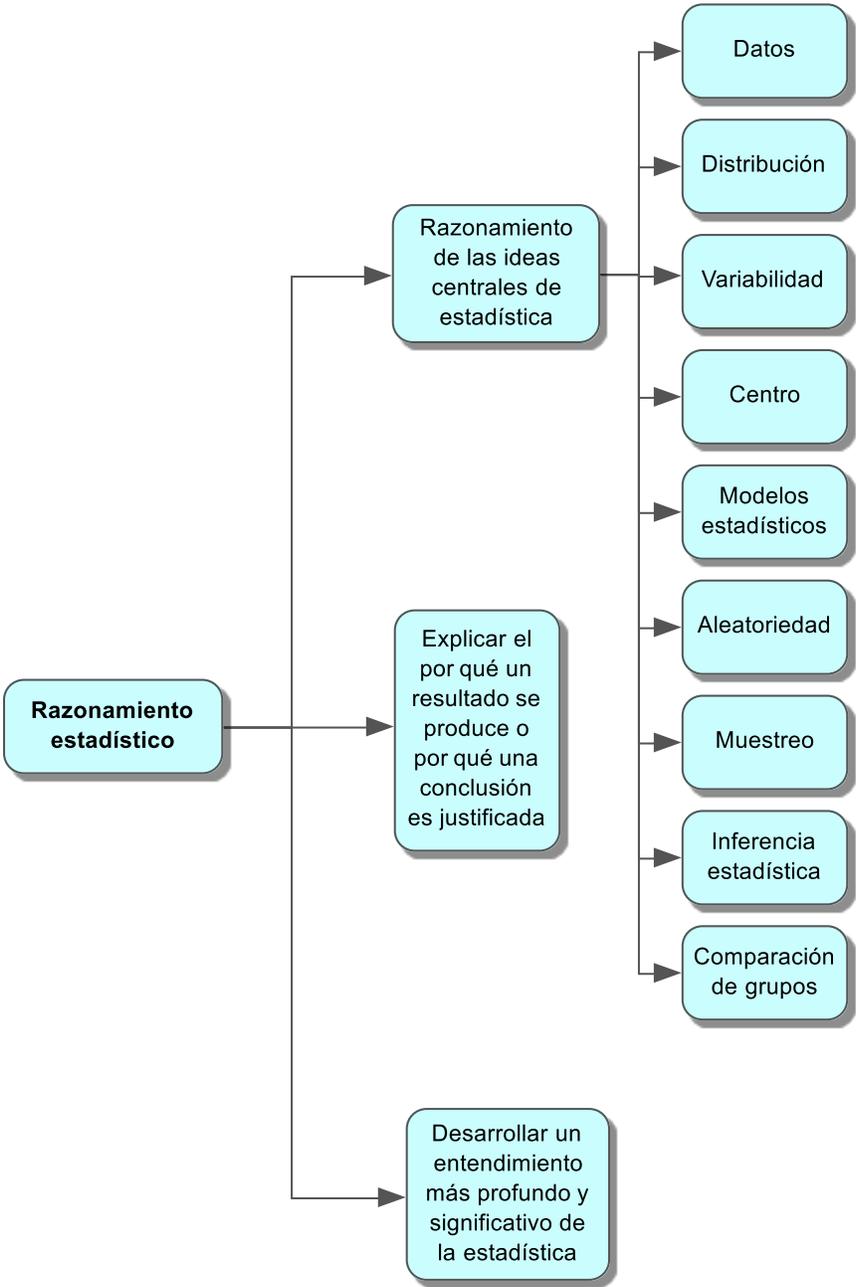


Figura 3.2. Elementos del razonamiento estadístico.

Las grandes ideas del razonamiento estadístico

Además de lo ya mencionado sobre el razonamiento estadístico, de acuerdo con Garfield y Ben-Zvi (2008), el desarrollo de cada una de las *grandes ideas estadísticas* también es considerado como parte del razonamiento estadístico, pues son prioritarias en el aprendizaje de la estadística. Estas ideas son: *datos, modelos estadísticos, distribución, centro, variabilidad, comparación de grupos, muestreo e inferencia estadística*.

Aprender a razonar sobre **los datos**: implica comprender la necesidad de tomar decisiones sobre los datos y evaluar la información, así como conocer los diferentes tipos de datos y cómo es que los métodos de recopilación y producción de datos marcan la diferencia en los tipos de conclusiones que se pueden generar. Se deben conocer las características de los buenos datos para evitar sesgos y errores de medición. También es importante comprender el papel, la importancia y la distinción entre el muestreo y la asignación aleatorios en la recopilación y generación de datos.

Aprender a razonar sobre la **distribución**: se requiere comprender que un conjunto de datos puede ser examinado y explorado como una entidad en lugar de un conjunto de casos separados. Saber que un gráfico de datos cuantitativos puede resumirse en términos de forma, centro y dispersión; que diferentes representaciones del mismo conjunto de datos pueden revelar diferentes aspectos de la distribución; se debe comprender que examinar visualmente las distribuciones es una parte importante y necesaria del análisis de datos, y que las distribuciones pueden formarse a partir de conjuntos de valores de datos individuales o de estadísticas resumidas como la media aritmética. También es fundamental comprender que las distribuciones permiten hacer inferencias comparando una estadística de muestra obtenida con una distribución de todas las estadísticas de muestra posibles para una teoría o hipótesis particular.

Aprender a razonar sobre **la variabilidad**: significa comprender que los datos varían, a veces de manera predecible. Puede haber fuentes de variabilidad que puedan reconocerse y utilizarse para explicar la variabilidad. A veces, la variabilidad se debe a un muestreo aleatorio o error de medición. Otras veces, se debe a las propiedades inherentes de lo que se mide. Una parte importante de la examinación de datos es determinar qué tan dispersos están los datos en una distribución. Por lo general, es útil conocer una medida de centro al

interpretar medidas de variabilidad, y la elección de estas medidas depende de la forma y otras características de la distribución. Hay que saber que las diferentes medidas de variabilidad dicen cosas diferentes sobre la distribución (e.g., la desviación estándar indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media).

Aprender a razonar sobre **medidas de centro**: se requiere interpretar una medida de centro, como el promedio o la mediana, junto con una medida de dispersión y estas consideraciones a menudo se basan en la forma que tiene la distribución para saber si hay otras características como valores atípicos, grupos, sesgos y asimetrías. Para tales interpretaciones, el uso de un *software* estadístico (e.g., Fathom, Minitab o SPSS) puede ser una herramienta de apoyo.

Aprender a razonar sobre **modelos estadísticos**: comprender que los modelos estadísticos pueden ser útiles para ayudar a explicar o predecir los valores de los datos. A veces se comparan los datos con un modelo y luego se analiza qué tan bien los datos se ajustan al modelo al examinar residuales o desviaciones del modelo. También se utilizan los modelos para simular datos con el fin de explorar propiedades de ciertos procedimientos o conceptos.

Aprender a razonar sobre **aleatoriedad**: implica un entendimiento de que cada resultado de un evento aleatorio es impredecible, pero que se pueden predecir patrones a largo plazo. Por ejemplo, no se puede predecir exactamente qué lado de una moneda caerá en un volado, pero si se puede establecer que si se tiran muchos volados alrededor de la mitad serán *águila*.

Aprender a razonar sobre **muestreo**: entender que gran parte del trabajo estadístico implica tomar muestras y usarlas para hacer estimaciones o tomar decisiones sobre las poblaciones de las que se extraen. Las muestras extraídas de una población varían de formas que pueden ser predecibles. Se debe examinar la variabilidad dentro de una muestra, así como la variabilidad entre muestras al momento de hacer inferencias.

Aprender a razonar sobre la **comparación de grupos**: la comparación de grupos se hace tanto de forma gráfica para hacer inferencias informales usando diagramas de caja, de puntos o histogramas, y también de manera formal usando medias, medianas o pruebas del tamaño del efecto. De acuerdo con Makar y Confrey (2004), la comparación de grupos tiene el potencial de dar a los estudiantes contextos auténticos con los datos adecuados para responder preguntas significativas, observando así el poder de los datos para brindar información

importante para la toma de decisiones. Para Abelson (1995), la idea de comparación es crucial porque las diferencias observadas conducen a preguntas que desencadenan la búsqueda de factores explicativos para ciertos fenómenos o experimentos. Así es que cuando se espera una diferencia y no se encuentra, surge la pregunta ¿por qué no hay una diferencia?

Aprender a razonar sobre *la inferencia estadística*: implica comprender que hacer estimaciones o tomar decisiones se basa en muestras de datos presentes en estudios observacionales y experimentales. La precisión de las inferencias se basa en la variabilidad de los datos, el tamaño de la muestra y la idoneidad de los supuestos subyacentes, como la calidad de las muestras aleatorias y si las muestras son lo suficientemente grandes como para asumir distribuciones de muestreo distribuidas normalmente. En esta investigación se contempla el uso de pruebas de hipótesis estadísticas que a su vez involucran un valor-p, mismo que es un indicador utilizado para evaluar la fuerza de la evidencia contra una conjetura particular, pero no sugiere la importancia práctica de un resultado estadístico. Por lo tanto, se debe comprender que el valor-p indica la probabilidad de que una muestra o un resultado experimental tan extremo como lo que se observó dará una teoría o afirmación particular y ayudará a responder la pregunta ¿es este resultado debido a la casualidad o debido a un tratamiento?

Todas estas grandes ideas se van a considerar como un marco para evaluar el desarrollo de un razonamiento estadístico en las futuras docentes de telesecundaria, debido a que esas ideas tienen gran coincidencia con las competencias de las unidades de aprendizaje de un curso oficial de estadística para futuras docentes de primaria propuesto por la SEP (2012), que podría considerarse como lo más cercano al aprendizaje deseable en las futuras profesoras.

3.2.3. El pensamiento estadístico

De acuerdo con Wild y Pfannkuch (1999), el pensamiento estadístico incluye el reconocimiento y la comprensión del proceso de investigación requerido para resolver un problema de la vida real; entender cómo se usan los modelos para simular fenómenos aleatorios; reconocer cómo, cuándo y por qué se pueden utilizar las herramientas inferenciales existentes, y ser capaz de comprender y utilizar el contexto de un problema para planificar y evaluar investigaciones y sacar conclusiones. Para Chance (2002), también incluye saber cómo y por qué usar un método, medida, diseño o modelo estadístico en

particular; una comprensión profunda de las teorías subyacentes a los procesos y métodos estadísticos; además de comprender las limitaciones de la estadística descriptiva y la inferencia estadística

El pensador estadístico puede ir más allá de lo que se enseña en el curso, para cuestionar e investigar espontáneamente los problemas y los datos involucrados en un contexto específico. El pensamiento estadístico se promueve cuando la instrucción desafía a los estudiantes a aplicar su comprensión a problemas del mundo real, criticar y evaluar el diseño y las conclusiones de los estudios, o generalizar el conocimiento obtenido de ejemplos en el aula a situaciones nuevas y algo novedosas (delMass, 2002; Tauber, 2010).

Según Garfield, delMass y Chanche (2003), el pensamiento estadístico implica una comprensión de la naturaleza del muestreo, cómo hacemos inferencias de muestras a poblaciones y por qué se necesitan experimentos diseñados para establecer la causalidad. Incluye una comprensión de cómo los modelos se utilizan para simular fenómenos aleatorios, cómo se producen los datos para estimar las probabilidades, y cómo, cuándo y por qué las herramientas inferenciales existentes pueden utilizarse para ayudar en un proceso de investigación. El pensamiento estadístico también incluye ser capaz de comprender y utilizar el contexto de un problema para formar investigaciones y sacar conclusiones, y reconocer y comprender todo el proceso investigativo. Finalmente, los pensadores estadísticos pueden criticar y evaluar los resultados de un problema resuelto o un estudio estadístico.

Modelo del pensamiento estadístico

Existen varios modelos del pensamiento estadístico que han sido propuestos, algunos generados como producto de la investigación en educación estadística (e.g., Jones, et al, 2000; Ben-Zvi & Friedlander, 1997) y otros de la profesión estadística (e.g., Wild & Pfannkuch, 1999; Hoerl & Snee, 2001). Considerando que en esta investigación se utilizan los proyectos estadísticos para la investigación empírica, el modelo presentado por Wild y Pfannkuch es el que proporciona una visión amplia de lo que se entiende por pensamiento estadístico en este tipo de investigación.

El modelo propuesto por Wild y Pfannkuch (1999) se desarrolló entrevistando a estadísticos y estudiantes de estadística sobre los proyectos estadísticos en los que habían participado y sobre las características de sus tareas, y se complementó mediante una revisión de literatura

relacionada con investigaciones en el campo de la educación estadística. En la Figura 2.3 se puede ver que este modelo se integra por cuatro dimensiones: el ciclo investigativo, el ciclo interrogativo, los tipos de pensamiento y las disposiciones. Los elementos de cada dimensión no son jerárquicos ni lineales, es decir, el pensador puede traer en una acción más de un elemento de las distintas dimensiones.

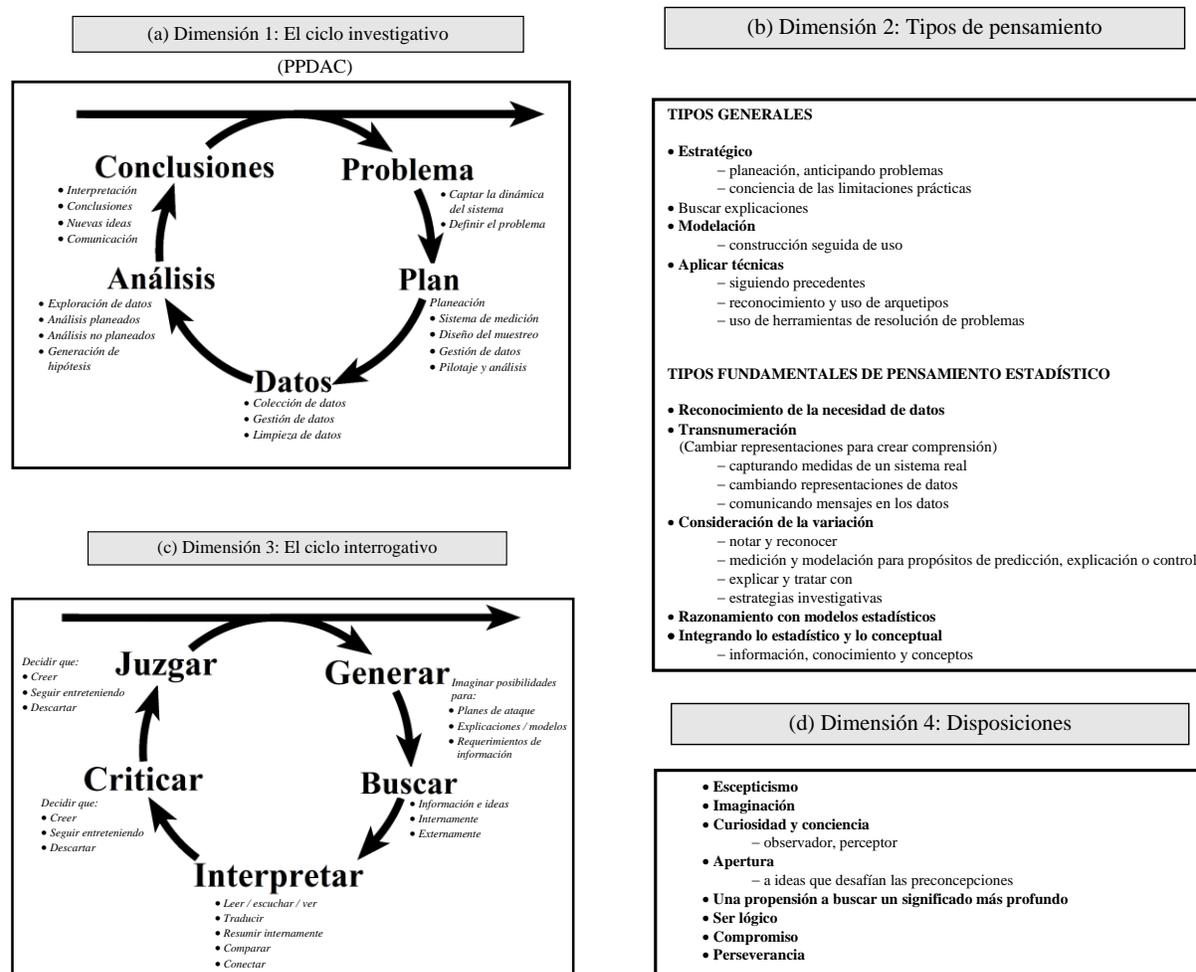


Figura 3.3. Modelo del pensamiento estadístico, adaptado de Wild y Pfannkuch (1999).

Aunque este modelo tiene cuatro dimensiones, para el alcance de este estudio solamente se van a considerar el ciclo investigativo (dimensión 1) y los tipos fundamentales del pensamiento estadístico (dimensión 2). En particular, el ciclo investigativo será usado para guiar el desarrollo del proyecto estadístico por parte de las alumnas del estudio.

Dimensión 1: El ciclo investigativo PPDAC

En esta dimensión del modelo se identifican las etapas o fases en las que se opera durante el desarrollo de una investigación estadística. El ciclo investigativo está formado por cinco fases: Problema, Plan, Datos, Análisis y Conclusiones. Si se pretende que las futuras docentes desarrollen el pensamiento estadístico, es fundamental que comprendan lo que significa un problema estadístico como un aspecto básico que dará sentido al resto de las etapas del ciclo investigativo y a los elementos de las otras dimensiones. En este sentido, se debe destacar que es necesario entender lo que significa realizar una investigación estadística para poder dar sentido a las otras dimensiones del modelo. A continuación, se mencionan las características generales de cada etapa de ciclo investigativo.

Problema: En las partes tempranas del proceso estadístico, el Problema puede comenzar con ideas muy vagas sobre un determinado problema en el que se requiere saber lo que se necesita entender y por qué. De acuerdo con Wild (2016), la etapa del Problema consiste en tratar de convertir estas ideas vagas en objetivos mucho más precisos, generando algunas preguntas muy específicas que deberían poder responderse utilizando datos. Además, es fundamental distinguir entre un problema real y un problema estadístico. Pfannkuch y Wild (2000) explican que este último problema puede ser visto como un subproblema especializado del primero. Aclaran que un problema real puede provenir de cualquier campo disciplinar (e.g., biología, mercadotecnia, educación, medicina, psicología) para el cual la estadística aportará conocimiento para su solución. Para ello, el problema real debe ser simplificado en forma de subproblemas más pequeños llamados problemas estadísticos, de tal forma que esos subproblemas puedan ser abordados mediante técnicas estadísticas particulares. Los problemas estadísticos son producto de un refinamiento del problema real, mismo que ha sido expresado en forma mucho más clara y explícita.

Aunado al planteamiento de un problema estadístico, la fase del Problema también implica la formulación de la pregunta estadística. De acuerdo con Franklin y Garfield (2006, p. 350, citados en Arnold, 2008) “la formulación de una pregunta estadística requiere un entendimiento de la diferencia entre una pregunta que anticipa una respuesta determinística y una pregunta que anticipa una respuesta basada en datos que varían”.

Arnold (2008) clasifica las preguntas estadísticas en: preguntas de resumen, preguntas de comparación y preguntas de relación. Las preguntas de resumen se refieren a preguntas que cuestionan sobre una descripción de los datos y suelen emplearse para un solo conjunto de datos; en el caso contrario, las preguntas de comparación se refieren a dos o más conjuntos de datos que son comparados por una variable en común. Las preguntas de relación se plantean para buscar una interrelación en dos pares de variables.

El planteamiento de la pregunta estadística es un aspecto clave de la primera fase del ciclo investigativo PPDAC, ya que la búsqueda de la respuesta a dicha pregunta supone el tránsito de las fases restantes del ciclo.

Plan: Esta fase del ciclo investigativo consiste entonces en decidir sobre qué personas, objetos, entidades o magnitudes se han de recopilar datos, así como determinar qué cosas se deben medir, cómo se van a medir (e.g., diseño de instrumentos de recolección de datos) y la manera en cómo se va a hacer todo esto (Wild, 2016). El propósito de esta etapa es desarrollar un plan para la recopilación y el análisis de los datos. Se puede dividir la planificación en varias subetapas, algunas de las cuales inevitablemente se superponen. En un uso activo de PPDAC, por parte de las docentes en formación, puede ser necesaria cierta iteración dentro de la etapa y entre las etapas antes de que se desarrolle un plan satisfactorio.

Los datos: De acuerdo con MacGillivray y Pereira-Mendoza (2011), esta etapa implica la recopilación, el manejo y la limpieza de los datos. En los proyectos con datos primarios o de fuentes secundarias, se debe hacer énfasis en la comprensión de la necesidad de datos representativos bien recopilados. Ya sea que los datos se recopilen (primarios) o se proporcionen (secundarios), en la etapa de planificación se debe considerar la cuestión de la representatividad de los datos. Los datos pueden usarse para hacer inferencias sobre un grupo más grande o una situación más general, si los datos pueden considerarse representativos de ese grupo más grande o una situación más general con respecto a las preguntas de interés. El objetivo de la etapa de Datos es ejecutar el Plan y asegurar la calidad de los datos en preparación para el análisis.

El análisis: En esta fase, los estudiantes deben explorar formas de mostrar datos, las razones detrás de diferentes enfoques de visualización y las ideas para limpiarlos. Además, se deben calcular las medidas estadísticas necesarias y desarrollar representaciones de datos efectivas

que cumplan con los resultados de la actividad (Pfannkuch & Wild, 2000). El propósito de la etapa de análisis es utilizar los datos recopilados y la información del Plan para tratar de responder las preguntas formuladas en la etapa del Problema. El diseño y formalidad del análisis depende de muchas cosas, incluidas las siguientes: la complejidad del problema y plan; la habilidad del analista; la cantidad de variabilidad inducida por el plan; y la audiencia prevista del estudio. La información obtenida en la etapa anterior se explora para establecer su factibilidad en la solución del problema planteado.

Conclusiones: En la fase de conclusión, los estudiantes interpretan sus resultados, reflexionan sobre el proceso y extraen inferencias críticas (Makar & Fielding-Wells, 2011). En este momento, los profesores necesitan recurrir a técnicas hábiles de cuestionamiento y comprensión de análisis estadísticos para facilitar el razonamiento de los estudiantes y ayudarlos a conectar sus conclusiones con la evidencia que han recopilado. El objetivo de la etapa de Conclusión es informar los resultados del estudio en el lenguaje del problema. Se deben usar resúmenes numéricos concisos y gráficos de presentación para aclarar la discusión. Además, la conclusión proporciona una oportunidad para discutir las fortalezas y debilidades del Plan, los Datos y el Análisis, especialmente con respecto a los posibles errores que puedan haber surgido.

Dimensión 2: Tipos fundamentales para el pensamiento estadístico

Estos tipos fundamentales para el pensamiento representan los cimientos sobre los que descansa el pensamiento estadístico. En esta categoría se encuentran:

Reconocimiento de la necesidad de datos: Burgess (2007) señala que la investigación comienza con una pregunta o un problema que se pretende resolver, lo que hace que sea necesaria la información en forma de datos. De hecho, la base de la investigación estadística se basa en la idea de que muchas situaciones reales no se pueden juzgar sin la recopilación y el análisis de datos debidamente recopilados. La evidencia anecdótica o la propia experiencia puede ser poco confiable y engañosa para los juicios y la toma de decisiones. Por lo tanto, los datos recopilados adecuadamente se consideran un requisito principal para emitir juicios confiables sobre situaciones reales.

Transnumeración: La transnumeración se refiere a “transformaciones de aritmética hechas para facilitar la comprensión” (Wild & Pfannkuch, 1999, p. 227). Implica un cambio de

representaciones para fomentar la comprensión de los datos. De acuerdo con Pfannkuch y Wild (2004), la transnumeración ocurre en tres casos específicos: (1) cuando se encuentran medidas que capturan cualidades o características de la situación real; (2) cuando los datos que se han recopilado se transforman de datos brutos en múltiples representaciones gráficas, resúmenes estadísticos, etc., en una búsqueda para obtener el significado de los datos, y (3) cuando el significado de los datos, el juicio, tiene que ser comunicado en una forma que otros puedan entender en términos de la situación real.

Un ejemplo de transnumeración consiste en cambiar datos brutos en gráficas y así aprender que los diferentes tipos de representación revelan diversos aspectos de los datos y que a partir de estas representaciones se puede sintetizar una historia (Shaughnessy & Pfannkuch, 2002). Otro ejemplo de transnumeración es aprender que los datos brutos pueden categorizarse para aprender y obtener más conocimiento a partir de estos. Por ejemplo, si la lista de datos sin procesar tiene actividades favoritas como internet, juegos de mesa, lectura, natación (Chick et al., 2005), estas actividades podrían categorizarse como actividades activas y sedentarias, en equipo o individuales, o competitivo y no competitivo, y así sucesivamente. La categorización de los datos permite más información sobre los datos.

Consideración de la variación: De acuerdo con Pfannkuch y Wild (2004), la recopilación adecuada de datos y la realización de juicios sólidos a partir de los datos requieren una comprensión de cómo surge la variación y se transmite a través de los datos, y la incertidumbre causada por la variación no explicada. El reconocimiento de que la variación juega un papel importante en la determinación, manejo e interpretación de los datos es fundamental para el pensamiento estadístico. En particular, el razonamiento sobre muestreo, la variabilidad del muestreo, el razonamiento inferencial y la consideración de las fuentes de variación son algunos de los componentes básicos del conocimiento estadístico. La consideración de la variación es un tipo de pensamiento que comienza al notar la variación en una situación real, y luego influye en las estrategias que se adoptan en las etapas de diseño y gestión de datos cuando, por ejemplo, se intenta eliminar o reducir las fuentes conocidas de variabilidad. Continúa más adelante en las etapas de análisis y conclusión al determinar cómo actuamos en presencia de variación, que puede ser ignorar, planificar o controlar la variación. Dado que la estadística aplicada se trata de hacer predicciones, buscar explicaciones, encontrar causas y aprender en la esfera del contexto, se buscan y caracterizan

patrones en la variación y se intenta entenderlos en términos del contexto en un intento de resolver el problema. La consideración de los efectos de la variación influye en todo pensamiento a través de cada etapa del ciclo de investigación.

Razonamiento con modelos estadísticos: Es necesario establecer que los modelos estadísticos son ideales y rara vez coinciden exactamente con los datos de la vida real. La utilidad de un modelo estadístico depende de la medida en que un modelo sea útil para explicar la variabilidad en los datos (Garfield et al., 2008). Los modelos estadísticos predominantes son aquellos desarrollados para el análisis de datos, por ejemplo: modelos de regresión o modelos de series de tiempo, incluso, herramientas mucho más sencillas, como los gráficos estadísticos, pueden considerarse modelos estadísticos, ya que son formas estadísticas de representar y pensar la realidad. Cuando se usan modelos estadísticos para razonar, el enfoque se centra más en el razonamiento agregado que en el individual, aunque se usan ambos tipos. El razonamiento individual adecuado se concentra en puntos de datos individuales con poco intento de relacionarlos con el conjunto de datos más amplio, mientras que el razonamiento basado en agregados se refiere a patrones y relaciones en el conjunto de datos como un todo. Se establece un diálogo entre los datos y los modelos estadísticos. Los modelos pueden permitir encontrar patrones en los datos, encontrar propensiones grupales y ver la variación de estos patrones a través de la idea de distribución. Los modelos permiten resumir datos de múltiples maneras dependiendo de la naturaleza de estos.

En su forma más básica, el razonamiento con modelos estadísticos incluye el razonamiento a partir de gráficos estadísticos como diagramas de barras, gráficos de puntos, histogramas, diagramas de cajas, diagramas de dispersión, tablas de recuentos bidireccionales. Cada tipo de diagrama organiza estructuralmente los datos y depende del tipo de datos, cualitativos y cuantitativos. El razonamiento a partir de los gráficos de datos requiere la capacidad de observar, decodificar, evaluar y juzgar y expresar verbalmente y por escrito los mensajes inherentes a un tema en particular. Desarrollar el lenguaje estadístico, la argumentación y la comunicación de los docentes es fundamental para aprender a razonar a partir de los acontecimientos. El desarrollo de razonamiento requiere tiempo y experiencia en el aula.

Integrando lo estadístico y lo contextual: Aunque los tipos de pensamiento anteriores están vinculados al conocimiento contextual, la integración del conocimiento estadístico y el

conocimiento contextual es un elemento fundamental identificable del pensamiento estadístico. El modelo estadístico debe capturar elementos de la situación real; por lo tanto, los datos resultantes llevarán su propia base de literatura (Cobb & Moore, 1997), o más generalmente, su propio cuerpo de conocimiento del contexto. Debido a que la información sobre la situación real está contenida en los resúmenes estadísticos, una síntesis de conocimiento estadístico y contextual debe operar para extraer lo que se puede aprender de los datos sobre el ámbito del contexto de manera que se pueda responder al problema de investigación, juzgarlo según los datos y tomar decisiones.

3.2.4. Distinción entre cultura, razonamiento y pensamiento estadístico

La cultura, el razonamiento y el pensamiento estadístico son resultados de aprendizaje únicos, pero parece haber cierta superposición y un tipo de jerarquía, donde la cultura estadística proporciona la base para el razonamiento y el pensamiento (Garfield, 2011). En la Figura 3.4 se aprecia una representación de cómo se concibe que los tres enfoques son áreas únicas, pero que puede haber algún tipo de traslape o interferencia entre ellos (delMas, 2002). Una apreciación jerárquica puede verse en el documento de Gómez-Blancarte y Santana (2018).



Figura 3.4. *Superposición y relación entre cultura, razonamiento y pensamiento estadístico*

A menudo, la definición de un enfoque incorpora habilidades de los otros dos, ya sea uno o ambos. De hecho, algunos investigadores suelen usar los términos razonamiento y pensamiento indistintamente (e.g., Ben-Zvi & Friedlander, 1997; Sedlmeier, 2000; Jones et

al., 2001; Chick & Watson, 2002). La superposición inherente de algunos elementos que componen los tres enfoques se vuelve un problema si el objetivo es distinguirlos, sin embargo, desde la perspectiva docente, la superposición sugiere que una sola actividad instructiva puede tener el potencial de desarrollar más de uno de estos elementos.

Dado que en esta investigación se cuestiona el aprendizaje de elementos de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico, mediante el trabajo con PE, con base en las ideas teóricas de estos enfoques se diseñó un conjunto de indicadores analíticos (ver capítulo 4) a fin de apoyar el análisis de los datos.

3.3. Conclusiones del Capítulo 3

El aprendizaje basado en proyectos es una forma de instrucción que ha demostrado gran efectividad para que los estudiantes resuelvan problemas mediante una serie de actividades relacionadas con un proceso de investigación. Sin embargo, para considerarse como un verdadero proyecto en el marco del ABP, los proyectos deben tener cinco características importantes (Thomas, 2000). La primera es la *centralidad*, que significa que el proyecto es el medio principal por el que se estudian los contenidos curriculares. La segunda es que los proyectos deben estar basados en *preguntas de investigación*. La tercera es que los proyectos deben promover *investigaciones constructivas*, en las que se deben aprender cosas nuevas. La cuarta es la *autonomía*, que se refiere a que la responsabilidad y toma de decisiones asociadas con el proyecto recaen en los estudiantes y no en el instructor. La quinta es el *realismo*, lo cual significa que los proyectos incorporan elementos desafiantes de la vida real.

Las investigaciones en educación estadística indican que la instrucción de la estadística debe ser dirigida al desarrollo de una cultura, un razonamiento y un pensamiento estadístico. Se sabe que los proyectos estadísticos son un medio por el cual se pueden desarrollar elementos de cultura estadística (Conti & Carvalho, 2014), elemento del razonamiento estadístico (Inzunza, 2017) y elementos del pensamiento estadístico (Biheler, 2005).

En la Figura 3.5 se pueden observar cómo todas las ideas teóricas expuestas se organizan para formar el marco teórico empleado tanto para diseñar los proyectos como para entender y analizar el aprendizaje de las alumnas que los desarrollaran.

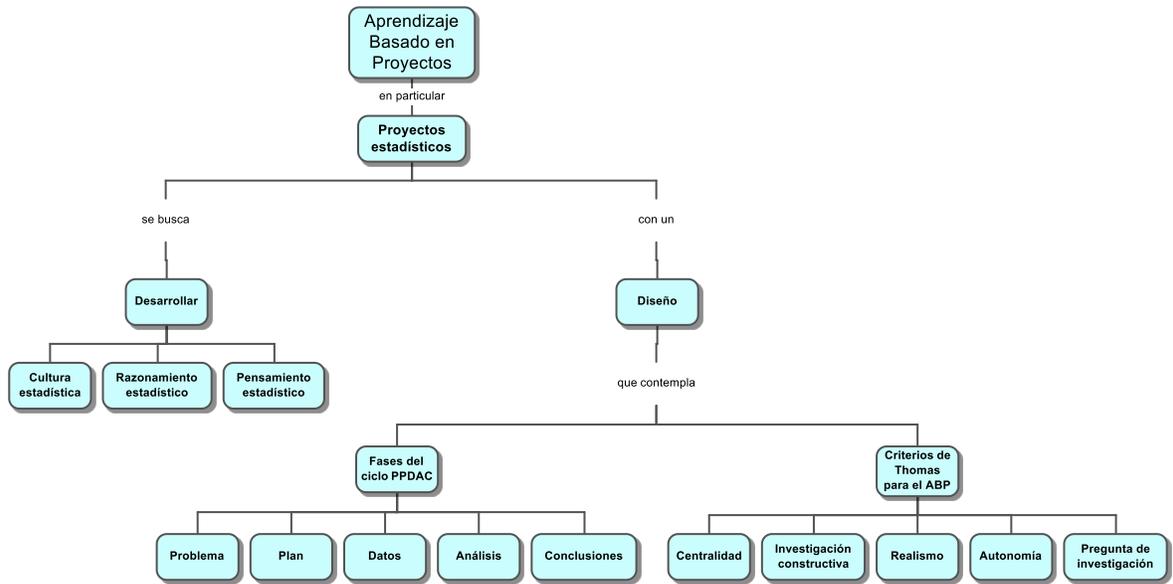


Figura 3.5. Integración de los referentes teóricos para la investigación.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

Introducción

En este capítulo se describen los procesos metodológicos que se realizaron para llevar a cabo el presente estudio. En el primer apartado se expone el diseño en el que se fundamenta la investigación, una descripción detallada de los participantes y su contexto; en una segunda sección, se describe el diseño e implementación del trabajo con PE, el cual tomó lugar dentro del programa curricular de las futuras docentes, participantes de este estudio. Por último, se detalla el procesamiento y análisis de los datos.

4.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de la presente investigación es de tipo cualitativo, él se refiere a una colección de enfoques de investigación de las ciencias sociales con base lingüística que estudia el ámbito de la experiencia humana (Frank & Polkinghorne, 2010). Una metodología de corte cualitativo consiste en comprender los significados que las personas atribuyen a sus encuentros con otras personas, su entorno cultural y los objetos materiales. Los estudios cualitativos generan datos en forma de descripciones de los participantes, de sus experiencias, y utilizan procedimientos analíticos literarios para la comprensión de la experiencia investigada. Los investigadores cualitativos buscan los significados que las personas han construido y están interesados en aprender sobre cómo las personas dan sentido a su mundo y las experiencias que tienen en el mundo (Merriam & Tisdell, 2015). También buscan respuestas a sus preguntas en el mundo real y luego interpretan lo que ven, escuchan y leen en el mundo que los rodea (Rossman & Rallis, 2016). La investigación que se reporta estudió a un grupo de futuras docentes de telesecundaria en su contexto real de formación, el foco de la investigación fue analizar los elementos de aprendizaje que se promovieron durante un curso en que se trabajó con la metodología de proyectos estadísticos. Los datos que se analizan provienen de diferentes materiales que fueron desarrollados durante las sesiones de

clase de dicho curso, incluyendo el discurso suscitado por parte de las participantes en esas sesiones. En este sentido, el enfoque del estudio es cualitativo, pues se basa en la participación de las futuras docentes y su manera de comprender los elementos de aprendizaje implicados en el trabajo con proyectos estadísticos, así como de su experiencia en este tipo de metodología.

4.1.1 Participantes

La población de interés para los objetivos de esta investigación estuvo formada por las alumnas¹ de la Escuela Normal Rural “Carmen Serdán” (ENRCS). Esta escuela es una institución formadora de docentes que se encuentra en el municipio de Teteles de Ávila Castillo, en el estado de Puebla. El municipio se localiza en la parte Noreste del Estado de Puebla. Es la única normal rural del estado con modalidad de internado para mujeres. Actualmente ofrece tres licenciaturas: a) Licenciatura en educación primaria, b) Licenciatura en educación secundaria con especialidad en telesecundaria, c) Licenciatura en educación preescolar. La edad de las alumnas oscila entre los 17 y los 22 años. Las estudiantes normalistas de la escuela proceden tanto del estado de Puebla como de los estados de Guerrero, Veracruz, Oaxaca, Tlaxcala y Morelos. Actualmente hay inscritas cerca de 350 estudiantes en la institución.

Las participantes de esta investigación fueron 17 estudiantes de segundo grado de la Licenciatura en Educación Secundaria con Especialidad en Telesecundaria (LESET) que se encontraban en cuarto semestre cursando la asignatura de La Enseñanza de las Matemáticas II (EM-II) durante el ciclo escolar 2017-2018. La edad promedio de las alumnas era de 19 años.

4.1.2. Características del curso EM-II

El diseño curricular del curso EM-II contempla un total de tres unidades; la primera dedicada a analizar la resolución de problemas y el papel del maestro en el aprendizaje de las matemáticas, la segunda para revisar las sugerencias didácticas en el tratamiento de algunos contenidos curriculares, y la tercera destinada a reflexionar sobre los procesos de enseñanza

¹ En esta investigación, para variar la manera en que se hace referencia a estas alumnas, se usan también términos como futuras docentes, profesoras en formación, estudiantes.

y los recursos didácticos en la escuela telesecundaria. De acuerdo con la SEP (2001, p. 3), al final del curso EM-II se espera que las futuras docentes:

- Comprendan la relación entre la organización de los contenidos de los programas de matemáticas de la educación secundaria y el tratamiento de estos contenidos en el aula, a partir de los propósitos educativos y el enfoque de enseñanza de la asignatura.
- Diseñen y pongan en práctica estrategias de trabajo considerando los conocimientos y habilidades de los alumnos para identificar, plantear y resolver problemas, y comunicar estrategias, procedimientos y resultados matemáticos.
- Reconozcan la pertinencia de las actividades didácticas que diseñan y realicen las adecuaciones que sean necesarias durante los procesos de trabajo en aula, para asegurar el logro de los propósitos de enseñanza de las matemáticas.

Una de las formas de promover que se cumplan los propósitos anteriores es que las futuras docentes desarrollen su experiencia profesional al trabajar 2 semanas las actividades de práctica docente durante el curso, en las que diseñan propuestas didácticas asociadas con la enseñanza de las matemáticas y del español en telesecundaria. Estas jornadas de práctica son coordinadas conjuntamente entre los profesores que atienden los cursos EM-II, Observación y Práctica Docente (OPD) y La Enseñanza del Español II.

Como parte de las actividades de evaluación del curso OPD, se les pide realizar un informe que es entregado al final de las jornadas de práctica. Los informes tienen la intención de sistematizar la experiencia y, junto con su planeación y las muestras de trabajo de los estudiantes, son una herramienta de gran utilidad para desarrollar las actividades de análisis, ya que les permiten recordar, reflexionar y valorar los logros de los alumnos, así como el propio desempeño. Por lo general, esos informes muestran un bajo nivel en las habilidades de las futuras docentes para analizar estadísticamente los logros de los estudiantes con los que practican. El tipo de informe que suelen entregar las alumnas contiene la descripción del contexto de práctica (nombre y ubicación de la escuela, número de alumnos y grado escolar del grupo con el que practicaron) y la síntesis de algunas situaciones que las docentes en formación pueden considerar relevantes (e. g., dificultades al implementar la propuesta didáctica). De ahí que el trabajo con PE se consideró útil para apoyar, entre otros, el trabajo

que las alumnas realizan en sus prácticas docentes y coadyuvar en el logro de los objetivos del curso EM-II.

4.2. Desarrollo del PE

El PE fue diseñado y ejecutado dentro del curso EM-II. El diseño se fundamentó en aspectos clave (ver Figura 4.1) de la teoría descrita en el capítulo anterior, como son los criterios del ABP y las orientaciones de los enfoques de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico. Así como en sugerencias identificadas en la revisión de literatura sobre el trabajo con PE, por ejemplo, el uso de la tecnología (ver capítulo 2).

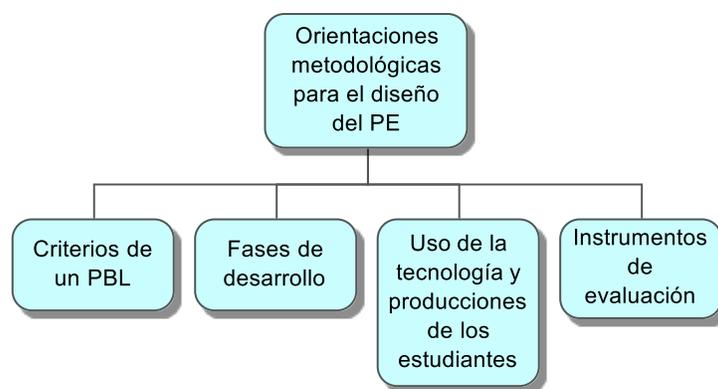


Figura 4.1. Consideraciones para el diseño del PE.

Dado que el PE formó parte de las prácticas docentes que realizan las alumnas, las futuras docentes acudieron a sus grupos de práctica a observar las características de los estudiantes que luego tendrían que atender; recibieron, por parte de los titulares de los grupos con los que practican, la asignación de los contenidos curriculares que debían de abordar (en este caso fueron contenidos sobre álgebra, probabilidad, aritmética y geometría en primero, segundo y tercer grados). A partir de esa información, elaboraron una propuesta didáctica de matemáticas que implementaron durante 10 sesiones de práctica en los grupos de telesecundaria que les fueron asignados por parte de la formadora de docentes encargada del curso OPD. Así, el PE tenía como problema de investigación principal la evaluación de la propuesta didáctica, por ello, fue realizado de manera individual. Además del PE, las futuras

docentes también diseñaron y eligieron materiales didácticos (e.g., hojas de trabajo, videos, *software*) para ejecutar su propuesta didáctica.

4.2.1. Criterios de un ABP

A continuación, se presenta la forma en que fueron considerados los cinco criterios para asegurar que la implementación del trabajo con PE dentro del curso EM-II se apegara a los cinco criterios de Thomas (2000): preguntas o problemas de investigación, investigaciones constructivas, centralidad, autonomía y realismo.

Preguntas o problemas de investigación

Se dedicaron tres sesiones para definir el problema estadístico y plantear las preguntas estadísticas necesarias para conducir el PE. Algunos autores (e.g., Inzunza, 2017) recomiendan que antes de iniciar con las actividades se presente al menos un ejemplo de un proyecto que, de preferencia haya sido hecho en un contexto similar al que van a vivir, por lo tanto, en la primera sesión, se les mostró un reporte de investigación que describe el trabajo de un PE implementado también con futuras docentes de telesecundaria que estudian en la ENRCS (ver Santana y Gómez-Blancarte, 2019).

A partir de dicho ejemplo, se recordó a las futuras docentes la aplicación de exámenes escritos que ellas deben aplicar a sus estudiantes de forma oficial, al menos tres veces por semestre (Secretaría de Gobernación, 2019), y que con los resultados que se obtienen se deben reportar los hallazgos en forma estadística, lo que incluye hacer tablas, gráficas y estadísticos descriptivos. Cuando las docentes son titulares frente a grupo están obligadas a evaluar a sus estudiantes para obtener información valiosa sobre el desempeño de los alumnos y de ellas mismas. Sin embargo, muchas veces ellas no tienen los conocimientos necesarios para el manejo de herramientas estadísticas que pueden utilizar para obtener tal información. Sobre esta base, se les explicó que era necesario que aprendieran algunos métodos estadísticos que les serían útiles en su trabajo profesional.

Realismo

El realismo fue parte fundamental de este proyecto y, aunque las futuras docentes no eligieron propiamente el tema de estudio, se pensó en proponer un problema que retratará lo mejor posible un escenario muy similar al que van a enfrentar dentro de su trabajo profesional.

Todos los docentes en servicio están obligados a evaluar trimestralmente a sus alumnos durante el ciclo escolar, utilizando varios instrumentos entre el que se encuentra una prueba escrita (SEP, 2017). Luego de aplicar esos instrumentos, se les pide revisar las respuestas de los estudiantes y posteriormente deben capturar los puntajes en una hoja de cálculo de Excel que puede graficar y generar algunas estadísticas descriptivas como el promedio. Sin embargo, esas hojas de cálculo son predeterminadas y una vez que se entregan realmente no se hace ningún tipo de análisis ni se realizan interpretaciones. Esta es una problemática que enfrentan los docentes en servicio, porque muchas veces no tienen una idea clara de lo que dicen los resultados de sus alumnos, ni tampoco la relación que pudiera existir con su práctica docente. En este sentido, el PE estuvo cargado de realismo porque se utilizó el contexto profesional en el que se van a desempeñar las futuras docentes, además de que el proyecto formó parte del trabajo que realizan en sus jornadas de práctica docente.

Investigaciones constructivas

Se considera que se promovieron investigaciones constructivas porque el PE demandó, en gran medida, la construcción de conocimiento, tanto estadístico como pedagógico, nuevo para las alumnas. Las docentes en formación tuvieron que descubrir y profundizar sobre una serie de temas estadísticos (e.g., gráficas de cajas, histogramas, pruebas de hipótesis) que nunca habían estudiado, así como desarrollar nuevas habilidades docentes (e.g., diseño de las propuestas didácticas) y técnicas (e.g., uso de Minitab y SPSS). Al menos la mitad de las participantes en estos proyectos nunca habían utilizado siquiera Excel, por lo que haber utilizado estas herramientas de computadoras significó una forma distinta de hacer estadística, comparado con la instrucción tradicional que todas tuvieron.

Las futuras docentes realmente invirtieron tiempo, en promedio unas 20 horas efectivas, y esfuerzo en elaborar correctamente las pruebas escritas. Invirtieron cerca de otras 20 horas en estudiar y elaborar la presentación del tema que les tocaría exponer frente al grupo. Realmente tuvieron que consultar libros de texto (e.g., Triola, 2013) para comprender tanto conceptos como procesos estadísticos totalmente novedosos para ellas.

Centralidad

Se puede decir que la mayor dificultad para el diseño del ABP es cumplir el criterio de centralidad. La centralidad implica que el proyecto debe ser el medio primario por el que se aprenden los temas curriculares, en lugar de que los contenidos sean presentados primero por el formador de docentes y luego el proyecto se utilice para reforzar o practicar esos contenidos, lo que generalmente se implementa al final del curso como forma de evaluación de lo aprendido.

Por lo tanto, en este caso, el PE fue la estrategia fundamental por la que se esperaba que los estudiantes abordaran y aprendieran los elementos de aprendizaje de una cultura, razonamiento y pensamiento estadístico. El papel del formador fue guiar todo el diseño del PE de cada una de las alumnas, proporcionar los recursos necesarios para el diseño y desarrollo de los PE e intervenir en todas las dudas o aclaraciones que no pudieran ser atendidas correctamente por las futuras docentes, o cuando se estuvieran explicando erróneamente algunos de los conceptos o herramientas estadísticas. La participación del formador fue constante porque orientaba y asesoraba durante todas las sesiones a las futuras docentes. Con la idea de que el ABP es una metodología que implica un cambio de paradigma tanto en los estudiantes como en los docentes, se trató de evitar “dar clases tradicionales” y de esta forma afianzar la centralidad.

Autonomía

En este proyecto se promovió la autonomía de las futuras docentes porque el formador delegó muchas responsabilidades que en la enseñanza tradicional recaen en él, como presentar inicialmente de forma magistral los temas. Antes de iniciar con las actividades del PE, primero se les pidió leer y se explicó sobre el cambio de paradigma que se esperaba en ellas como desarrolladoras del proyecto al trabajar bajo la metodología del auténtico ABP, porque se les pediría invertir tiempo para hacer mucho más trabajo por su cuenta del que hacen en un curso que no las involucra con proyectos. De igual forma se explicó que el formador participaría de forma distinta a la acostumbrada y que ellas ocuparían un lugar preponderante en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

4.2.2. Fases para el desarrollo del proyecto estadístico

El diseño del PE que cada una de las alumnas elaboró fue guiado y estructurado según las cinco fases del ciclo investigativo PPDAC propuesto por Wild y Pfannkuch (1999). Para cada fase se destinaron tres sesiones, la primera sesión era para el inicio, la segunda para el desarrollo y la tercera para el cierre de la fase en cuestión. La descripción general de las actividades que se proponen para cada fase del proyecto (ver Tabla 4.1) puede dar una idea global de lo que se hizo durante el desarrollo del PE.

Tabla 4.1

Actividades didácticas en cada fase del proyecto estadístico

Fases del proyecto	Descripción general de las actividades
1) Planteamiento del problema de investigación	<ul style="list-style-type: none">• Definir y delimitar adecuadamente el tema o problema de estudio elegido para el proyecto.• Redactar las preguntas estadísticas.
2) Planificación del desarrollo del PE	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar un plan de acción para desarrollar el proyecto.• Identificar la fuente de datos (mediciones, simulaciones o bases de datos).• Definir las variables, la población y la muestra para el proyecto.• Definir el tipo de estudio estadístico (descriptivo, correlacional, inferencial, comparativo).• Elegir las pruebas estadísticas, según la naturaleza de los datos y del problema estadístico.• Determinar el <i>software</i> a utilizar para el análisis de datos.• Elaborar el instrumento para la recolección de datos.
3) Ejecución de actividades del PE	<ul style="list-style-type: none">• Recolectar o generar los datos.• Limpiar los datos.
4) Análisis de los datos recolectados en el PE	<ul style="list-style-type: none">• Realizar el análisis de los datos.• Interpretar las tablas, gráficas y estadísticas descriptivas.• Interpretar los resultados de las pruebas estadísticas aplicadas.• Hacer una interpretación holística de los resultados de acuerdo con el contexto del tema del proyecto.

- Dar respuesta a las preguntas estadísticas y proponer soluciones al problema estadístico planteado.
 - Plantear nuevas preguntas de investigación.
- 5) Presentación de resultados del PE
- Redactar el informe final.
 - Elaborar un póster científico con los resultados del proyecto.
 - Presentar los hallazgos ante sus compañeras de grupo.
-

4.2.3. Uso de la tecnología y producciones de las futuras docentes

Del estudio de Bailey et al. (2013) se tomaron orientaciones metodológicas sobre el uso de la tecnología y para establecer algunas evidencias o productos generados por parte de las futuras docentes. En particular se consideró el uso del *software* estadístico (e.g., SPSS, Minitab) y el programa Excel para que las futuras docentes realizaran actividades de procesamiento de datos para su proyecto. También se consideró utilizar una plataforma Moodle (<https://enrcs.moodlecloud.com/>) para habilitar un espacio virtual que sirviera como repositorio para las indicaciones, foros, actividades y los instrumentos de evaluación del PE. Debido a que la dinámica de trabajo en una escuela normal rural puede ser impredecible porque puede haber inasistencias o suspensión de labores de forma abrupta, se pensó en que la plataforma Moodle podría ayudar a que se pudiera trabajar con el grupo pese a que no estuvieran de forma presencial.

El reporte del PE, el cartel y la presentación oral fueron considerados como producciones que las docentes en formación deberían realizar, porque estos productos representan retos intelectuales importantes que promueven el desarrollo de habilidades como la redacción, la argumentación, la síntesis de información y la comunicación estadística.

4.2.4. Instrumentos de evaluación del curso EM-II

Como se buscó que los PE fueran la estrategia central de instrucción del curso EM-II, se pensó que era necesario que todas las actividades y productos asociados con el PE tuvieran un valor del cien por ciento en la evaluación final, es decir, la evaluación que las futuras docentes obtuvieran en el proyecto sería la evaluación final que obtendrían en dicho curso. Se consideraron tres aspectos en la evaluación del proyecto: el primer aspecto era el reporte, mismo que se ponderó con el cincuenta por ciento del total; el segundo aspecto era el diseño

e impresión del cartel, y fue ponderado con el treinta por ciento del total; el veinte por ciento restantes se asignó a la presentación oral sobre el proyecto hecha frente al grupo. Para evaluar el reporte del PE se utilizó una rúbrica (ver Anexo B) basada en la propuesta por Figueroa et al. (2014); para evaluar el cartel se diseñó la rúbrica considerando los aspectos para evaluar pósteres en los concursos que organiza la Asociación Americana de Estadística (ver Anexo C) y para evaluar la presentación oral se diseñó un instrumento propuesto por el departamento de estadística de la Universidad Politécnica Estatal de California (ver Anexo D).

4.3. Implementación del PE

En esta sección se ofrecen detalles de la implementación del PE (ver Tabla 4.2) y de las actividades específicas que se pensaron para promover los elementos de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico en las futuras docentes de telesecundaria.

Tabla 4.2

Sesiones que comprendió el desarrollo del PE

Nombre del PE: <i>Mi práctica docente</i>		
Fases	Sesiones	Fechas
Fase 1	Sesión 1	Jueves 7 de febrero
Planteamiento del problema de investigación	Sesión 2	Martes 12 de febrero
	Sesión 3	Jueves 14 de febrero
	Sesión 4	Martes 19 de febrero
Fase 2	Sesión 5	Jueves 21 de febrero
Planificación del desarrollo del PE	Sesión 6	Martes 26 de febrero
	Sesión 7	Jueves 28 de febrero
Fase 3	Sesión 8	Martes 5 de marzo
Ejecución de actividades del PE	Sesión 9	Jueves 7 de marzo
	Sesión 10	Martes 12 de marzo
Fase 4	Sesión 11	Jueves 14 de marzo
Análisis de los datos recolectados en el PE	Sesión 12	Martes 19 de marzo
	Sesión 13	Martes 11 de junio
Fase 5	Sesión 14	Jueves 13 de junio
Presentación de resultados del PE	Sesión 15	Martes 18 de junio

El curso EM-II abarcó 20 sesiones de 90 minutos cada una, inició el 5 de febrero de 2019 y concluyó el 21 de junio del mismo año. De las 20 sesiones, 15 se destinaron para el desarrollo del PE, organizado en cinco fases que se describen enseguida.

4.3.1. Fase 1. Planteamiento del problema de investigación

Esta fase abordó la comprensión del problema del mundo real y los problemas estadísticos que podrían surgir del mismo. Se buscó promover la participación y la socialización de las ideas mediante dos foros -en la plataforma Moodle- que fueron titulados *Compartiendo ideas sobre el problema real y el problema estadístico* y *Compartiendo ideas sobre las preguntas estadísticas*, en los que tenían que verter todas sus dudas y comentarios relacionados con esta fase del PE. Las futuras docentes tuvieron que entregar dos productos en esta fase, el primero era establecer el problema estadístico y el segundo, redactar las preguntas estadísticas de su PE.

4.3.2. Fase 2. Planificación del desarrollo del PE

Se comenzó con una introducción a la fase de planeación de actividades, y se abrió el foro titulado *Comentarios y dudas sobre la fase 2*. En esta fase se tuvieron que entregar seis productos por parte de las futuras profesoras. El cronograma de su PE mediante un diagrama de Gantt, el plan de actividades detallado, definir explícitamente la población y la muestra para el proyecto, identificar las variables implicadas en su PE, el instrumento para la recolección de sus datos y una lista de referencias sobre algunos documentos (e. g., programas de estudio, libros de texto, artículos de revista, tesis, etc.) que podrían servir como fundamento teórico para su proyecto.

4.3.3. Fase 3. Ejecución de actividades del PE

Se abrió un foro titulado *Comentarios y dudas sobre la fase 3* como un espacio para la participación de las futuras docentes. En esta fase se planteó que las futuras docentes entregaran cuatro productos: las evidencias fotográficas de recolección de datos, las pruebas escritas evaluadas, una hoja de Excel con los datos “limpios”, y un video de 5 minutos en el que se observara a las docentes en formación durante alguna de sus sesiones de práctica. Sin embargo, este último producto no se pudo cumplir debido a las restricciones de los titulares y directivos de las escuelas de práctica que no permitieron tomar videos.

En esta fase, las futuras docentes iniciaron la presentación de los temas curriculares (ver Tabla 4.3) de estadística que se les había solicitado desde la fase 1.

Tabla 4.3*Contenidos curriculares presentados por las futuras docentes*

Temas	Responsables	¿Cuándo se presenta el tema?
Tablas de frecuencia	A1	
Gráficas estadísticas	A2	
Resúmenes estadísticos	A3	Sesión 3, fase 3
Fundamentos de pruebas de hipótesis	A4	
Prueba-t pareada	A5	
Prueba-t para datos independientes	A6 y A7	Sesión 1, fase 4
Prueba ANOVA	A8 y A9	
Prueba de Wilcoxon	A10 y A11	
Prueba Mann-Whitney	A12 y A13	Sesión 2, fase 4
Prueba de Kruskal-Wallis	A14 y A15	
Prueba de la magnitud del efecto	A16 y A17	Sesión 3, fase 4

4.3.4. Fase 4. Análisis de datos recolectados en el PE

Se inició con la introducción a la fase de análisis, y también se abrió un foro titulado *Comentarios y dudas sobre la fase 4* en el que se esperaba atender las dudas y promover la participación de las docentes en formación. Los productos considerados para esta fase fueron cuatro, el primero consistió en las tablas estadísticas utilizadas para analizar los datos, el segundo producto fueron las gráficas estadísticas generadas de la información procesada, el tercer producto fue el resumen de estadísticos descriptivos generado a partir de los datos y el último producto era la descripción de los métodos estadísticos utilizadas para realizar el análisis de los datos. En esta fase se concluyeron las presentaciones hechas por las futuras docentes sobre los contenidos curriculares de estadística (ver Tabla 4.3).

4.3.5. Fase 5. Presentación de resultados del PE

Para esta última fase del proyecto se inició con la introducción a la fase de conclusiones, se abrieron dos foros, el primero titulado *Comentarios y dudas sobre la fase 5* y el segundo titulado *Dudas y comentarios sobre el reporte final y sobre el póster*, y como productos de esta última etapa tuvieron que entregar la redacción de las conclusiones y la discusión de resultados, el reporte final del proyecto, y el póster final impreso y en formato digital.

4.4. Procesamiento y análisis de datos

Los datos que fueron contemplados para esta investigación se obtuvieron de cuatro fuentes principales: (1) las video grabaciones de las 15 sesiones de clase presenciales que se dedicaron para el desarrollo del PE, (2) los foros de la plataforma Moodle, (3) el reporte escrito del PE que entregó cada alumna y (4) las grabaciones de las presentaciones orales del PE.

El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante un proceso basado en el modelo de Leavy (2017) que incluye: (1) preparación y organización de datos, (2) revisión inicial, (3) codificación, (4) categorización y tematización, y (5) interpretación. La preparación y organización de los datos consistió en revisar las video grabaciones de cada una de las 15 sesiones de clase y transcribir su contenido en un documento. En total, se transcribieron 1200 minutos de grabación. El documento de las transcripciones se organizó en hojas con dos columnas, en una de ellas se escribía el texto de las grabaciones y en la otra se escribían algunos comentarios, cuando eran necesarios. Las transcripciones de cada fase del proyecto se organizaron en tres momentos (inicio, desarrollo y cierre de cada fase).

El análisis de las transcripciones se realizó mediante un trabajo colaborativo entre el autor de esta tesis y la asesora de la tesis, el cual consistió en identificar los datos que daban cuenta de la promoción de elementos de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico. Para ello, se utilizó el marco de indicadores de esos enfoques. Es decir, este marco sirvió como un referente para el análisis de los datos que se efectuó con base en los indicadores diseñados según las ideas teóricas de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico.

4.4.1 Diseño del marco de indicadores para cultura, razonamiento y pensamiento estadístico

Con base en la revisión de las ideas teóricas sobre los enfoques de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico, expuestas en el capítulo 3, se diseñó un marco de indicadores y criterios analíticos (ver Anexo E) que se utilizaron para identificar la promoción de los elementos de esos enfoques durante el desarrollo del PE. En la Tabla 4.4 se muestra un resumen de dicho marco.

Tabla 4.4

Marco de indicadores y criterios de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico

Enfoque	Elementos	Indicadores	Criterios
<i>1. Cultura Estadística</i>	1.1. Habilidades de alfabetización estadística	6	9
	1.2. Conocimiento estadístico base	5	18
	1.3. Conocimiento matemático	6	9
	1.4. Conocimiento del contexto	3	7
	1.5. Preguntas críticas	6	12
	1.6. Disposiciones (Creencias, actitudes y postura crítica)	4	12
<i>2. Razonamiento Estadístico</i>	2.1. Desarrollar ideas estadísticas centrales en lugar de presentar un conjunto de herramientas y procedimientos.	9	60
	2.2. Explicar el por qué un resultado se produce o por qué una conclusión es justificada.	3	9
	2.3. Desarrollar un entendimiento más profundo y significativo de la estadística.	1	4
<i>3. Pensamiento Estadístico</i>	3.1. El ciclo investigativo	5	28
	3.2. Tipos fundamentales para el pensamiento estadístico	5	14
	3.3. El ciclo interrogativo	5	7
	3.4. Disposiciones	8	8

El marco de indicadores se diseñó según las ideas teóricas de los enfoques de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico (ver Capítulo 3); para cada uno de los elementos que componen dichos enfoques, se diseñaron un conjunto de indicadores generales que representan las demandas de los elementos. Dado que los indicadores son descriptivos generales, se elaboraron criterios específicos que dieran mayor detalle del indicador. En este sentido, se puede decir que, al considerar el número de criterios por indicador, el marco se compone de un total de 197 indicadores (67 de cultura estadística, 73 de razonamiento estadístico y 57 de pensamiento estadístico).

4.4.2. Análisis de los datos

Como se mencionó, los datos de esta investigación provienen de las transcripciones de cada una de las sesiones de clase que tomó el desarrollo del PE (incluyendo las exposiciones orales del PE), así como de las evidencias de trabajo realizado por las alumnas en la plataforma Moodle y el reporte escrito del PE. El primer paso del análisis consistió en una clasificación de los datos según las cinco fases en que se desarrolló el PE. La clasificación dio lugar a tematizar el discurso en 9 episodios en los que se analiza –a través del marco de indicadores– cómo las futuras docentes desarrollaron una cultura, un pensamiento y un razonamiento estadísticos por medio de los PE.

De acuerdo con van Dijk (1981), un episodio se concibe como una parte de un todo, que tiene un principio y un final, y por lo tanto se define en términos temporales. Los episodios se toman como unidades semánticas de un texto; en este caso, las transcripciones de las video grabaciones y el reporte escrito constituyen los textos. Los episodios denotan un evento o acción general, un elenco específico de participantes, coordenadas de tiempo y lugar. En esta investigación se restringe la identificación de los episodios a manifestaciones que reflejan el contenido estadístico relacionado con los elementos de aprendizaje de una cultura, razonamiento y pensamiento estadístico, suscitado durante las fases 1, 2, 4 y 5 del desarrollo del PE. No se consideró la fase 3, pues fue el momento en que las futuras docentes implementaron su propuesta didáctica y las pruebas. Estos eventos, representan los argumentos que apoyan el análisis de cada uno de los 9 episodios, lo cual constituye el siguiente capítulo.

4.5. Conclusión del Capítulo 4

Esta investigación se realiza con un enfoque cualitativo en el que se analizan 9 episodios que contienen aspectos relevantes de una experiencia de formación de docentes de telesecundaria, en la ENRCS con un grupo de 17 alumnas de segundo grado, basada en el trabajo con proyectos estadísticos. La investigación fue desarrollada en el curso titulado La Enseñanza de las Matemáticas II.

Las consideraciones metodológicas para el diseño del proyecto implementado fueron los cinco criterios del ABP (problema de investigación, realismo, investigaciones constructivas,

centralidad y realismo); las cinco fases para el desarrollo del proyecto (planteamiento, planificación, ejecución, análisis y presentación de los resultados del PE); el uso de *software* estadístico (Excel, Minitab, SPSS y Tamaño del Efecto) para el procesamiento y análisis de datos; además se habilitó una plataforma Moodle para el desarrollo del PE. La evaluación del curso se basó completamente en el trabajo realizado por parte de las estudiantes normalistas al desarrollar el PE.

Los contenidos estadísticos que se abordaron durante el desarrollo del PE fueron: tablas de frecuencias, gráficas estadísticas, resúmenes estadísticos, fundamentos de pruebas de hipótesis, prueba-t pareada, prueba-t para datos independientes, prueba ANOVA de un factor, prueba de Wilcoxon, prueba Mann-Whitney, prueba de Kruskal-Wallis y prueba de la magnitud del efecto.

Las actividades del PE tuvieron una duración de 15 sesiones de clase de 90 minutos cada una, las cuales fueron video grabadas. Se transcribieron cerca de 1200 minutos de grabaciones de las sesiones de clase, mismas que incluían las sesiones de exposición del PE por parte de las alumnas. Las transcripciones, así como las evidencias en la plataforma Moodle, y el reporte escrito del PE que entregó cada alumna fueron los datos que se analizaron mediante un proceso que consideró la preparación y organización de datos, una revisión inicial, la codificación, categorización y tematización, y la interpretación de la información. En este proceso se incluye la elaboración de un marco de indicadores y criterios sobre los elementos de aprendizaje de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

Introducción

En esta sección se analiza el contenido estadístico que se abordó durante el desarrollo de los proyectos realizados por las futuras docentes de telesecundaria. Para ello, se muestra el análisis de cuatro de las cinco fases en que se desarrollaron los PE –Planteamiento del problema de investigación, Planificación del desarrollo del PE, Análisis de los datos, Presentación de resultados del PE. En cada fase se analizan episodios cuyo contenido estadístico está relacionado con los elementos de aprendizaje de una cultura, un razonamiento y un pensamiento estadístico. De esta manera, el capítulo está organizado en cinco secciones. Las primeras cuatro corresponde a cada una de las fases. En la fase 1 (Planteamiento del problema de investigación) se analiza el episodio 1; en la fase 2 (Planificación del desarrollo del PE), los episodios 2, 3 y 4; la fase 4 (Análisis de los datos), los episodios 5, 6 y 7, y en a última fase (Presentación de resultados), los episodios 8 y 9. En la última sección de este capítulo se presente una tabla resumen de la relación entre el contenido estadístico de los episodios y los elementos desarrollados de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico (ver Tabla 5.2).

5.1 Fase 1: Planteamiento del problema de investigación

En esta primera fase se estableció el problema real que abordarían las futuras docentes en sus respectivos PE. Para ello, el formador proporcionó información necesaria para identificar qué es un problema real, un problema estadístico y cómo se pueden redactar las preguntas de investigación o estadística que daría origen al desarrollo del proyecto. En esta sección se analizan tres episodios que evidencian la manera en que fueron promovidos elementos de aprendizaje relacionados con la comprensión de la diferencia entre un problema real, un problema estadístico, y la distinción de preguntas estadísticas. Estos elementos, son fundamentales para desarrollar un pensamiento estadístico.

5.1.1 Episodio 1. Distinguiendo el problema real, el problema estadístico y la pregunta estadística

Para este episodio, algunas de las futuras docentes participaron haciendo lecturas de textos, proporcionadas por el formador de docentes (FD), y que resaltaban términos como problemas reales, problema y pregunta estadísticos:

- A7: (Lee) Los proyectos estadísticos deben abordar problemas reales en situaciones del mundo real, por ejemplo, ¿qué tan limpia está nuestra escuela? y ¿cómo podemos hacerla más limpia? [...].
- FD: Recordemos que el pensamiento estadístico se caracteriza porque se pretende que al desarrollarlo se puedan resolver problemas. Tenemos entonces que definir bien lo que es un problema estadístico y las preguntas estadísticas que van a guiar su proyecto [...].
- A8: (Lee) Problema práctico o problema del mundo real. Se trata de un tipo de problema en el que tanto la fuente como la solución se encuentran fuera de la estadística, pero donde la investigación estadística proporciona parte de la información y la comprensión necesaria para llegar a una solución [...]. Un problema estadístico es un problema que se disecciona y se lleva a cabo al recopilar primero datos y análisis de datos relacionados con el proceso en su totalidad [...].
- A9: (Lee) Una pregunta estadística es aquella que puede responderse mediante la recolección de datos y dónde se sabe que existirá variabilidad en esos datos [...]. Por ejemplo: ¿cuánto tiempo suelen dedicar los estudiantes de segundo grado de telesecundaria a hacer su tarea cada semana? [...]. Por otro lado, la pregunta: ¿cuánto tiempo pasó Juan haciendo su tarea la tarde de ayer? [...] no es una pregunta estadística.
- FD: [...] La pregunta general aquí es: ¿se puede encontrar un método para aumentar la probabilidad de que una persona acepte convertirse en un donante de órganos? Si esta pregunta se refina entonces se puede plantear así: La opción predeterminada presentada a los solicitantes de licencias de conducir, ¿influye en la probabilidad de que alguien se convierta en un donante de órganos? [...].

El objetivo de estas actividades fue que las futuras docentes asociaran el desarrollo del pensamiento estadístico con el trabajo de los PE, y que a su vez comprendieran que estos últimos buscan ante todo servir para resolver problemas reales de los cuales se pueden generar varios problemas y preguntas de tipo estadístico que detonan las fases del ciclo

PPDAC. Las participaciones iniciales del primer episodio comenzaban a sentar las bases para que las futuras docentes de telesecundaria comprendieran que el objetivo de realizar un PE era plantear y resolver problemas mediante la aplicación de algunos métodos estadísticos.

Para apoyar la comprensión de problemas reales y estadísticos, se les proporcionó a las alumnas algunos ejemplos de proyectos estadísticos hechos por un grupo diferente a cargo del mismo formador.

A2: El problema real que se presentó en el tercer grado de la telesecundaria “Álvaro Gálvez y Fuentes”, fue la dificultad para la resolución de problemas relacionados con las transformaciones geométricas como son: simetría axial, simetría central, rotación y traslación [...]. Los problemas estadísticos que se abordan son:

1. Determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los resultados obtenidos por los grupos que se comparan.

2. Determinar la magnitud o tamaño del efecto de las diferencias obtenidos por los grupos que se comparan.

FD: [...] Cuando estuve revisando sus borradores en la plataforma pude ver que al menos la mitad no ponen el problema estadístico o las preguntas estadísticas. Algunas de plano redactaron preguntas que para nada se pueden considerar como preguntas estadísticas. Miren, por ejemplo:

1.- ¿Cómo afecta el rendimiento de un alumno dentro del aula?,

2.- ¿Cuántos alumnos de 3er grado de telesecundaria resolvieron correctamente el post-test aplicado sobre probabilidad?

Alguien me podrá decir ¿por qué no son preguntas estadísticas?

A3: Las preguntas estadísticas deben responderse con muchos datos, y en la primera pregunta nada más habla de un alumno. En la segunda pregunta, no se requieren herramientas estadísticas, por lo tanto, no sería una pregunta estadística.

FD: [...] Las preguntas deben ser preguntas estadísticas, porque implican muchos datos, variabilidad, y para responderlas requieren el uso de herramientas estadísticas, como por ejemplo las medidas de dispersión [...].

A3: Profesor, pero entonces ¿cómo sabemos cuáles herramientas estadísticas se van a usar para responder las preguntas estadísticas?

Casi desde el principio del proyecto, las futuras docentes entendieron bien de lo que se trataría el problema real, es decir, ellas sabían que se trataba de un problema real proveniente de sus propias prácticas docentes. Sin embargo, fue mucho más complicado que identificaran los problemas estadísticos que podrían derivar de los problemas reales. No todas las docentes en formación comprendieron el concepto y las características de una “pregunta estadística”, ya que redactaban preguntas que no consideraban la variabilidad o el uso de métodos estadísticos (Arnold, 2008; Inzunza, 2006).

La formulación de las preguntas estadísticas no fue una tarea fácil, al principio, las estudiantes normalistas tuvieron muchas dificultades para plantear preguntas estadísticas adecuadas, pues las que planteaban (e. g., *¿cómo afecta el rendimiento de un alumno dentro del aula?*, *¿cuántos alumnos de tercer grado de telesecundaria resolvieron correctamente el post-test aplicado sobre probabilidad?*) no caracterizaban tipos de preguntas que anticiparan cierta variabilidad, que se respondieran con una gran cantidad de datos o que tuvieran que aplicar algún método estadístico para contestarse. Durante el desarrollo de las sesiones iniciales del curso se buscó dar ejemplos de problemas reales, problemas estadísticos y preguntas estadísticas que se pueden generar en un PE, esto con el objetivo de que las docentes en formación identificaran las características de esas preguntas y problemas y de esta forma comenzaran a prever sus propias preguntas y la forma en que podrían buscar sus respuestas.

Para el final de la fase 1 fue más notorio el avance en el planteamiento de problemas y de preguntas estadísticas por parte de las futuras docentes. Enseguida se muestran ejemplos del tipo de problemas (A1, A9, A5, A11, A15) que propusieron las alumnas.

A1: El problema real del PE es que durante las jornadas de práctica se registró bajo nivel en los conocimientos básicos en matemáticas específicamente durante la enseñanza de áreas y perímetros para primer grado.

(Lee el problema estadístico para su proyecto) Determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los resultados obtenidos por los grupos que se comparan [...].

A9: Determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los resultados obtenidos entre pre-test y post-test.

- A5: Determinar la probabilidad de que para un par de alumnos seleccionados al azar el puntaje del post-test sea mayor que el puntaje del pre-test.
- A11: Determinar la probabilidad de que un par de alumnos seleccionados al azar el puntaje del examen diagnóstico sea mayor al puntaje del examen final.
- A15: Se determina cuál sería el impacto que tendría el hecho de implementar una propuesta didáctica que se basara precisamente en la enseñanza de áreas y perímetros en los alumnos de nuevo ingreso a la educación secundaria.

Las preguntas estadísticas (A6, A12, A14 y A17) que se presentan enseguida ejemplifican el tipo de preguntas que las alumnas, dado los problemas estadísticos antes expuestos, se formularon.

- A12: ¿Implementar una propuesta didáctica basada en la enseñanza de las Matemáticas, mejora el nivel de aprendizaje de los alumnos de Telesecundaria?
- A14: ¿Implementar una propuesta didáctica basada en la comparación de situaciones mejora el nivel de conocimientos matemáticos de los estudiantes de telesecundaria?
- A17: ¿Cuántas desviaciones estándar de diferencia hay entre los resultados del pre-test y el post-test?
- A6: ¿Existe evidencia que sustente la afirmación de que los resultados obtenidos por los estudiantes de 1° B son significativamente mayores después de implementar la propuesta didáctica?

Se observa cómo estas preguntas eran coherentes con los problemas estadísticos que las alumnas tenían planteados. Si bien, las preguntas son en algunos casos muy generales (e.g., preguntas de la A12 y A14) y, en el caso de la A17, una pregunta demasiado específica, es importante señalar el esfuerzo de las alumnas por intentar alinearse a los requerimientos del PE.

El planteamiento de los problemas estadísticos implica conocer y analizar un problema real, a partir del conocimiento y familiaridad que se tenga sobre un determinado contexto. En este caso, las futuras docentes tenían la consigna de pensar en un problema relacionado con sus prácticas docentes. Es decir, su PE debía abonar al cumplimiento del objetivo de esas prácticas, en donde las alumnas identificarían una problemática de aprendizaje en algún contenido matemático y debían diseñar una propuesta didáctica que favoreciera una mejora

en esa problemática. Por ello, se puede observar, en la redacción de las primeras propuestas de los problemas estadísticos un intento en plantear un problema relacionado con buscar un cambio o una diferencia entre una evaluación inicial y una final, en donde la aplicación de la propuesta didáctica marcaría esa diferencia.

El proceso de plantear preguntas estadísticas es iterativo y requiere invertir una gran cantidad de tiempo y trabajo para escribirlas adecuadamente (Arnold & Pfannkuch, 2018). En este caso, para las futuras docentes representó un gran reto plantear sus preguntas estadísticas porque necesitaban asegurarse de que la pregunta implicara una recolección de datos que varían (Franklin & Garfield, 2006), y de que se respondiera con algún método estadístico (Rusell, 2006). Las alumnas intentaron incluir en la formulación de sus preguntas esos métodos (e.g., “cuántas desviaciones estándar”, “significativamente mayores”). No sorprenden las dificultades mostradas por las alumnas, ya que ellas nunca se habían enfrentado al planteamiento de preguntas del tipo estadístico. De hecho, algunos investigadores (e. g., Shaughnessy, 2007) reconocen que en la enseñanza de la estadística se enfatiza en los procesos de recolección, análisis y conclusiones que en el planteamiento adecuado del problema y la planificación.

5.2 Fase 2: Planificación del desarrollo del PE

La segunda fase del PE incluyó la generación de un plan de actividades, la determinación de variables, el diseño del PE, la elaboración del instrumento para la recolección de datos y la elaboración de la propuesta didáctica por parte de las futuras docentes. Los elementos de aprendizaje que se abordaron en esta fase se han organizado en tres episodios. El primero aborda la identificación de las variables, el segundo el reconocimiento del tipo de estudio y el tercero se enfoca en la elaboración del instrumento para la recolección de datos.

5.2.1 Episodio 2. Identificando las variables del PE

Uno de los puntos centrales de la planificación del PE fue la identificación de las variables involucradas en el PE. En este caso, se buscó que ellas pudieran identificar y organizar esas variables, por lo que la fase comenzó con una definición del concepto de variable.

A7: (Lee un fragmento de un texto) ¿Qué son las variables? En este punto es necesario definir qué es una variable. Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse.

FD: En el segundo punto se les pide identificar las variables que aparecen en su proyecto. Para este caso les voy a pedir que hagan una tabla de variables como la siguiente [ver Figura 5.1]:

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	ESCALA	VALORES
Participante	Número de participante	Nominal	Ninguna
Método	Método de enseñanza utilizado	Nominal	0 - Método expositivo-lección magistral 1 - Método aprendizaje orientado a proyectos
Tiempo de resolución	Tiempo de resolución del instrumento medido en minutos	Razón	Minutos
Años cumplidos	Años cumplidos de las alumnas	Razón	
Sexo	Sexo	Nominal	0 - Hombre 1 - Mujer
Tipo de población	Tipo de población donde cursó nivel medio superior	Nominal	0 - Rural 1 - Urbano
Población de	Tipo de población de donde	Nominal	0 - Rural

Figura 5.1. *Ejemplo de tabla para identificar y organizar las variables.*

A17: (Pregunta en el foro) En cuanto a la tabla de variables, ¿cuál es su función principal o por qué es importante?

FD: La importancia de poner tablas de variables radica en que ustedes puedan identificar el tipo de variables que intervienen en su proyecto, la escala de medidas y la descripción. Con esto puedes tener mejor claridad de lo que tienes que medir y la forma de medirlo.

Este tipo de presentación les permitió a las estudiantes tener en cuenta, de manera más clara, cuáles era las variables que estaban involucrando en su proyecto, lo que posteriormente, les ayudó en el diseño de su instrumento. La tabla sobre variables dio lugar a que las alumnas identificaran conceptos estadísticos como el tipo de variable (cualitativas y cuantitativas), y, con ello, centrar su atención en comprender su significado, como se observa enseguida.

FD: Necesito que revisen bien una clasificación de las variables, para que entiendan lo que significa nominal, ordinal, de razón o escala, cualitativas, cuantitativas, etc. Deben también recordar lo que es una variable dependiente y lo que es una variable independiente. Este esquema les puede ayudar un poco a ir ordenando mejor los tipos de variables [ver Figura 5.2].

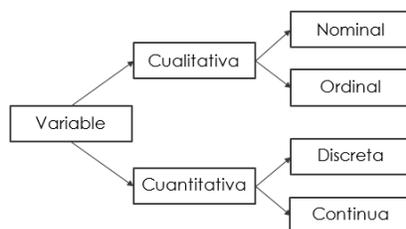


Figura 5.2. Ejemplo para clasificación de variables.

Con este ejercicio se buscaba promover que las estudiantes hicieran una revisión de vocabulario, de conceptos y también de ejemplos de los tipos de variables. También se hizo énfasis en aclarar que las mediciones de variables conllevan la variabilidad en los datos, sin importar el tipo de estudio o de variables consideradas.

Una tabla de variables elaborada por una estudiante se muestra a continuación.

FD: ¿Quién quiere mostrar su tabla de variables?

A3: En mi caso yo identifiqué cinco variables, el género, los puntajes en las pruebas, la propuesta didáctica, el grupo y la practicante que atiende a determinado grupo. [Presenta una diapositiva con su tabla en la Figura 5.3].

Nombre	Tipo y subtipo	Medida
Género	Cualitativa y nominal	1 = Hombres 2 = Mujeres
Puntaje en las pruebas escritas	Cuantitativa y discreta	Números enteros con escala del 0 al 10
Propuesta didáctica	Cualitativa y ordinal	1 = Antes 2 = Después
Grupo	Cualitativa y ordinal	1 = A 2 = B
Practicante	Cualitativa y nominal	1 = Practicante 1 2 = Practicante 2

Figura 5.3. Ejemplo de la tabla de variables.

A3: No estoy segura, pero la variable dependiente sería el puntaje. Aunque en este caso hay varias variables independientes. ¿Todas las otras son independientes?, ¿verdad?

FD: Sí, de hecho, la variable dependiente sería el puntaje que sus estudiantes van a obtener en los exámenes escritos. Las otras variables podrían considerarse independientes. La variable

dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la manipulación de alguna de las variables independiente tiene sobre ella.

Con la evidencia anterior, se puede notar que las estudiantes normalistas estaban identificando, clasificando y estableciendo las unidades de medida para algunas de las variables implícitas en su PE. Sin embargo, todavía requerían orientaciones por parte del formador para establecer si las variables eran dependientes o independientes.

5.2.2 Episodio 3. Identificando el diseño del estudio

En cuanto al diseño del estudio, se compartió información relacionada con el concepto de diseño cuasi experimental, ejemplos de la población y muestra. En lo que respecta al instrumento, se discutieron aspectos sobre las preguntas para la prueba pre y post que aplicaría cada alumna, según su tema, así como aspectos relacionados con el análisis de los datos.

A3: (Lectura por parte de la alumna) [...] En un estudio cuasi experimental, el experimentador no tiene control completo sobre la manipulación de la variable independiente. Se tiene control sobre el momento de la medición de la variable dependiente, pero no tiene control sobre el momento de la manipulación experimental o sobre cómo los participantes son asignados a las diferentes condiciones del estudio [...]. Los cuasi experimentos son experimentos que tienen tratamientos, pruebas preliminares, pruebas posteriores y casos, pero que no utilizan asignación aleatoria [...].

FD: A ver díganme, ¿qué opinan?, ¿qué tipo de diseño será el que ustedes van a tener?

A3: Profesor, cuando nosotras asistimos a practicar en la escuela no podemos elegir los grupos que queremos, tampoco los estudiantes. Entonces, creo que vamos a hacer un cuasi experimento.

A14: Pues no nos dejan escoger a los alumnos ni a los grupos. Aparte pues no tenemos control sobre otras cosas como los horarios de clases.

FD: [...] los diseños experimentales serían más robustos que los cuasi experimentales, el problema es que no es tan fácil hacer experimentos y en el caso de ustedes lo que van a poder hacer por el contexto es un cuasi experimento.

Al socializar las vivencias que las alumnas tienen en las prácticas profesionales como el hecho de que ellas no pueden elegir ni los grupos de alumnos con quienes practican, ni los

contenidos matemáticos que enseñarán, se buscaba que fueran comprendiendo que el diseño de su estudio sería cuasi experimental, ya que no podrían controlar todos los aspectos necesarios para un experimento (e. g., muestra totalmente aleatoria). De esta manera fue como se intentó transmitir la idea de que el contexto conduce a elegir ciertos procedimientos estadísticos.

A5: Oiga profesor, ¿entonces para el proyecto cómo sería la forma o los pasos para el diseño cuasi-experimental?

FD: Con un grupo, aplican el pre-test implementan el tratamiento y terminan aplicando el post-test.

A6: Una duda, ¿qué sería el tratamiento profesor?, ¿a qué se refiere?

FD: El tratamiento es su propuesta didáctica.

A8: Algunos titulares no quieren dejarnos aplicar exámenes a sus alumnos, porque piensan que nos vamos a dar cuenta de los bajos resultados que pueden tener. Una vez de plano a mí me dijo mi titular que no me dejaría seguir practicando, entonces ya no pude hacer todo lo que tenía planeado, incluyendo la aplicación del examen. Aunque le expliqué que los resultados no serían revelados a nadie, que no mencionaría su nombre ni el de sus estudiantes. Pero no quiso.

Estas experiencias fueron desarrollando en las futuras docentes algunas ideas sobre cómo afrontar los problemas relacionados con el levantamiento de datos. Es muy común que las practicantes encuentren mucha resistencia, por parte de los titulares de los grupos de práctica, para permitirles desarrollar todas las propuestas didácticas que ellas diseñan previamente. De hecho, para las futuras docentes esto constituyó el problema más grande al que se enfrentaron en todo el PE.

Como parte del diseño del estudio se pidió que identificaran la población y su muestra. En este punto, las alumnas ya habían pensado comparar datos entre los resultados de una prueba inicial y una final para un mismo grupo en lugar de comparar dos grupos distintos. Enseguida se muestra lo que compartió la alumna A1 al respecto:

A1 : La población de interés para los objetivos de este proyecto de investigación estuvo formada por los alumnos de la escuela telesecundaria “Pedro Curie”. [...] La muestra son los alumnos del primer grado grupo “A” de la escuela “Pedro Curie”, de los cuales 9 eran hombres y 9

mujeres, que a los 3 días después se integra otro estudiante, así, al final los participantes del estudio fueron 19 alumnos del grupo, cuya edad promedio es de 11 y 12 años.

En esta fase fue muy importante que las futuras docentes reconocieran que la población de estudio serían los alumnos de la escuela telesecundaria en la que tenían que practicar, mientras que su muestra estaría representada por todos los estudiantes del grupo que les fue asignado.

5.2.3 Episodio 4. Construcción del instrumento

Otro aspecto que fue muy importante en la fase de planeación del PE fue la elaboración del instrumento para la recolección de datos que sería aplicado como prueba inicial y como prueba final.

A3: Mi tema fue de probabilidad, y pues estoy haciendo 10 preguntas en el examen. Todavía falta hacer la clave de respuestas para que sea más fácil evaluar. El primero que le traje la verdad estaba muy mal hecho, me ha servido mucho su ayudantía para elaborar mejor el instrumento. (Abre su instrumento en el procesador de textos)

FD: [...] Algo que les tengo que decir es que para pulir un examen como el que estamos viendo ahora, hay que dedicar un buen tiempo. Creo que su compañera lleva como unas 10 horas efectivas haciendo su trabajo y aunque ya está atendiendo los últimos detalles todavía no lo ha terminado totalmente [...].

La alumna reconoce que la elaboración del instrumento implicó el apoyo del formador, quien informa que la alumna invirtió un tiempo considerable en su elaboración. De hecho, el diseño del instrumento fue uno de los procesos que más implicó, por un lado, una revisión continua entre el formador y la alumna; por otro, un conocimiento profundo del tema matemático que cada alumna impartiría en su grupo de práctica. Por ello, el formador fue insistente en informar a las alumnas que debían invertir una buena cantidad de tiempo para lograr un instrumento diseñado correctamente. La mayoría de las asesorías fueron en pequeños grupos de 2 o 3 integrantes, de acuerdo con las secuencias didácticas que les habían sido asignadas por parte de los profesores titulares de cada escuela de práctica (ver Anexo F como ejemplo de una de las pruebas que elaboraron las alumnas). Esta actividad de guiar el diseño de la prueba que implementarían las alumnas (el instrumento) fue un aspecto formativo en amplio sentido, pues además de ser un proceso importante para el conocimiento de estadística,

también apoyó una de las tareas más recurrentes e importantes que los profesores realizan en su quehacer docente: el diseño de pruebas escritas estandarizadas.

Junto con discutir aspectos del diseño del instrumento, se previeron temas relacionados con el análisis de los datos. Por ejemplo, el uso de un *software* que sería empleado en el procesamiento y análisis de los datos recolectados, como se observa enseguida:

FD: Algunas de ustedes ya instalaron los programas y han comenzado a ejecutarlos para ir viendo cómo funcionan. A ver, en el caso de las tablas, ¿ya revisaron qué *software* conviene más?

A9: Nosotras vimos Excel, pero se nos complica porque hacen falta saber algunas fórmulas y luego cuando no se escriben bien no salen los resultados correctos o te tardas mucho tiempo.

A10: Yo estuve revisando Minitab, y creo que es muy fácil hacer las tablas.

FD: [...] Al final ustedes van a usar el que más les convenga o el que mejor dominen.

Con estas acciones se continuaba motivando a las docentes en formación para que tuvieran instaladas al menos tres aplicaciones, Excel 2019, Minitab 18 y SPSS 25. Sin embargo, debido a los altos requerimientos de *hardware* para ejecutar SPSS 25 casi nadie pudo instalarlo en sus computadoras personales y fue necesario que usaran el laboratorio de computación de la ENRCS.

Además del uso del *software*, se señaló que la elección del tipo de análisis de los datos debía estar argumentada según la información de conceptos estadísticos previamente indicados (e.g., uso de pruebas de hipótesis, significancia, prueba de dos colas, hipótesis alternativa, hipótesis nula).

FD: [...] El tipo de análisis estadístico que se planea utilizar en el proyecto debe argumentar su diseño y sus decisiones con base en información técnica que les sugiero buscar en los libros de estadística que les dimos desde el inicio del curso [...].

El formador les presentó algunos ejemplos del tipo de herramientas estadísticas (e.g., gráfica de cajas, gráficas de puntos o resúmenes estadísticos) que las estudiantes no conocían y que estaban disponibles en el *software* Minitab.

FD: [...] Lo que les voy a mostrar está hecho en computadora, espero que ustedes tomen estas recomendaciones [ver Figura 5.4].

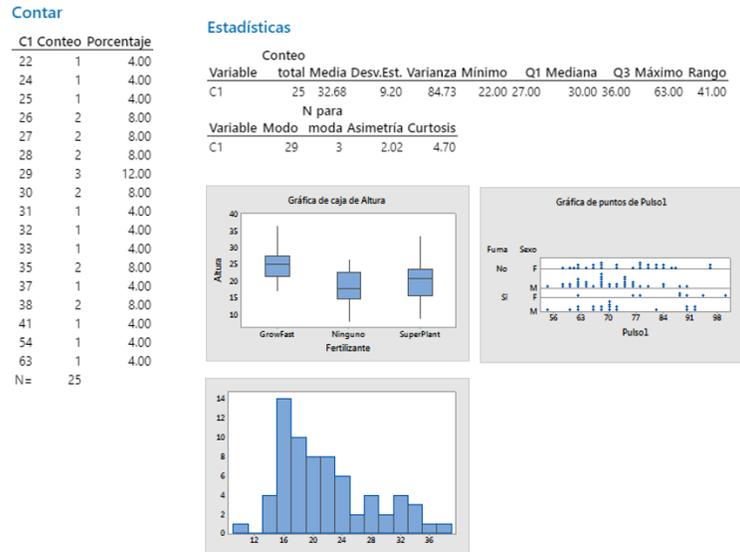


Figura 5.4. Ejemplos de herramientas estadísticas.

FD: [...] Tienen que elegir y describir las gráficas que se van a usar [...]

A14: Estos estadísticos son los mismos que vamos a poner nosotras o ¿cuáles vamos a poner en esta parte?

A15: ¿Cuántas variables tenemos que poner en la tabla?

Las futuras docentes no estaban familiarizadas con estas gráficas en particular, pues realmente nunca las habían estudiado previamente ni sabían de su existencia. Las preguntas anteriores revelan que lejos de considerar las herramientas presentadas como ejemplos, las alumnas cuestionaban si debían usarlas o cuáles debían usar ellas. En este sentido, se puede observar que las alumnas dependían de la “última palabra del profesor”, en lugar de ellas tomar la decisión de usar herramientas estadísticas, según sus datos y el análisis necesario para responder a la pregunta de investigación.

En esta etapa una de las actividades a la que se le daba mayor prioridad era asegurarse que las futuras docentes tuvieran listo –instalado y con posibilidad de ejecutar– el *software* estadístico que utilizarían en el procesamiento y análisis de sus datos. Aunque se suponía que en el nivel medio recibieron algunos antecedentes sobre el uso de Excel.

A12: En el bachillerato, nos pedían usar Excel también para las gráficas. Creo que la mayoría de nosotras usamos un poco Excel, los otros programas hasta ahora los conozco. Pero me voy a poner a investigar las gráficas en Minitab.

A11: Yo me metí a ver videos en YouTube, y ahí te van diciendo cómo. Te lo explican paso a paso con ejemplo. Lo que pasa es que no se tienen que poner fórmulas como en Excel. Aquí es directo, solo hay que ir siguiendo las opciones que te salen en el programa para hacer las tablas.

Lo cierto es que la mayoría no sabía utilizar, ni siquiera a nivel básico, la hoja de cálculo de Excel y mucho menos otros programas estadísticos. Sin embargo, algunas estudiantes trataron de buscar tutoriales en Internet que les permitieran avanzar en el uso de estas herramientas tecnológicas.

5.3 Fase 4: Análisis de los datos

Una vez que las actividades del proyecto fueron implementadas durante las jornadas de práctica docente, en la fase de análisis de los datos recolectados por parte de las futuras docentes, se coordinaron una serie de presentaciones relacionadas con conceptos estadísticos que las alumnas necesitarían entender para usar en su análisis de datos. En total fueron once conceptos distintos: (1) tablas de frecuencia, (2) gráficas estadísticas, (3) resúmenes estadísticos, (4) fundamentos de pruebas de hipótesis (se pidió que sólo se enfocaran en las pruebas paramétricas y en las no paramétricas), (5) prueba-t pareada, (6) prueba-t para datos independientes, (7) prueba ANOVA, (8) prueba de Wilcoxon, (9) prueba Mann-Whitney, (10) prueba de Kruskal-Wallis, y (11) prueba de la magnitud del efecto. Es importante aclarar que el formador dio algunas indicaciones para la presentación de estos temas. Por ejemplo, para el caso de gráficas estadísticas se pidió hacer énfasis en gráficos como histogramas, gráfica de puntos y gráfica de cajas; además, se les aclaró que obviarán las gráficas circulares, de barras y de líneas. En el caso de los resúmenes estadísticos, se pidió que se enfocaran en la media, mediana, moda, desviación estándar, cuartiles, rango, curtosis y asimetría. Estas indicaciones tenían la intención de que las alumnas fueran más allá de lo que ya conocen en el tema de gráficas y resúmenes estadísticos.

Los primeros cinco conceptos fueron asignados a cinco diferentes estudiantes, mientras que los siguientes seis fueron asignados a seis distintas parejas de trabajo. Se utilizaron cuatro

sesiones para realizar todas las presentaciones. En la primera sesión se presentaron los temas del 1 al 4, en la segunda sesión se presentaron los temas del 5 al 7, en la tercera sesión se presentaron los temas del 8 al 10, y finalmente en la cuarta sesión se presentó el tema 11.

Con las presentaciones de los temas estadísticos, realizadas por las futuras docentes, se buscaba proveer de información estadística importante que sirviera como base para realizar el análisis de los datos obtenidos durante las jornadas de práctica docente. En esta sección se presentan tres episodios sobre la instrucción realizada durante la fase de análisis. El primero dedicado a la revisión de tablas, gráficas y resúmenes estadísticos; en el segundo se abordan los fundamentos teóricos de las pruebas de hipótesis y tres tipos de pruebas paramétricas, y en el último episodio se abordan tres tipos de pruebas no paramétricas, así como la prueba del tamaño del efecto.

5.3.1 Episodio 5. Revisando tablas, gráficas y resúmenes estadísticos

La primera parte de las presentaciones estaba enfocada en abordar los temas y conceptos más elementales de la estadística, pero con un enfoque que sirviera para actualizar a las futuras docentes en los nuevos tipos de gráficas estadísticas (e. g., gráfica de puntos, de cajas e histogramas), así como en el uso de *software* estadístico (e. g., Minitab) con el que pudieran generar representaciones visuales, tablas y resúmenes estadísticos.

Se retomaron las recomendaciones que hacen algunos autores (e. g., Franklin y Garfield, 2006) sobre el uso de la tecnología para desarrollar la comprensión de conceptos estadísticos y analizar datos. De acuerdo con Garfield y Ben-Zvi (2008), puede ser útil proporcionar ejemplos de cómo la tecnología puede ahorrar tiempo y minimizar los errores al realizar los cálculos. Estos últimos autores también sostienen que la tecnología ayuda a automatizar cálculos y procesos estadísticos, promueve el razonamiento sobre la elección de métodos estadísticos apropiados para resolver los problemas en la interpretación de resultados y en la comprensión de conceptos, en lugar de centrarse en el uso de fórmulas.

Durante la presentación, por parte de la alumna A1, del tema de gráficas, el formador apoyó con intervenciones precisas para aclarar ideas relacionadas con el tema. Por ejemplo, preguntas sobre el tipo de frecuencias que podrían utilizar de acuerdo con sus datos, lo cual la alumna expositora no había aclarado.

FD: Les voy a hacer una pregunta, ¿cuándo utilizar tablas de frecuencias simples y cuándo utilizar tablas de frecuencias agrupadas? [...] Las tablas de frecuencias agrupadas o por intervalos se utilizan cuando son muchos datos, pero ¿cuántos son muchos? A partir de 100 ya puede ser necesaria una tabla de frecuencias acumuladas. [...] Por ejemplo en el caso de trabajar con los datos generados por sus grupos, creo que son como mucho unos 40 alumnos, [...] lo conveniente es usar una tabla de frecuencias simples.

Al no existir respuesta a la pregunta planteada por parte de las futuras profesoras, la orientación hecha por el formador de docentes fue necesaria para que pudieran comprender que la cantidad de datos que tuvieran sería un factor que considerar para elegir uno de los dos tipos de tablas de frecuencias.

La alumna A1, continuó su exposición, en la que presentó el uso de dos programas estadísticos para mostrar cómo se puede realizar una tabla de frecuencias simples en uno de los programas y cómo se puede hacer una tabla de frecuencias agrupadas en el otro programa (ver Figura 5.5).

A1: Primero voy a presentar las tablas de frecuencias simples, las voy a explicar en Minitab porque resulta sencillo con este programa. [...] En SPSS es más fácil obtener una tabla de frecuencias agrupadas.

Contar			Edades (agrupado)			
C1	Conteo	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
3	2	20.00	28	36.8	36.8	36.8
4	4	40.00	30	39.5	39.5	76.3
5	2	20.00	12	15.8	15.8	92.1
6	2	20.00	2	2.6	2.6	94.7
N=	10		2	2.6	2.6	97.4
			2	2.6	2.6	100.0
			76	100.0	100.0	

Figura 5.5. Ejemplos de tablas de frecuencias.

De igual manera, durante la exposición sobre el tema de las gráficas, se plantearon preguntas que cuestionaban la utilidad del tipo de gráficas de acuerdo con los datos.

FD: ¿Cuáles gráficas estadísticas consideran que les pueden ser útiles para su proyecto?

A2: Yo considero como opciones a las gráficas de barras, las circulares y las gráficas de líneas.

FD: Pues en principio sí, pero a poco no hay otros tipos de gráficas estadísticas que pudieran usar además de las que ya mencionaron, a ver díganme [...] ¿a poco no hay otras gráficas estadísticas?

A2: Puede que sí existan otras, pero realmente no las hemos visto o utilizado profesor.

FD: Hay otras, por ejemplo, los histogramas, las gráficas de puntos, las gráficas de tallo y hojas, incluso las gráficas de cajas. De hecho, las gráficas de caja aparecen como un tema de tercer grado de telesecundaria, tengan esto en cuenta.

A2: Profesor, a mi parecer resulta más fácil hacer las gráficas en Excel que en Minitab o en SPSS, así que voy a explicar el uso de Excel para realizar las gráficas estadísticas. Para esto vamos a utilizar la versión más reciente que se llama Excel en su versión 2019.

Lo anterior revela, por un lado, que además de las gráficas más comunes (e. g., barras, circulares o líneas), porque son estudiadas desde primaria, secundaria y el nivel medio superior, las futuras docentes no consideraron otros tipos de gráficas estadísticas y por lo tanto el formador de docentes tuvo que enfatizar en comprender que hay otras representaciones visuales útiles para analizar sus datos. Además, se observó que pese a que el tema sobre gráficas de cajas es un contenido curricular que se debe estudiar en secundaria, nivel educativo en que las futuras docentes enseñarán, no parecen estar familiarizadas con ese tipo de gráficas. En gran parte, esta falta de familiarización obedece al programa de estudio que las futuras docentes siguen, el cual está basando en un plan de 1999. La alumna expositora del tema de gráficas estadísticas sugirió usar Excel por la facilidad que presenta este programa para la elaboración de gráficas y su experiencia en su uso. Esto muestra cierta resistencia a conocer el uso de otro programa.

Aunque el objetivo principal de las presentaciones fue que las estudiantes normalistas tuvieran un panorama general sobre los temas de estadística asignados, también se buscó que pudieran comprender aspectos relevantes de cada tema. De ahí que otra de las intervenciones del formador, en el tema de gráficas, fue para enfatizar en la exploración de características visuales de algunos resúmenes estadísticos en las gráficas (ver Figura 5.6).

FD: En la gráfica de cajas, no me han hablado de la variabilidad ni del centro, o de la forma de las gráficas, ni nada de esto. Voy a ayudar un poco a la compañera en su presentación. (Presenta las siguientes gráficas)

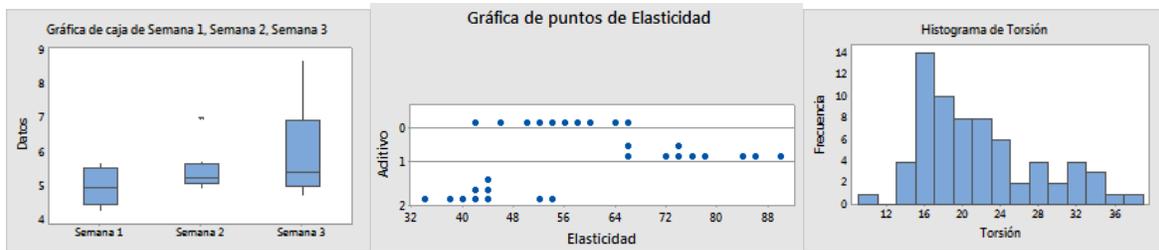


Figura 5.6. Ejemplos de gráficas estadísticas.

FD: [...]es una gráfica en la que se muestran tres cajas, algunas veces se les conoce también como gráfica de caja y bigotes. Los bigotes son las líneas que salen arriba y abajo de las cajas. En otros casos, a estas gráficas se les llaman gráficas de los cinco números, porque en ellas aparecen el máximo, el mínimo, el primer cuartil, el segundo cuartil y tercer cuartil. El segundo cuartil también es la mediana [...]. Las gráficas de puntos [...] les permite ver la forma en que se están distribuyendo sus datos. [...] Los histogramas [...] para evaluar la dispersión y para entender qué tanto varían sus datos.

También se señaló que era importante que en el proyecto pudieran utilizar al menos dos o tres tipos de gráficas, y específicamente se les sugirió incluir las gráficas de cajas, de puntos y el histograma.

Luego de las presentaciones sobre gráficas estadísticas, las presentaciones prosiguieron con los resúmenes estadísticos.

A3: Profesor, vimos que en Excel se necesitan saber algunas fórmulas y eso nos pareció algo complicado, y por eso preferí utilizar Minitab para esto del resumen de estadísticos descriptivos [ver Figura 5.7].

Estadísticas

Variable	Conteo				Porcentaje	PrcAcum	Media	Error estándar de la		
	total	N	N*	NAcum				media	MediaRec	Desv.Est.
C1	87	87	0	87	100	100	36.24	1.23	35.25	11.47
C2	87	87	0	87	100	100	44.126	0.957	43.759	8.930

Variable	Suma de									
	Varianza	CoefVar	Suma	cuadrados	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	
C1	131.49	31.64	3153.00	125577.00	21.00	29.00	33.00	41.00	80.00	
C2	79.740	20.24	3839.000	176259.000	29.000	38.000	42.000	50.000	76.000	

Variable	N para						
	Rango	IQR	Modo	moda	Asimetría	Curtosis	MSSD
C1	59.00	12.00	29	8	1.61	2.94	141.14
C2	47.000	12.000	41,42	6	0.80	0.81	83.610

Figura 5.7. Ejemplo de un resumen de estadísticos descriptivos.

FD: Muy bien, y repito lo mismo que dije cuando se abordaron las tablas y las gráficas, hay que hacer interpretaciones sobre los resultados que se obtengan de este resumen. [...] Además, esto tiene relación con las gráficas, como por ejemplo la desviación estándar está relacionada con las gráficas de cajas y los histogramas [...].

El comentario de la A3 es una muestra de que las futuras docentes ya estaban tomando decisiones sobre las aplicaciones que les eran más convenientes para generar los estadísticos descriptivos que reportarían en su proyecto. En este punto se puede notar que eligieron Minitab sobre las otras aplicaciones disponibles, debido a la gran facilidad que brinda el *software* para generar un resumen estadístico. Por su parte, el formador seguía insistiendo en que no sólo se trataba de hacer el resumen, sino que debían complementar cada uno de los estadísticos descriptivos con su correspondiente interpretación. Se hizo un especial énfasis en que las estudiantes normalistas debían relacionar las gráficas estadísticas con algunos de los estadísticos descriptivos (e. g., la variabilidad de los datos podía verse en una gráfica de cajas y al mismo tiempo cuantificarse mediante la varianza).

5.3.2 Episodio 6. Revisando los fundamentos de las pruebas de hipótesis

En este episodio se describen los elementos de aprendizaje sobre los fundamentos teóricos generales de las pruebas de hipótesis, así como de las presentaciones hechas sobre los aspectos particulares de tres pruebas de hipótesis estadísticas respecto a la media, llamadas pruebas paramétricas: (a) la prueba-t para datos independientes, (b) la prueba-t para datos pareados, y (c) la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de un factor.

La presentación comenzó abordando el concepto de prueba de hipótesis estadística, así como de algunos conceptos asociados con esta prueba.

A4: Una hipótesis es una afirmación o aseveración acerca de una propiedad de una población. Una prueba de hipótesis o prueba de significancia es un procedimiento para someter a prueba una afirmación acerca de una propiedad de una población. [...] La hipótesis nula (denotada con H_0) es la afirmación de que el valor de un parámetro poblacional, como una proporción, media o desviación estándar, es igual a un valor establecido [...], La hipótesis alternativa, denotada con H_1 o H_a o H_A , es la afirmación de que el parámetro tiene un valor que, de alguna manera, difiere de la hipótesis nula [...], el estadístico de prueba es un valor que se utiliza para tomar la decisión sobre la hipótesis nula [...], La región crítica o región de rechazo es el conjunto de todos los valores del estadístico de prueba que pueden provocar que rechacemos

la hipótesis nula [...], el nivel de significancia denotado con α es la probabilidad de que el estadístico de prueba caiga en la región crítica, cuando la hipótesis nula es verdadera. [...], un valor crítico es cualquier valor que separa la región crítica, donde rechazamos la hipótesis nula, de los valores del estadístico de prueba que no conducen al rechazo de la hipótesis nula [...], el valor P o valor p o valor de probabilidad es la probabilidad de obtener un valor del estadístico de prueba que sea al menos tan extremo como el que representa a los datos muestrales, suponiendo que la hipótesis nula es verdadera [...].

A4: Los tipos de pruebas de hipótesis puede ser de dos colas, de cola izquierda o de cola derecha [...], en la prueba de dos colas, la región crítica se encuentra en las dos regiones o colas extremas bajo la curva [Se presenta en la figura:]. [...] En la prueba de cola izquierda, la región crítica se encuentra en la región o cola extrema izquierda bajo la curva. [...] Mientras que, en la prueba de cola derecha, la región crítica se encuentra en la región o cola extrema derecha bajo la curva [se muestra en la Figura 5.8].

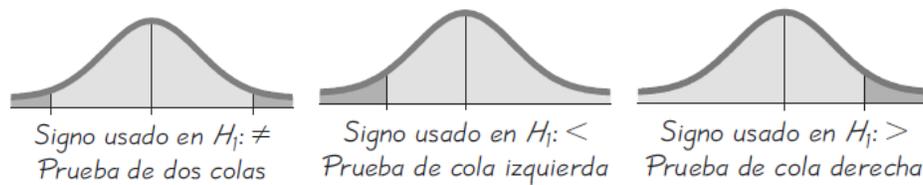


Figura 5.8. Gráficas con los tipos de colas para la prueba de hipótesis.

(Continúa la exposición) Para tomar decisiones y conclusiones, si el valor $P \leq \alpha$, entonces se rechaza H_0 ; si el valor $P > \alpha$, entonces no se rechaza H_0 . [...], redacción de la conclusión final, la frase “no se rechaza” indica de manera más correcta que la evidencia disponible no es lo suficientemente fuerte para justificar el rechazo de la hipótesis nula [...], hay dos tipos de errores en las pruebas de hipótesis, un error tipo I se comete cuando se rechaza una hipótesis nula verdadera. Un error tipo II se comete al no rechazar la hipótesis nula cuando es falsa [...], la potencia de una prueba de hipótesis es la probabilidad, denotada como $1 - \beta$, de rechazar una hipótesis nula falsa [...].

Dada la poca formación estadística de las futuras docentes, se sabía que en particular la exposición de los conceptos involucrados en las pruebas de hipótesis sería teórica, y que requería de la asesoría del formador para apoyar en la interpretación de tales conceptos. Enseguida se muestra una de las intervenciones del formador al respecto:

FD: [...] Las pruebas paramétricas tienen requisitos sobre la distribución de las poblaciones involucradas, mientras que las pruebas no paramétricas o sin distribución no requieren que las muestras provengan de poblaciones con distribuciones normales o cualquier otra distribución en particular. [...] Pongan atención en aspectos como la significancia y traten de justificar la razón para elegir cierto valor [...].

Con la participación del formador se buscó también enfatizar en frases como “distribuciones normales” o “valores de la significancia” que serían empleadas durante el resto de las fases del PE. De igual manera se fomentó que las futuras docentes razonaran sobre las configuraciones que tendrían que considerar cuando usaran el *software* estadístico para efectuar las pruebas.

Luego de los fundamentos siguió la presentación de la prueba-t pareada. La presentación de la prueba-t pareada comenzó con algunos fundamentos y se extendió mostrando los requisitos que deberían tener los datos para realizar la prueba.

A5: La prueba-t pareada es útil para analizar el mismo conjunto de elementos que se midieron bajo dos condiciones diferentes. [...] Una prueba-t pareada crea correspondencia en pares de respuestas que son dependientes o están relacionadas [...] Los datos pareados se obtienen usualmente como distintas observaciones realizadas sobre los mismos individuos. [...] Los requisitos para esta prueba son: (1) los datos muestrales son dependientes, 2) las muestras son aleatorias simples, y 3) el número de datos pareados de datos muestrales es mayor que 30 o provienen de una distribución aproximadamente normal. [Se muestra l estadístico de prueba y la fórmula de los grados de libertad].

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$

$$gl = \frac{(A + B)^2}{\frac{A^2}{n_1 - 1} + \frac{B^2}{n_2 - 1}}$$

donde $A = \frac{s_1^2}{n_1}$ y $B = \frac{s_2^2}{n_2}$

Figura 5.9. Estadístico de prueba y grados de libertad para la prueba-t pareada

En esta presentación ya se estaban dando algunas orientaciones técnicas sobre las características de la prueba-t pareada, para que las docentes en formación tuvieran ideas más claras sobre en qué condiciones podrían utilizar este modelo y qué requisitos eran necesarios

para poder aplicarla. También se presentó la definición para estadístico de prueba y una expresión algebraica mediante la cual se calculaba, así como la definición de grados de libertad y la fórmula para determinarlos. Además, se habló brevemente sobre la distribución t y se recomendó un *software* para ejecutar la prueba.

A5: Esta prueba les recomiendo hacerla en Minitab, porque sale muy fácil. [...] Ya nada más tenemos que ver que para que esta prueba funcione, es necesario que las columnas contengan la misma cantidad de datos. Si no lo hacen así, les va a marcar un error.

A2: Profesor, hay una opción en el recuadro que dice potencia y tamaño de la prueba y entre paréntesis dice opcional, mi pregunta es ¿en nuestro proyecto tenemos que tomar en cuenta esta opción?

FD: No, no la toman en cuenta porque el tamaño de su muestra no lo pueden cambiar. Recuerden que ustedes trabajan solamente con los alumnos de su grupo o de los grupos que tengan contemplados para el estudio, pero no pueden quitar ni poner a nadie. [...] Cabe destacar que en el recuadro de opciones deben tener cuidado al asignar las muestras y al elegir las preguntas que se quieren contestar, de acuerdo a la comparación de datos que persiguen.

Algunas de las opciones de Minitab son opcionales y no son necesarias en todos los casos, por lo tanto, fue muy importante para el formador de docentes aclarar este punto. También fue conveniente enfatizar que cuando las alumnas usaran el asistente de Minitab, tendrían que configurar la prueba para que determinaran lo que realmente estaban buscando (e. g., determinar si los puntajes de la evaluación final eran significativamente mayores que los puntajes de la evaluación inicial). Cuando la ponente de esta prueba, A5, menciona a sus compañeras que era necesario asegurarse que las columnas de entrada debían tener la misma cantidad de datos para que no saliera un error, se puede apreciar una familiarización con algunas características del *software* por parte de las alumnas.

La siguiente prueba que fue presentada por un equipo de dos integrantes fue la prueba-t para muestras independientes. En este caso, las presentadoras (A6 y A7) iniciaron tratando de dar una explicación sobre la diferencia entre muestras independientes y muestras dependientes.

A6: [...] Dos muestras son independientes si los valores muestrales seleccionados de una población no están relacionados, pareados o asociados de alguna manera con los valores muestrales seleccionados de la otra población. [...] En otras palabras, las observaciones del

primer grupo no deben tener ninguna influencia en las observaciones del segundo grupo. [...] Para realizar esta prueba, las dos poblaciones deben ser independientes.

También se presentaron los requisitos que debían cumplir los datos para que fuera factible la realización de esta prueba, así como la fórmula para calcular el valor del estadístico de prueba (ver Figura 5.10).

A7: El estadístico de prueba de hipótesis para este caso está determinado por la siguiente expresión.

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Figura 5.10. Estadístico de prueba usado en la prueba-t para muestras independientes

Minitab fue el *software* recomendado también para realizar la prueba-t para muestras independientes.

[...] Con la misma fórmula para los grados de libertad que la prueba-t pareada. Esta prueba les recomendamos hacerla en Minitab, porque sale muy fácil.

En esta parte de la presentación surgió una duda sobre los grados de libertad por parte de una de las estudiantes, por lo que fue necesaria la participación del formador de docente.

A2: Tengo una duda profesor, ¿qué son los grados de libertad?

FD: Miren, los grados de libertad se refieren al número de datos de información independientes disponibles después de realizar un cálculo numérico. Los grados de libertad también se utilizan para caracterizar una distribución específica. [El formador utilizó la Figura 5.11 para ejemplificar una misma distribución con diferentes grados de libertad].

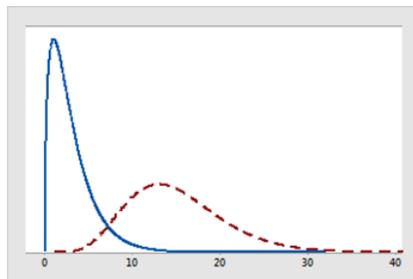


Figura 5.11. Distribuciones chi-cuadrada con dos diferentes grados de libertad

El formador de docentes trataba de aclarar esta duda con un lenguaje sencillo y además apoyaba sus explicaciones con materiales concretos como la gráfica de la figura anterior.

Finalmente, otro equipo integrado por dos estudiantes (A8 y A9) presentó la prueba de análisis de varianza de un factor. Las alumnas comenzaron dando una descripción general de la prueba ANOVA y sus características más relevantes, incluyendo los cinco requisitos que deben tener los datos para realizar la prueba ANOVA y la sugerencia del *software* para hacerla.

A8: El análisis de varianza o ANOVA es un método de prueba de igualdad de tres o más medias poblacionales, por medio del análisis de las varianzas muestrales. [...] El término “factor” se utiliza porque los datos muestrales se separan en grupos de acuerdo con una característica. [...] La prueba ANOVA requiere de la distribución F, que tiene estas propiedades: 1) la distribución F no es simétrica, los valores de F no pueden ser negativos, 3) la forma exacta de la distribución F depende de los dos grados de libertad [ver la Figura 5.12].

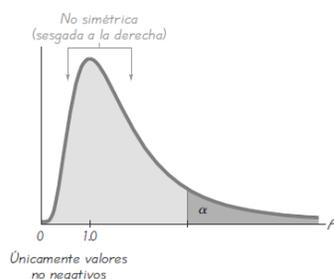


Figura 5.12. Gráfica de la distribución F

A9: El Estadístico de prueba para ANOVA de un factor se calcula como el cociente de la varianza entre las muestras entre la varianza dentro de las muestras [...] Cuando se realicen pruebas de la igualdad de tres o más poblaciones, utilice el análisis de varianza. No utilice múltiples pruebas de hipótesis con dos muestras a la vez.

A8: [...] Aquí recomendamos usar Minitab como recurso para ese análisis, en lugar de hacer la prueba de Bonferroni para tal finalidad.

A9: [...] Así como las pruebas-t, la prueba ANOVA se hace muy fácil y rápido con Minitab, [...].

Con la culminación de esta presentación se tenían revisados las tres pruebas de hipótesis para contrastar medias, a lo que el formador hizo la siguiente acotación.

FD: Entonces, de acuerdo a lo que han presentado las compañeras podemos decir que la prueba-t pareada sería para comparar dos conjuntos iguales de datos en un mismo grupo, mientras que la prueba-t para muestras independientes sirve para comparar los datos de dos grupos diferentes, y la prueba ANOVA sirve para comparar los datos de tres o más grupos distintos. En las tres presentaciones recomendaron usar Minitab, siempre y cuando los datos cumplan con los requisitos para poder ser aplicados.

El formador intentó sintetizar las ideas más importantes que habían sido expuestas por las futuras docentes durante las presentaciones, con la finalidad de aclarar en qué condiciones podrían elegir alguna de las tres pruebas de hipótesis estadísticas.

5.3.3 Episodio 7. Revisando las pruebas no paramétricas y la magnitud del efecto

Este episodio describe las presentaciones realizadas por las futuras docentes sobre tres pruebas de hipótesis estadísticas respecto de la mediana (llamadas pruebas no paramétricas): (a) la prueba de Wilcoxon, (b) la prueba Mann-Whitney, (c) la prueba Kruskal-Wallis, y sobre la prueba del tamaño del efecto. Las alumnas A10 y A11 expusieron la prueba de Wilcoxon; las alumnas A12 y A13, la prueba de Mann-Whitney; las alumnas A14 y A15, la Kruskal-Wallis, y las alumnas A16 y A17, la prueba de la magnitud del efecto.

Al iniciar la presentación de la prueba de Wilcoxon la docente en formación, A10, intentó diferenciar las pruebas paramétricas de las no paramétricas, de tal forma que pudieran verse las características que deben tener los datos para poder elegir la prueba adecuada. Por su parte A11 expuso los requisitos para hacer la prueba, la expresión para calcular el estadístico de prueba y recomendó el programa SPSS para realizarla.

A10: [...] Las pruebas paramétricas como ANOVA y las pruebas-t, tienen requisitos acerca de la naturaleza o la forma de las poblaciones implicadas; las pruebas no paramétricas no requieren que las muestras provengan de poblaciones con distribuciones normales o con cualquier otro tipo particular de distribución. En consecuencia, las pruebas de hipótesis no paramétricas, Wilcoxon, Mann-Whitney y Kruskal-Wallis, suelen llamarse pruebas de distribución libre. Los métodos no paramétricos pueden aplicarse a una amplia variedad de situaciones, puesto que no tienen los requisitos más estrictos de los métodos paramétricos correspondientes. En particular, los métodos no paramétricos no requieren de poblaciones distribuidas normalmente. [...] La prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica que utiliza rangos para las siguientes aplicaciones [...]. Los requisitos para poder aplicar esta

prueba son: 1) los datos consisten en datos pareados que constituyen una muestra aleatoria simple, 2) la población de las diferencias tiene una distribución que es aproximadamente simétrica. [...]

A11: El estadístico de prueba aquí es [ver Figura 5.13]:

Si $n \leq 30$, el estadístico de prueba es T .

$$\text{Si } n > 30, \text{ el estadístico de prueba es } z = \frac{T - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

Figura 5.13. Estadístico de prueba para la prueba ANOVA

[...] Sugerimos que esta prueba sea realizada en SPSS 26.

A15: El *software* de SPSS no nos permite meter los datos. ¿cómo le podemos hacer para instalarla correctamente, sin tener una licencia?

FD: Bueno, en la carpeta de archivos que les facilité al inicio del curso vienen las instrucciones para poder instalar el archivo y resolver el tema de la licencia. Efectivamente, se debería comprar una licencia para el programa SPSS. [...].

Se puede notar que, ante las dificultades de algunas de las futuras docentes para instalar correctamente el *software*, el docente apoyó para solventar los problemas relacionados con el uso de la tecnología. Asimismo, se hizo un esfuerzo por marcar las diferencias entre las pruebas paramétricas y las no paramétricas, de tal manera que conocieran las características que debían tener sus datos para poder utilizar alguna de ellas.

La siguiente presentación abordó la prueba de Mann-Whitney, en la que las ponentes iniciaron definiendo el modelo y explicando los requisitos de esta prueba.

A12: Vamos a revisar la prueba Mann-Whitney [...]. Dicha prueba permite contrastar la hipótesis de igualdad entre dos medianas poblacionales. Para demostrar que existen diferencias entre grupos independientes con variables cuantitativas que tienen libre distribución, se utiliza la U de Mann-Whitney. Esta prueba es una excelente alternativa a la prueba t pareada cuando no se cumplen los supuestos en los que se basa la prueba- t .

A13: Los requisitos que se deben considerar para esta prueba son: 1) la muestra extraída de la población es aleatoria, 2) se asume la independencia dentro de las muestras y la independencia

mutua. Eso significa que una observación está en un grupo u otro, no puede estar en ambos, y 3) se asume la escala de medición ordinal. [...] Esta prueba también recomendamos que se haga en SPSS, aunque se debe configurar adecuadamente porque de lo contrario el programa no ejecutará esta prueba.

FD: Sí, como dice su compañera, hay que establecer las medidas adecuadas para las variables. En esta parte solo acepta variables de escala y ordinal, pero no nominales. Por otra parte, ustedes deberían tomar en cuenta los símbolos que se utilizan para las hipótesis de estas pruebas no paramétricas, porque si se fijan, en el caso de las pruebas paramétricas no eran los mismos símbolos que estos. Aquí se usa “mu” minúscula (μ) para las medias, mientras que en las no paramétricas se usan “eta” minúscula (η) para las medianas. Hay que ir reconociendo esos símbolos y no confundirlos ni llamarlos de una forma incorrecta.

Durante la fase de análisis, el formador tuvo un papel importante al dar algunas indicaciones muy específicas con respecto al uso de SPSS, y también al hacer énfasis en que las futuras docentes deberían diferenciar el tipo de pruebas –entre paramétricas y no paramétricas– que se estaban revisando y la simbología asociada con las hipótesis en cada una de ellas.

En la penúltima presentación se explicó la prueba Kruskal-Wallis, con la que se completaban las 3 pruebas de hipótesis no paramétricas que habían sido planteadas al inicio.

A14: La prueba de Kruskal-Wallis se usa para determinar si las medianas de tres o más grupos difieren. [...] La prueba de Kruskal-Wallis para medianas iguales no requiere distribuciones normales. [...] Se utiliza para someter a prueba la hipótesis nula de que las poblaciones tienen medianas iguales. La hipótesis alternativa es la afirmación de que las poblaciones tienen medianas que no son iguales. El estadístico de prueba H puede aproximarse por medio de una distribución chi cuadrada.

A15: Los requisitos para esta prueba son: 1) tenemos al menos tres muestras aleatorias simples independientes, y 2) cada muestra tiene al menos cinco observaciones. [...] Les podemos decir que esta prueba deberían hacerla con SPSS 26, los datos deben estar en dos columnas, una de ellas con los grupos y la otra con los puntajes, con lo que se obtendrá una salida como la siguiente [ver Figura 5.14]:

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
2 La distribución de Puntajes es la misma entre las categorías de Grupos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.

Figura 5.14. Pantalla de salida de SPSS para la prueba Kruskal-Wallis

FD: Efectivamente este programa es muy bueno, pero es pesado, y luego como dice la compañera se tarda en cargar el programa o en ejecutar las pruebas. Por otra parte, también se mencionó la distribución chi-cuadrada [ver Figura 5.15]. En la gráfica de la distribución chi-cuadrada se puede notar que es asimétrica a la derecha, a diferencia de las distribuciones t y normal, que son simétricas.

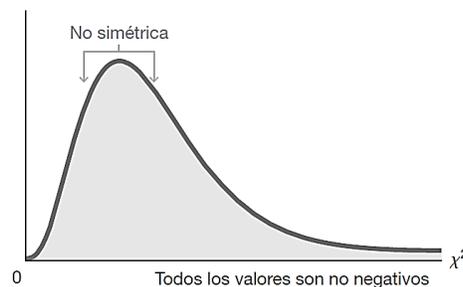


Figura 5.15. Gráfica de la distribución chi-cuadrada

Dados los comentarios de las presentadoras, era claro que habían utilizado el *software* SPSS y que se habían percatado de los altos requerimientos de hardware que demandaba la aplicación. Además, hubo una intervención del formador de docentes para señalar algunas diferencias entre la distribución chi-cuadrada que se usa en la prueba Kruskal-Wallis y la distribución t .

Finalmente, se presentó la prueba para determinar el tamaño del efecto. En esta última presentación las ponentes hablaron de la diferencia que existe entre las pruebas de hipótesis estadísticas o pruebas de significancia y esta prueba del tamaño del efecto.

A16: El tamaño del efecto es un nombre dado a una familia de índices que miden la magnitud del efecto de un determinado tratamiento, en nuestro caso sería la propuesta didáctica. [...] A

diferencia de las pruebas de significación, como los que hemos visto anteriormente, estos índices son independientes del tamaño de la muestra. [...] Existen varios coeficientes que se pueden usar para el tamaño del efecto, pero nosotras revisamos la d de Cohen. La d de Cohen es una medida del tamaño del efecto como diferencia de medias estandarizada. Es decir, informa de cuántas desviaciones típicas de diferencia hay entre los resultados de los grupos de datos que se comparan.

- A17: Las normas de investigación científica de la Asociación Americana de Psicología recomiendan acompañar a las pruebas de significación estadística con pruebas del tamaño del efecto. [...] La expresión matemática para calcular el valor de “d” es la siguiente [ver Figura 5.16]:

$$d = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2}}}$$

Figura 5.16. *Fórmula para calcular el valor de la magnitud del efecto*

[...] En 1988, Cohen estableció un criterio para poder determinar la magnitud del efecto tomando como base el valor de “d”: con $0 \leq d \leq 0.2$ se considera un efecto pequeño, con $0.3 \leq d \leq 0.7$ se considera un efecto mediano, con un valor para $d \geq 0.8$ se considera un efecto grande. [...] Para realizar esta prueba, no encontramos tantas opciones. De hecho, hay un *software* llamado Stata que sirve para la magnitud del efecto, pero no es tan sencilla de encontrar ni de ejecutar (muestran la imagen del *software* Stata). Se necesita tener una licencia de paga. Por eso le pedimos al profesor que nos apoyara con otra opción que nos pareció mucho mejor.

- FD: Hay una alternativa muy interesante para poder hacer esta prueba. Es una aplicación gratuita y muy ligera que se llama “tamaño del efecto” [ver Figura 5.17], y fue desarrollada por Sergio Domínguez Lara en 2013. Además de ser muy fácil de usar, este programa incluso ya tiene las interpretaciones sobre el tamaño del efecto.

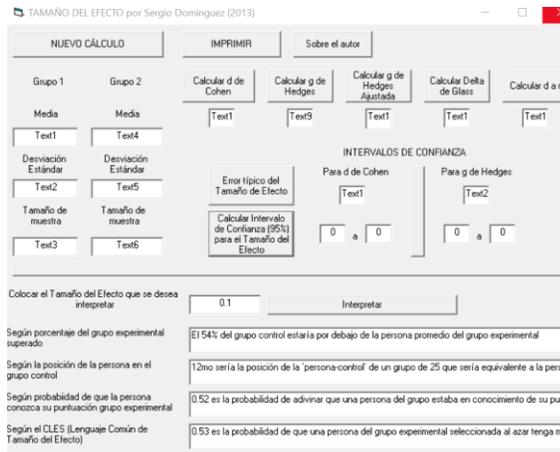


Figura 5.17. Pantalla de la aplicación *Tamaño del Efecto*.

En esta última presentación, el formador de docentes informó la existencia de una aplicación más factible para realizar la prueba del tamaño del efecto, pues a diferencia de Stata, que necesitaba una licencia comercial, era gratuita y corría prácticamente en cualquier computadora porque era muy ligero. Asimismo, la aplicación para el tamaño del efecto proporcionaba incluso cuatro tipos de interpretaciones sobre la magnitud del efecto obtenida. Cabe destacar que la prueba de la magnitud del efecto fue considerada para el PE porque se recomienda como complemento a las 6 pruebas de hipótesis presentadas en estudios sociales (Coe, 2002; Durlak, 2009; Sun, Pan & Wang, 2010).

5.4 Fase 5. Presentación de resultados del PE

En esta fase se analizan las presentaciones hechas por cada una de las docentes en formación sobre los hallazgos y resultados obtenidos en sus PE. Los últimos tres días del curso EM-II (antepenúltima y penúltima sesiones) se dedicaron a las presentaciones y a una reflexión del trabajo con proyectos por parte del formador docente (última sesión). En esta sección se presentan dos episodios sobre la fase final del proyecto: el primero muestra los aspectos más relevantes sobre los elementos de aprendizaje que emergieron durante las presentaciones hechas por las estudiantes; el segundo, muestra las reflexiones finales sobre el trabajo con PE.

5.4.1 Episodio 8. Presentación de los PE por parte de las futuras docentes

Todos los proyectos fueron desarrollados de forma individual, con un enfoque cualitativo y diseño cuasi experimental, ningún proyecto tuvo grupo de control. De ahí que el análisis estadístico empleado por las alumnas se basó en el uso de herramientas comunes como: resumen de estadísticos descriptivos, tabla de frecuencias simples, gráficas de cajas, gráficas de puntos, histogramas, la prueba-t pareada, la prueba de Wilcoxon y la prueba del tamaño del efecto.

En la Tabla 4.1 se resumen las actividades realizadas por las futuras docentes en cada una de las fases en que desarrollaron el PE: Problema, Plan, Datos y Conclusiones. Dicho resumen se tomó del reporte escrito que entregaron las alumnas. Como se puede observar, en la tabla no se incluyó la fase de Análisis porque en todos los casos se usaron los mismos modelos estadísticos, antes mencionados, para procesar y analizar los datos obtenidos; usaron Excel y Minitab para la elaboración de gráficas, Minitab para la prueba-t pareada, SPSS para la prueba de Wilcoxon y la aplicación Tamaño del Efecto para el cálculo de la d de Cohen. El nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) utilizado en todas las pruebas de hipótesis fue el mismo en todos los proyectos.

Problemas y preguntas estadísticas. En general, las 17 alumnas lograron plantear el problema estadístico de manera clara. Sin embargo, durante su exposición, algunas hacían referencia al problema de manera distinta a como lo escribieron. Por ejemplo, la A7, durante su exposición, mencionó que su problema fue:

A7: Identificar la cantidad de alumnos con mayor dificultad en la solución de problemas matemáticos.

De acuerdo con Arnold (2008), este tipo de problemas se consideran de resumen, implican una visión más individual que de agregado. Este ejemplo muestra que no todas las alumnas fueron coherentes entre su escrito y su expresión verbal, lo cual puede ser una manifestación de una comprensión más profunda del planteamiento del problema estadístico.

Tabla 5.1*Resumen de los PE diseñados y desarrollados por las futuras docentes*

Alumnas	Fase 1. Problema	Fase 2. Plan	Fase 3. Datos	Fase 5. Conclusiones
A1	Determinar si con una estrategia didáctica los estudiantes mejoran su habilidad para resolver situaciones didácticas de ecuaciones lineales, existencia y unicidad.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y un examen para medir los aprendizajes esperados de ecuaciones, existencia y unicidad (ver SEP, 2017, p. 178).	Grupo de 19 alumnos del primer grado “A” en la escuela telesecundaria Pedro Curie de la comunidad de Ocotlán Betancourt, Tlatlauquitepec, Puebla.	Los resultados muestran una mejora en el dominio de los contenidos matemáticos en el grupo de práctica.
A2	Determinar si con la propuesta didáctica los alumnos mejoran sus conocimientos para realizar operaciones básicas.	Propuesta didáctica basada en la resolución de problemas y un examen para medir los aprendizajes esperados para operaciones básicas (ver SEP, 2017, p. 179).	Grupo de 12 alumnos de segundo de la telesecundaria Melchor Ocampo de la comunidad de Tzinacantepec, Tlatlauquitepec, Puebla.	Al implementar la propuesta didáctica se consiguen aprendizajes esperados en los estudiantes de telesecundaria.
A3	Determinar si con una estrategia didáctica los estudiantes de tercero de telesecundaria mejoran su habilidad para resolver situaciones problemáticas de probabilidad.	Propuesta didáctica basada en la resolución de problemas y un examen para medir los aprendizajes esperados de probabilidad (ver SEP, 2011a, p. 49).	Grupo de 25 alumnos de primer grado de la telesecundaria Melchor Ocampo de la comunidad de Tzinacantepec, Tlatlauquitepec, Puebla.	Hubo resultados favorables, se pudo observar cómo fue el aumento en las calificaciones, comparándolas con las de pre-test. El tamaño del efecto fue grande.
A4	Comprobar si con el diseño de una propuesta didáctica los estudiantes de primero de telesecundaria mejoran su habilidad para hacer operaciones con fracciones y decimales.	Propuesta didáctica basada en el uso de Algebrator y un examen para medir los aprendizajes esperados sobre fracciones y decimales (ver SEP, 2017, p. 178).	Grupo de 15 alumnos del grupo de primer año de la telesecundaria Melchor Ocampo en Tzinacantepec, Tlatlauquitepec, Puebla.	Puedo concluir que hubo un incremento considerable en cuanto al aprendizaje de fracciones, ya que lograron buenos resultados.
A5	Determinar si una propuesta didáctica permite mejorar a los alumnos de tercer grado su dominio y habilidades relacionadas con el teorema de Pitágoras.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y un examen para medir los aprendizajes esperados sobre el teorema de Pitágoras (ver SEP, 2011a, p. 48).	Grupo de 20 estudiantes del tercero “A” de la escuela telesecundaria Guillermo González Camarena de la localidad de Nexpan, Hueyapan, Puebla.	Al implementar la propuesta didáctica los alumnos mostraron mejores resultados en el post-test en relación al pre-test.
A6	Determinar la eficiencia de la propuesta didáctica al ser implementada para la enseñanza de áreas y perímetros en primer año de telesecundaria.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y un examen para medir los aprendizajes esperados de áreas y perímetros (ver SEP, 2017, p. 178).	Son 34 alumnos de primero de la telesecundaria Agustín Melgar. Tlatlauquitepec, Puebla, en la localidad de Tatauзоquico.	Los resultados confirman un incremento en el nivel de dominio de contenidos en áreas y perímetros de distintas figuras geométricas en los alumnos de primer grado de telesecundaria.

continuación...

Alumnas	Fase 1. Problema	Fase 2. Plan	Fase 3. Datos	Fase 5. Conclusiones
A7	Determinar si al aplicar esta propuesta didáctica mejoran los conocimientos matemáticos que los alumnos de primer grado necesitan en cuanto al cálculo de perímetros de figuras planas.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y un examen para medir los aprendizajes esperados sobre perímetros (ver SEP, 2017, p. 178).	Grupo de 24 alumnos de primer grado de la telesecundaria Guillermo González Camarena de la comunidad de Nexpan, en Hueyapan, Puebla.	Después de realizar las actividades de la propuesta didáctica los alumnos muestran mejores resultados en el post-test en comparación al pre-test.
A8	Medir el impacto que tiene en las habilidades de los alumnos de segundo grado una propuesta didáctica para enseñar los tópicos de rotación, traslación y simetría.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y un examen para medir los aprendizajes esperados sobre rotación, traslación y simetría (ver SEP, 2017, p. 179).	Grupo de 31 alumnos de segundo grado de la escuela telesecundaria Iván Pavlov localizada en la comunidad de Tanamacoyan, Hueyapan, Puebla.	Una clara mejora en el dominio de contenidos matemáticos en el área trabajada por parte de los alumnos a los que se les aplicó la propuesta didáctica.
A9	Comprobar si con la propuesta didáctica se mejora el aprendizaje de la proporcionalidad directa en alumnos de primero de telesecundaria.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y un examen para medir los aprendizajes esperados sobre proporcionalidad (ver SEP, 2017, p. 178).	Grupo de 21 alumnos de la escuela Iván Pavlov de la comunidad de Tanamacoyan, Hueyapan. Era el grupo de primero "A".	Al haber implementado la propuesta didáctica incrementó el puntaje obtenido del post-test en los alumnos de primer año.
A10	Determinar si implementar una propuesta didáctica mejora positivamente el nivel de aprendizaje de los temas de simetría axial, simetría central, rotación y traslación de figuras planas.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y un examen para medir los aprendizajes esperados de simetría central, rotación y traslación (ver SEP, 2011a, p. 48).	Grupo de tercer grado "A" con 14 alumnos en la telesecundaria Alejo Peralta y Díaz Ceballos ubicada en El Mirador, Tlatlauquitepec, Puebla.	Los resultados confirman que, al haber aplicado la propuesta didáctica en la jornada de práctica, los puntajes en el post-test son significativamente mayores que los puntajes obtenidos en el pre-test. un efecto muy grande.
A11	Verificar si las actividades didácticas propuestas mejoran las habilidades de los estudiantes al resolver problemas con fracciones y números decimales.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y un examen para medir los aprendizajes esperados de fracciones y números decimales (ver SEP, 2017, p. 178).	Grupo de 21 estudiantes de primer grado de la escuela telesecundaria Alejo Peralta y Díaz Ceballos, ubicado en la comunidad del mirador Tlatlauquitepec Puebla.	Al implementar la propuesta didáctica dentro del aula se mejoran los aprendizajes de los alumnos.
A12	Determinar la efectividad de la propuesta didáctica para mejorar el aprendizaje del tema de factorización.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y Algebrator, así como un examen para medir los aprendizajes esperados sobre factorización (ver SEP, 2011a, p. 48).	Grupo de 21 alumnos de tercero "B" de la telesecundaria Pedro Curie de Ocotlán de Betancourt, Tlatlauquitepec, Puebla.	Al haber implementado la propuesta didáctica en la jornada de práctica incrementó el nivel de conocimientos matemáticos en los estudiantes de telesecundaria.
A13	Determinar si con una propuesta didáctica los alumnos de primer grado mejoran su habilidad de realizar operaciones de multiplicación y división.	Diseño de una propuesta didáctica basada en la resolución de problemas y un examen para medir los aprendizajes esperados sobre multiplicación y división (ver SEP, 2017, p. 178).	Grupo de 18 alumnos del primero "B" de la telesecundaria Pedro Curie de Ocotlán de Betancourt, Tlatlauquitepec, Puebla.	Después de realizar las actividades inmersas en la propuesta didáctica los alumnos mostraron mejores resultados en el post-test en comparación al pre-test.

continuación...

Alumnas	Fase 1. Problema	Fase 2. Plan	Fase 3. Datos	Fase 5. Conclusiones
A14	Verificar si las actividades propuestas influyen positivamente en el desarrollo de habilidades para la resolución de situaciones didácticas sobre mediatriz, bisectriz, traslación y rotación de figuras.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y Algebrator, así como un examen para medir los aprendizajes esperados sobre mediatriz, bisectriz, traslación y rotación (ver SEP, 2011a, p. 48).	Grupo de 19 alumnos de 3A de la escuela telesecundaria Pedro Curie de Ocotlán de Betancourt, Tlatlauquitepec, Puebla.	Al implementar la propuesta didáctica los alumnos mostraron mejores resultados en el post-test en comparación al pre-test.
A15	Determinar si al aplicar la propuesta didáctica se mejoran las habilidades de los alumnos para trabajar con problemas de proporcionalidad y el cálculo de porcentajes.	Propuesta didáctica basada en la resolución de problemas y un examen para medir los aprendizajes esperados de proporcionalidad y porcentajes (ver SEP, 2017, p. 179).	Grupo de 22 alumnos de 2B en la telesecundaria Pedro Curie de Ocotlán de Betancourt, Tlatlauquitepec, Puebla.	La propuesta didáctica es favorable para el logro de aprendizajes por parte de los alumnos del grupo.
A16	Determinar si la propuesta didáctica promueve mejores aprendizajes del teorema de Pitágoras en los estudiantes.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y un examen para medir los aprendizajes esperados sobre el teorema de Pitágoras (ver SEP, 2011a, p. 48).	Grupo de 25 alumnos de tercero en la telesecundaria Guillermo González Camarena, Nexpan, Hueyapan, Puebla.	Los resultados muestran una mejora en las actividades y ejercicios matemáticos en relación al tema de teorema Pitágoras.
A17	Determinar el efecto que tiene la implementación de las actividades didácticas promueve el aprendizaje de los temas de multiplicación y división de monomios y binomios.	Propuesta didáctica basada en el uso de GeoGebra y Algebrator, así como un examen para medir los aprendizajes esperados sobre multiplicación y división de monomios y binomios (ver SEP, 2017, p. 179).	Grupo de 19 alumnos del 2A en la escuela Pedro Curie de Ocotlán de Betancourt, Tlatlauquitepec, Puebla.	Incremento del dominio de los contenidos de los alumnos del grupo luego de la propuesta.

En el caso del planteamiento de la pregunta de investigación o pregunta estadística, se pudo observar que éstas, a pesar de estar basadas en un conjunto de datos (el grupo de alumnos con los que implementaron la propuesta didáctica), corresponden a preguntas de comparación:

- A4: ¿Existe evidencia que pueda sustentar que los resultados obtenidos en la aplicación de la propuesta didáctica a los alumnos del grupo de práctica han dado resultados fructíferos después de emplearla?
- A8: ¿Cuál es el tamaño o magnitud de la diferencia obtenida en el pre-test y post-test?
- A9: Con la implementación de la propuesta didáctica, ¿los alumnos mejoraron su habilidad para resolver problemas de proporcionalidad directa?
- A11: ¿Existe evidencia suficiente para sustentar la afirmación de que los resultados obtenidos por los estudiantes del grupo de práctica son significativamente mayores después de la aplicación del post-test y del pre-test?

La pregunta planteada por la A7, si bien también implica comparación, llamó la atención que la respuesta a ésta anticipe un valor (el de la varianza).

- A7: ¿Cuál es la variabilidad que existe al analizar los resultados entre las evaluaciones aplicadas durante el desarrollo de la propuesta didáctica (pre-test y post-test)?

Análisis de interpretaciones de las herramientas estadísticas utilizadas en el PE. Como se mencionó, todas las alumnas siguieron el mismo proceso de análisis de sus datos, pues estos provenían de las pruebas pre y post-test que ellas aplicaron. En primer lugar, elaboraron las tablas de frecuencias de la variable puntajes; en segundo lugar, solicitaron la tabla de resúmenes estadísticos (media, desviación estándar, varianza, mínimo, primer cuartil, mediana, tercer cuartil, máximo, rango, moda, asimetría y curtosis); en tercer lugar, graficaron la variable puntajes en tres tipos de gráficas (cajas, puntos e histogramas; en cuarto lugar realizaron dos pruebas de hipótesis (prueba-t pareada y prueba Wilcoxon) para contrastar los puntajes obtenidos en el pre-test con los obtenidos en el post-test y, en último lugar, determinaron el tamaño del efecto de la propuesta didáctica. Si bien todas realizaron el mismo proceso de análisis de los datos, no todas interpretaron los resultados de manera similar.

Interpretaciones sobre tablas de frecuencias

La primera herramienta que utilizaron las futuras docentes en el análisis de los datos de su PE fueron las tablas de frecuencia simples. En general, la mayoría de las alumnas se limitaron a

describir de forma explícita la información contenida en las tablas de frecuencias. Por ejemplo, las alumnas A7, A5 y A14 se enfocaron en describir el contenido textual de la tabla [ver Figura 5.18] en forma de prosa.

A7: En la primera columna aparecen los resultados que arrojó el pre-test que fue la evaluación realizada al comienzo para analizar los conocimientos previos de los alumnos, se observa que la calificación mínima es de 4 y la máxima obtenida es de 8. En la tercer columna muestra el porcentaje que hubo en cuanto a las calificaciones; 5 alumnos sacaron la calificación de 4 que es el 20% del total de los alumnos, 6 alumnos tuvieron 5, un 24%, 7 alumnos con 6 de calificación que es el 28%, 6 con 7, otro 24% de los alumnos, y por ultimo solo 1 con 8 de calificación que es el 4%, la suma de los alumnos es de 25 que es el 100% de la población y lo podemos corroborar sumando el porcentaje.

Cuenta de variables discretas: pre-test; pos-test

Contar

pre-test	Conteo	Porcentaje	pos-test	Conteo	Porcentaje
4	5	20,00	6	2	8,00
5	6	24,00	7	11	44,00
6	7	28,00	8	11	44,00
7	6	24,00	9	1	4,00
8	1	4,00	N=	25	
N=	25		*=	1	
*=	1				

Figura 5.18. *Tabla de frecuencias simples elaborada por una docente en formación.*

La mayoría de las interpretaciones presentadas por las docentes en formación se limitaron a una lectura de los datos. En realidad, en estas interpretaciones no se están analizando los datos como un todo, como un grupo con propiedades emergentes que a menudo no son visibles en ningún integrante de forma individual.

Fueron pocas estudiantes las que intentaron explicar que las tablas de frecuencias simples les podrían ayudar a comprender el comportamiento de sus datos.

A9: Con esta tabla podemos identificar en primer lugar un aumento en los valores obtenidos en el post-test respecto al pre-test, esto nos permite decir que después de la propuesta didáctica implementada los alumnos mostraron un conocimiento mayor respecto al tema tratado.

A1: Las tablas de frecuencia nos ayudan a hacer una comparación entre la frecuencia de las calificaciones [...] tomando elementos esenciales para la interpretación de la distribución de dichos datos.

En este caso, al hablar de la tabla de frecuencias la estudiante A9 establece que puede verse una mejoría en los resultados obtenidos por sus propios alumnos. Por su parte, cuando la estudiante A1 describe su tabla de frecuencias simples hace referencia a la distribución de sus datos, sin embargo, no explica nada sobre la distribución en sí misma.

Interpretaciones sobre los resúmenes estadísticos

El segundo aspecto del análisis estadístico, realizado por las profesoras en formación, consistió en un resumen de estadísticos descriptivos. En general, las estudiantes normalistas emitieron una definición de cada uno de ellos y luego trataron de interpretar cada estadístico en términos de sus datos. Cabe aclarar que no se les pidió a las alumnas entregar una definición de los conceptos relacionados con los resúmenes estadísticos calculados. De ahí el hecho de que ellas, por iniciativa propia, dieran una definición del resumen estadístico sugiere una búsqueda de significados más profundos.

A2: La desviación estándar es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos, por ello se muestra que la desviación estándar en el pre-test es de 1.180 y del post-test de 0.712. La varianza mide qué tan dispersos están los datos alrededor de la media. La varianza es igual a la desviación estándar elevada al cuadrado, o sea en el primer caso como el pre-test tiene una desviación estándar de 1.180, y para obtener la varianza se eleva al cuadrado y da como resultado 1.393.

En este primer ejemplo, se muestra un intento por entender que la dispersión de las calificaciones (puntajes) en el pre-test fue mayor que la del post-test, característica que manifiesta un mejor resultado después de aplicar la propuesta didáctica, lo cual no aclara la alumna. La idea de dispersión o variabilidad de los datos es un componente clave para comprender el concepto de distribución, y es esencial para hacer inferencias estadísticas. De acuerdo con Garfield y Ben-Zvi (2008), la desviación estándar es una medida de variabilidad importante y muy utilizada, pero casi imposible de comprender para los alumnos que son principiantes en el estudio de la estadística. Es común que los estudiantes puedan aprender a calcular la desviación estándar y la varianza, sin embargo, rara vez comprenden lo que realmente son estas medidas de dispersión

y cómo interpretarlas. En este caso, si bien la alumna explica que la varianza es el cuadrado de la desviación estándar, no enfatiza más en su cálculo, pues el resultado numérico lo había realizado el *software*. En este sentido, el intento de ella se dirige más a un entendimiento del resultado en términos de sus datos.

A8: El rango es la diferencia entre el valor más grande y pequeño de los datos. Dejando un rango de 6.000 en el pre test y un 4.000 en el post-test, especificando que un valor de rango grande indica mayor dispersión en los datos, en este caso en el pre-test.

La estudiante A8 explica la forma de calcular el rango y reconoce un aspecto muy importante de este estadístico descriptivo: si el rango tiene un valor grande entonces los datos tendrán una dispersión mayor que los rangos con valores menores. Ella lo ejemplifica con el resultado del rango mayor en el pre-test, sin ir más allá de qué significaría una mayor dispersión en los puntajes del pre-test en comparación con la dispersión menor de post-test.

Otro resumen estadístico que explicaron las alumnas fue el valor de la curtosis:

A15: La curtosis indica la manera en que las colas de una distribución difieren. Existe curtosis positiva y curtosis negativa, una distribución que tiene un valor positivo de curtosis indica que la distribución tiene colas más pesadas que la distribución normal y una distribución con un valor negativo de curtosis indica que la distribución tiene colas más livianas que la distribución normal. Dentro de nuestras evaluaciones la curtosis presente para el pre-test tiene un valor de -0.84 y en el post-test de -0.21, esto indica que ambas tienen una distribución de colas livianas.

Para el caso de la curtosis, la alumna A15 declaró el significado de los signos que puede tener el valor de este estadístico. Sin embargo, no explica el significado de “colas livianas” –que significa que la curva es más puntiaguda– y “colas pesadas” –que significa que la curva es más aplanada–, aunque sí señala que tanto los datos del pre-test y del post-test tienen colas livianas. Es interesante ver que en las interpretaciones hechas por algunas estudiantes aparece vocabulario especializado, sin embargo, el uso del vocabulario no siempre denota una comprensión de lo que un resultado estadístico nos está informando respecto de los datos y el problema del cual se derivan esos datos.

Enseguida se muestra un ejemplo de la exposición de la asimetría, otro de los resúmenes estadísticos empleados en el análisis.

A9: La asimetría es el grado en que los datos no son simétricos, podrían llegar a ser asimétricos positivos y representar su gráfica hacia la derecha o negativos con una gráfica a la izquierda. En ambas evaluaciones nos muestran una asimetría positiva, en la evaluación diagnóstica se tiene un 0.02 y en la evaluación final una asimetría de 0.94.

La alumna A9 aclaró el significado de los signos que pueden adoptar los valores para la asimetría, explicando que los datos de su proyecto tuvieron asimetría hacia la izquierda –aunque en el caso del pre-test, la asimetría es casi cero y por lo tanto la distribución es casi simétrica– porque sus datos se concentraban en la parte derecha de la distribución. Aquí tampoco se presentaron interpretaciones en las que se reflexionara, por ejemplo, sobre qué tipo de simetría se esperaba ver en las evaluaciones finales.

En cuanto a los valores de la media, una alumna explicó:

A17: En la tercera columna tenemos los valores correspondientes a la media, esta es considerada como la medida de tendencia central que se encuentra al sumar todos los valores de los datos y dividir el total por el número de datos, para el pre-test el valor es de 2.800, mientras que para el post-test es de 6.550, en lo que podemos observar que el valor de post-test es mucho mayor.

Comprender la idea del centro de una distribución de datos, como un estadístico importante en medio de una serie de datos que varían, es un componente clave para entender el concepto de distribución, y es esencial para el análisis de datos. En el caso de la media aritmética, la alumna A17 presenta una definición más procedimental (basada en el cálculo) de la media que conceptual. Por ejemplo, una comprensión conceptual sobre la media permitiría entender que los valores obtenidos representan al conjunto de datos y que, en este sentido, el valor de la media sirve para comparar dos grupos, en este caso, el grupo de puntajes obtenidos en el pre-test con los obtenidos en el post-test. Asimismo, comprender que la media es la medida de tendencia central más representativa en distribuciones de datos simétricos.

Pollastek, Lima y Well (1981), establecen que saber calcular la media no solo no implica una comprensión real de ideas subyacentes al concepto, sino que en realidad puede inhibir la adquisición de una comprensión más adecuada y profunda. En este punto es de pensar por qué las estudiantes de segundo de LESET no han desarrollado nuevas interpretaciones sobre la media. La respuesta a la pregunta anterior debe ser reflexionada debido a que, en un determinado

momento, serán las futuras docentes las que tendrán que explicar este concepto a los alumnos de telesecundaria.

El siguiente ejemplo muestra la explicación de la alumna A4 sobre los cuartiles:

A4: El primer cuartil separa el 25% de los valores inferiores ordenados del 75% superior. Para esto el valor del primer cuartil para el pre-test es de 3 mientras que para el post-test es de 5. Por su parte, la mediana indica el valor intermedio del conjunto de valores, cuando los datos se presentan en orden de magnitud creciente o decreciente, de esta manera identificamos el valor de la mediana como 5 para el pre-test y de 7 para el post-test. El tercer cuartil separa el 75% de los valores inferiores ordenados del 25% superior, esto quiere decir que al menos el 75% de los valores son menores o iguales a 7.000 en el pre-test mientras que en el post-test son menores o iguales a 8.000.

En general, se daban las definiciones sobre el significado del primero, segundo y tercer cuartiles respectivamente. Las interpretaciones en este caso se limitaban a decir cuál era el valor de cada uno y decir el valor correspondiente a sus datos (puntajes obtenidos en el pre y post test). En este punto, se debe aclarar que los cuartiles son valores calculados, y no necesariamente representan observaciones en los datos. En realidad, muchas veces es necesario interpolar entre dos observaciones para calcular los cuartiles correctamente.

Respecto de la mediana, la A16 da una definición de esta medida como un valor que indica el punto medio de los datos cuando estos se encuentran en orden creciente o decreciente.

A16: La mediana de un conjunto de datos es la medida de tendencia central que indica el valor intermedio cuando los datos originales se presentan en orden creciente o decreciente, en el caso del pre-test fue de 5.000 y en el post-test fue de 8.000.

Todas las estudiantes normalistas se enfocaron en presentar el concepto de mediana, y se limitaron a describir los valores de la mediana en cada examen aplicado. La estudiante A16 es una muestra del tipo de interpretaciones que se hicieron para esta medida de centro. Ninguna de las docentes en formación presentó interpretaciones del tipo “de acuerdo con la media obtenida en el post-test, un 50% de los estudiantes obtuvo más de 7 y el otro 50% obtuvo menos de 7”. En realidad, la comprensión del concepto de la mediana debe ir más allá de lo presentado por las estudiantes, por ejemplo, entender que la mediana representa una mejor medida de tendencia

central que la media para casos donde se analizan conjuntos de datos altamente asimétricos –en este caso solo tres profesoras en formación presentaron este tipo de datos.

Una explicación similar al de la mediana, se dio de la media. A continuación, el ejemplo representativo de la A7:

A7: La moda de un conjunto de datos, es el dato que más veces se repite. Dentro de las calificaciones obtenidas dentro de las pruebas aplicadas, concluimos que en el pre-test la moda sería 2 y 3 debido a que 7 alumnos obtuvieron estas calificaciones (14 de 21 alumnos). En el pre-test la moda sería 7, ya que 8 de los 21 alumnos obtuvieron esta calificación.

Ninguna de las estudiantes presentó ideas sobre la moda en las que se plantearan reflexiones importantes sobre su significado según su problema estadístico, por ejemplo, qué significa que la moda sea “2 y 3” en el pre-test y qué significa la moda igual a 8 en el post-test.

Aunque la investigación sugiere que se preste especial atención al desarrollo de los conceptos de la media y la mediana en lugar de la moda (Garfield & Ben-Zvi, 2008), también se consideró importante que las futuras docentes incluyeran en su análisis a la moda, porque era necesario que supieran que esta medida de tendencia central sirve tanto para datos cualitativos como para datos cuantitativos, y también que comprendieran que la moda no siempre existe en un conjunto de observaciones o que puede haber más de una moda.

Por último, se presentan dos ejemplos sobre los resúmenes estadísticos valor máximo y valor mínimo:

A3: Se llama máximo al dato con mayor valor dentro de la población de datos. En los resultados obtenidos del pre-test, de los 21 alumnos la calificación más alta fue de 6, en cambio en el Post-test fue de 10.

A6: El mínimo se refiere al valor menor que se obtuvo en ambas pruebas es decir que en el pre-test el alumno que obtuvo menor puntaje fue de 0 mientras que en el post-test el valor mínimo de los resultados fue de 6, es decir, que se presentó una mejora en cuanto a los resultados.

Cabe destacar la interpretación de la A6 sobre lo que representó el valor mínimo en sus datos: “se presentó una mejora en cuanto a los resultados”. Hay, al menos, una interpretación de ese valor en términos del contexto de los datos. Sin embargo, no es una interpretación fundamentada, pues en realidad la alumna está emitiendo una afirmación basada en un sólo valor

(el dato mínimo), el cual no es suficiente para hacer la comparación. En este sentido, se requiere un análisis de varias características de la distribución.

Interpretaciones sobre las gráficas de cajas

Las gráficas de cajas fueron el primer tipo de representaciones visuales que utilizaron las futuras docentes para analizar los datos del PE. Se buscó que la gráfica de cajas fuera usada para comparar los datos, pues ninguna de las estudiantes del grupo conocía este tipo de gráfica estadística. Enseguida se muestran tres lecturas que hicieron las estudiantes a sus respectivas gráficas de cajas.

A8: En el primer cuartil el valor es 3, en el segundo cuartil es 4 y en el tercero 5, en relación a los resultados obtenidos, los bigotes o líneas que sobresalen son útiles ya que ayudan a visualizar un rango entero, por ello se deben posicionar las extremidades, para conocer el valor, entonces en nuestra gráfica [ver Figura 5.19] el valor mínimo encontrado es 2 (L1 = Límite inferior) y 8 el valor máximo (L2 = Límite superior).

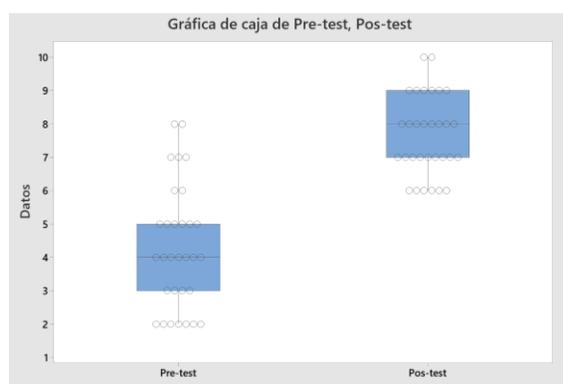


Figura 5.19. Gráfica de cajas elaborada por la alumna A8.

A16: En el segundo gráfico [caja derecha de la Figura 5.20] podemos observar que variaron las calificaciones en la aplicación del post-test, ahora se muestra que en el máximo se encuentra que un alumno obtuvo 9, en el mínimo 2 alumnos obtuvieron 6, en el primer cuartil (Q1) 11 alumnos tuvieron una calificación de 7, en este caso se hace mención de que en este cuartil se encuentra la mediana, ya que se localiza a la mitad de las calificaciones ordenadas que el grupo obtuvo, asimismo la mayoría de los puntajes de los chicos están concentrados en ese lugar, en el último cuartil (Q2) se muestra que 11 chicos obtuvieron 8.

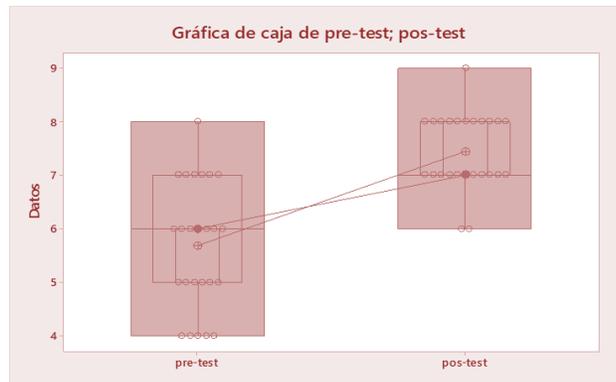


Figura 5.20. Gráfica de cajas elaborada por la alumna A16.

A10: Además, se presenta una gráfica [ver Figura 5.21] de cajas que permite hacer una inspección visual de los resultados en cada prueba de pre-test y post-test. El valor mínimo de los datos en la gráfica del pre-test es 2 de calificación, el primer cuartil es igual a 3 de calificación, el segundo cuartil o la mediana es igual a 4 de calificación, el tercer cuartil es igual a 5 de calificación, el valor máximo es igual a 6 de calificación y la varianza se nota con mayor peso entre 3 y 5 de calificación. En la caja del post-test el valor mínimo es de 9 de calificación, el valor máximo es igual a 10 de calificación y se nota que la varianza está con mayor peso entre 9 y 10 de calificación.

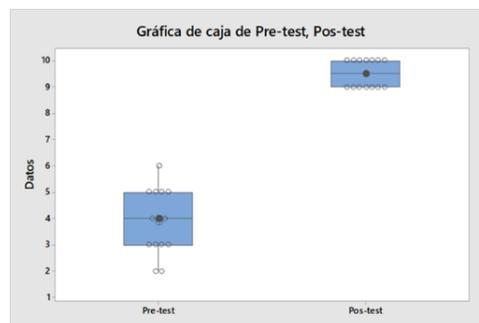


Figura 5.21. Gráfica de cajas elaborada por la alumna A10.

Casi todas las interpretaciones que hicieron las alumnas normalistas sobre las gráficas de cajas se centraron en describir los valores del mínimo, el primer cuartil, la mediana, el tercer cuartil y el máximo, ejemplo de esto es lo que presentó la estudiante A8. Algunas otras trataron de identificar en las gráficas de caja la concentración de datos alrededor de cierto valor de la distribución, caso de la alumna A16. En este mismo caso, la estudiante hizo interpretaciones

incorrectas sobre el significado del valor del primer cuartil, “en el primer cuartil (Q1) 11 alumnos tuvieron una calificación de 7” –cuando la interpretación correcta debería ser que el 25%, 6.25 individuos, de los estudiantes obtuvieron un puntaje menor o igual que 7 en el post-test. Para ella, el cuartil es sinónimo de una frecuencia acumulada para los puntajes de los alumnos. El mismo tipo de interpretación se hizo con respecto a la mediana y al tercer cuartil. Por su parte, la alumna A16 interpretó la información de gráfica de cajas como si fuera una tabla de frecuencias simples, pues lo que hizo fue describir cuántos alumnos habían obtenido cada uno de los puntajes posibles –así fueran cuartiles, máximos, y mínimos. Cabe resaltar el hecho de que implícitamente estaría describiendo un sesgo en la distribución de los datos al describir que los puntajes del pre-test se concentran a la izquierda. Por su parte la alumna A10 interpretó incorrectamente lo que significa la variabilidad –que ella llama varianza en sus datos, a la cual le asume “mayor peso”.

Otras lecturas de la gráfica de cajas fueron:

- A11: Un dato que encontramos en la información que nos vierte la gráfica es que la media está siendo representada por la línea dentro de la caja, en donde el pre-test tiene 5.2609 y el post-test 7.3913, demostrando la diferencia entre los datos del inicio con los datos finales.
- A9: En la segunda gráfica de cajas correspondiente al post-test se muestran valores más altos que los obtenidos en el pre-test, ya que 2 alumnos obtuvieron 4, 3 alumnos sacaron 5, 6 alumnos tuvieron 7, 4 alumnos obtuvieron 8 y solo un alumno obtuvo 9. De esta manera podemos probar que los valores son más altos en comparación con el pre-test. La variabilidad que se muestra en ambas pruebas es menor pues se puede observar que las cajas son cortas.

En este ejemplo, con base en la media de la gráfica de cajas, la alumna A11 interpretó que existe una diferencia entre los puntajes del pre-test y del post-test que estaría revelando una clara mejoría de los puntajes obtenidos por sus estudiantes. La estudiante A9 comparó los datos e intentó explicar que la variabilidad presente en un grupo de datos puede observarse considerando la longitud de las cajas. Es importante recordar que la comparación de grupos debe entenderse como una versión informal (e.g., con el uso de gráficas de cajas) y temprana de inferencia estadística, que ayuda a preparar a los estudiantes para métodos formales de inferencia estadística (e.g., la prueba de Wilcoxon).

Interpretaciones sobre las gráficas de puntos

Las gráficas de puntos es otra de las representaciones visuales que fueron utilizadas por las futuras docentes para analizar los datos del PE. Al igual que la gráfica de cajas, las gráficas de puntos no eran conocidas por las futuras docentes antes de tomar la asignatura de EM-II. Enseguida se presentan dos ejemplos del tipo de lectura que hicieron las alumnas a este tipo de gráficas.

A5: En esta gráfica [ver Figura 5.22] se muestran los resultados obtenidos en ambas pruebas, de la misma manera los puntos en cada gráfica representan a cada alumno que realizó las pruebas. Para el pre-test se muestra el valor mínimo de 0 y el máximo de 6, la gráfica indica que un alumno obtuvo 0, 4 alumnos obtuvieron 1 de calificación y así progresivamente como se marca en la gráfica, lo mismo para el post-test con la diferencia de que los valores aumentan, pues el mínimo es de 4 mostrando que 2 alumnos obtuvieron ese puntaje y el valor máximo de 9 en donde solo 1 alumno obtuvo este puntaje.

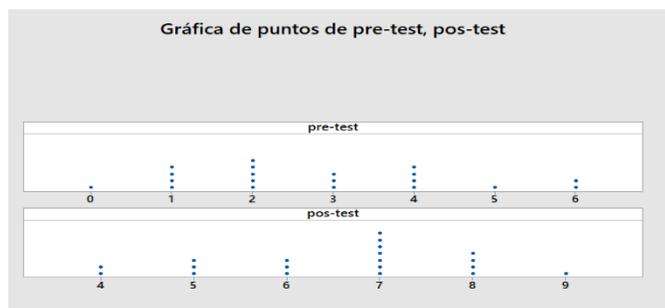


Figura 5.22. Gráfica de puntos presentada por la alumna A5.

A12: Al realizar la comparación de los resultados obtenidos [ver Gráfica 5.23] por el grupo entre el pre-test y el post-test, se puede concluir que los alumnos lograron acreditar en un 100% el examen final, a diferencia del pre-test, reafirmando que la propuesta didáctica implementada obtuvo resultados favorables en el grupo de práctica.

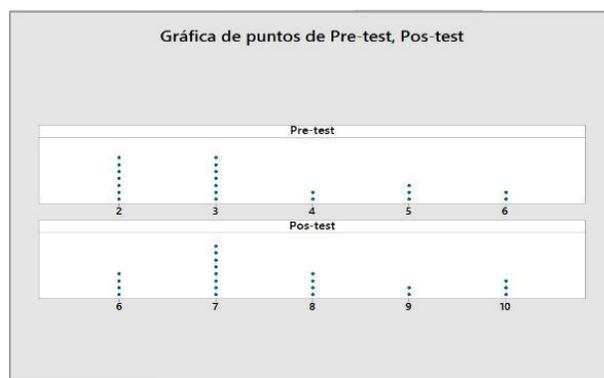


Figura 5.23. Gráfica de puntos presentada por la alumna A12.

Se observa que las interpretaciones de las gráficas de puntos contienen elementos de comparación de grupos. Incluso se puede ver que, en sus interpretaciones las futuras docentes resaltaron las mejoras que tienen los puntajes de sus estudiantes porque son claramente observables en la gráfica de puntos.

En otros dos ejemplos se muestra, además del uso de las gráficas para comparar los grupos, el uso de términos estadísticos como “distribución de datos” (A9), la identificación visual del sesgo de los datos, tanto de manera explícita (A13) como implícita (A9).

A9: En la gráfica de puntos del post-test se muestra ya una mayor cantidad de estudiantes que mejoraron su calificación a comparación del pre-test, los puntos que simbolizan a cada estudiante en su mayoría están concentrados en las calificaciones aprobatorias de la gráfica. Haciendo la comparación de ambas gráficas de puntos, se observa que la distribución de datos en el pre-test son alarmantes, al notar que, en su mayoría, los estudiantes tenían calificaciones no aprobatorias, sin embargo, en la gráfica del post-test se nota que, en su mayoría, los estudiantes consiguieron una calificación aprobatoria.

A13: La gráfica de valores individuales del pre-test tiene datos con asimetría hacia la derecha, lo que nos quiere decir que la mayoría de los resultados de los alumnos son relativamente bajos, puesto que las calificaciones se concentran debajo del valor aprobatorio y solo unos pocos son aprobatorios. La gráfica de valores individuales del post-test contiene datos asimétricos hacia la izquierda, nos muestra un alto nivel de concentración de datos dentro de resultados aprobatorios. Al comparar podemos decir que el post-test se observó un aumento que el pre-test, proporcionando un aumento de conocimientos de los alumnos.

Con las gráficas de puntos se tendría que reflexionar sobre si existen valores atípicos que se desvíen notablemente del patrón general de los otros valores de datos, y de ser así, las futuras docentes deberían identificarlos para ver si pueden explicar por qué esas observaciones son tan diferentes. Lo anterior puede apoyar en una mayor comprensión sobre el problema estadístico.

Interpretaciones sobre los histogramas

El último tipo de gráficas estadísticas que utilizaron las docentes en formación para analizar sus datos fueron los histogramas. A diferencia de las gráficas de cajas y de puntos, los histogramas ya eran conocidos por prácticamente todas las estudiantes antes del curso.

A3: El histograma del pre-test muestra que la frecuencia de los estudiantes obtuvo en su mayoría calificaciones reprobatorias, mostrando que la más alta calificación fue de 8, y en el histograma del post-test se observa que en su mayoría las calificaciones fueron aprobatorias y la calificación más alta fue de 10.

La gran mayoría de las estudiantes hicieron interpretaciones en las que utilizaban la información de los histogramas como si fuera información obtenida de tablas de frecuencias. Pero también se puede ver que incluso así, estudiantes como la A3 hicieron interpretaciones sobre los histogramas que implicaban sesgos y distribución de los puntajes. Pese a ello, se nota que hay una tendencia a ver los datos con un enfoque frecuentista en muchas de las interpretaciones, así como hacer una “lectura de los datos” y no “leer entre los datos” o “leer más allá de los datos” (Curcio, 1987). Un ejemplo contrario al uso de los histogramas para “leer los datos”, se aprecia en las siguientes dos explicaciones:

A9: Utilicé un histograma para evaluar la forma y dispersión de los datos. La comparación de las dos muestras pre-test y post-test en el histograma parece tener una concentración de datos más aumentados en el post-test. Después de la implementación de la propuesta didáctica, se determina que el resultado de los alumnos del pre-test fue más bajo que el post-test, lo que quiere decir en el pre-test la mayoría de los alumnos no aprobó y el post-test todos aprobaron con una calificación alta.

A15: El histograma me dejó ver que en el pre-test, los puntajes estaban sesgados hacia la derecha y en el post-test los datos se sesgaron hacia la izquierda.

Interpretaciones como las de A9 y A15 dan cuenta de un uso de los histogramas para comparar grupos, así como para “evaluar la forma y dispersión de los datos” (A9).

Interpretaciones sobre la prueba-t pareada

Debido a que todos los PE se trabajaron con un sólo grupo, las futuras docentes utilizaron la prueba-t pareada como método estadístico paramétrico para analizar las posibles diferencias estadísticas en los datos producidos por las evaluaciones del grupo de práctica. Con esta parte del análisis estadístico se trató de mostrar a las futuras docentes los vínculos existentes entre una hipótesis de trabajo (la implementación de la propuesta didáctica mejora los puntajes obtenidos por los alumnos), la evidencia utilizada para respaldar esa hipótesis (los datos recopilados en el pre-test y post-test), la calidad de la evidencia (el diseño experimental, tamaño de la muestra, limitaciones en la evidencia como la imposibilidad de realizar aleatorización), y un indicador de qué tan convincente es el argumento usado para aceptar o rechazar la hipótesis estadística (el valor p).

La mayoría de las estudiantes normalistas utilizaron la palabra “significativamente” en las interpretaciones hechas sobre la prueba-t pareada. Por ejemplo, las docentes en formación mencionaron que los alumnos mejoraron significativamente sus puntajes. En las interpretaciones se incluyó notación matemática para la comparación del estadístico de prueba contra el valor de la significancia.

A7: La media del post-test es significativamente mayor que la media de pre-test ($p < 0.05$), es decir que los resultados obtenidos (en el post-test) son mayores que los resultados del pre-test, los estudiantes mejoraron significativamente sus resultados después de la implementación de la propuesta didáctica.

A16: Se observa que la media del post-test es significativamente mayor que la media de pre-test ($p < 0.05$), es decir que los resultados obtenidos son favorablemente mayores los del post-test que del pre-test, los estudiantes mejoraron significativamente sus resultados después de la implementación del tratamiento.

Las estudiantes A7 y A16 ejemplifican la forma en que se hicieron la mayoría de las interpretaciones sobre los resultados de la prueba-t. Se puede notar que con este tipo de interpretaciones las futuras docentes plantearon la idea de que existe un efecto, e implícitamente se lo atribuyen a la propuesta didáctica. Si embargo, ese efecto no es posible determinarlo, ya que en realidad no se hizo, porque no era posible, un experimento completamente aleatorizado que permitiera validar objetivamente tal efecto. En este punto es necesario aclarar que en ningún

momento las futuras docentes se detuvieron a pensar si es que habría alguna otra explicación para comprender las mejoras observadas en los puntajes de sus alumnos, además de las actividades que conformaban la propuesta didáctica. No obstante, resulta interesante reconocer que las estudiantes utilizaron las pruebas de hipótesis estadísticas (diferencias de medias) como un método para apoyar sus argumentos sobre la efectividad de su propuesta didáctica. Además, se aprecia que ambas alumnas parecen comprender la regla de decisión para rechazar o no la hipótesis nula porque declaran que el valor de p es menor que el de α y por lo tanto debe rechazarse la hipótesis nula.

Algunas estudiantes, como la A12, utilizaron una forma diferente de interpretar el resultado de la prueba-t pareada. En este ejemplo se observa que en la interpretación se usó la frase “diferencias pareadas” para expresar significancia estadística.

A12: Lo cual nos indica que la media del post-test es mayor que la media del pre-test en el nivel de significancia de 0.05, la media de las diferencias pareadas es mayor que cero.

En otras interpretaciones presentadas, las docentes en formación A11 y A8 se enfocaron en hablar sobre el rechazo de la hipótesis nula y también incluyeron un intervalo de confianza para la media.

A11: Estos resultados indican que el valor $p < \alpha$: La diferencia entre las medias es estadísticamente significativa (rechazar H_0). Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula. Se puede concluir que la diferencia entre las medias del pre-test y post-test es mayor que cero. En estos resultados, la estimación de la diferencia en las medias de los resultados de los alumnos en el pre-test y post-test es 1.4737. Se puede estar 90% seguro de que la diferencia en las medias del pre-test y post-test está entre 0.478 y 6.247 y 95% seguro de que es menor que 0.478.

A8: Estos resultados indican que el valor p es menor que α , es decir el valor es de 0.001 y en este caso es menor que el nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula. Podemos decir que la diferencia entre las medias es estadísticamente significativa, por lo que se puede concluir que la diferencia entre las medias del pre-test y post-test es mayor que cero. En estos resultados, la estimación de la diferencia en las medias de los resultados de los alumnos en el pre-test y post-test es 5.6429. Se puede estar 90% seguro de que la diferencia en las medias del pre-test y post-test está entre 5.038 y 6.247 y 95% seguro de que es menor que 5.038.

En este ejemplo llama la atención que, dentro de sus interpretaciones, las alumnas A11 y A8 incluyeran, junto a la prueba de hipótesis, un intervalo de confianza. Aunque se sugiere que las pruebas de significación sean acompañadas con intervalos de confianza siempre que sea posible (Rossman & Chance, 1999), dentro de las actividades del PE nunca se les pidió a las futuras docentes que incluyeran intervalos de confianza en sus reportes. Otro aspecto que ejemplifica la búsqueda de significados más profundos por parte de las alumnas.

Si bien la mayoría de las estudiantes hizo interpretaciones correctas, lo cierto es que hubo algunas interpretaciones en las que se puede observar una clara confusión porque de manera incorrecta se emplearon como sinónimos las palabras “rechaza” y “nula” en el contexto de las pruebas de hipótesis estadísticas.

A9: Se les aplica la propuesta didáctica y ellos obtienen un conocimiento mejor, esto nos beneficia porque nos dice que sí hubo diferencia entonces ahí se podría decir que se rechaza la hipótesis y es nula para este proyecto estadístico.

La estudiante A9 consideró que se rechaza la hipótesis porque “es nula para este proyecto estadístico”. Esta interpretación en realidad no tiene sentido desde el punto de vista del contraste de hipótesis. Sin embargo, dificultades en las interpretaciones son muy comunes en los estudiantes que por primera vez abordan el estudio de temas de inferencia formal y han sido plenamente documentadas en diversas investigaciones (e.g., Schneider, 2015; Greenland et al., 2016).

Interpretaciones sobre la prueba de Wilcoxon

La prueba de Wilcoxon fue otra herramienta utilizada por las docentes en formación para analizar los datos de los grupos con los que practicaron. En particular, con este método se buscaba que las estudiantes normalistas tuvieran más argumentos para poder responder objetivamente a la pregunta estadística generada al inicio del PE. A continuación, se presentan algunas de las interpretaciones hechas por las futuras docentes para la prueba de Wilcoxon.

La mayoría de las interpretaciones incluyeron la idea de que con la prueba de Wilcoxon se estaban contrastando medianas, a diferencia de la prueba-t pareada con la que se contrastaron medias. En este caso se muestra como las alumnas A7, A10 y A13 incluyeron también el valor del estimador y lo compararon con el valor de la significancia. Así mismo, las interpretaciones se hicieron en término de la hipótesis nula.

- A7: En este resultado se rechaza la hipótesis nula porque el valor de p que es de 0.001 es menor a 0.05 [...], por lo tanto, hay diferencias entre el pre-test y post-test de los alumnos, pues implementar una propuesta didáctica se obtuvo un mayor nivel de conocimiento de los contenidos.
- A10: La hipótesis nula es que la mediana de las diferencias entre el post-test y el pre-test es igual a 0, tomando el valor de p que es de 0.03 tomando la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas rechaza la hipótesis nula, es decir, que el valor de los resultados del post-test es significativamente mayor al valor del pre-test. Los estudiantes mejoraron favorablemente con el tratamiento que se implementó en la jornada de práctica.
- A13: Los resultados de la prueba de Wilcoxon donde a través de los datos del pre-test y post-test se determinó el rechazo de la hipótesis nula, que quiere decir que nos quedamos con la hipótesis alternativa, la hipótesis nula donde se decía que no había diferencias entre el pre-test y el post-test, y en cambio la hipótesis alternativa era la que decía que sí había diferencia en el pre-test y post-test por eso nos quedamos, a su vez, nos dice aquí rechazar la hipótesis nula porque el valor de p es 0.01 y cuando sale menor que 0.05 se queda con la hipótesis alternativa.

Tal como ocurrió en la prueba-t pareada, en las interpretaciones hechas sobre la prueba de Wilcoxon se asumió causalidad al decir que con la propuesta didáctica –también llamada tratamiento– los estudiantes tenían mayor nivel de conocimiento y que en general sus puntajes mejoraron. En este punto resulta fundamental recordar que el diseño del PE no contempló factores necesarios para hacer ese tipo de aseveraciones.

En muchas interpretaciones se utilizó la frase “significativamente mayor”, por ejemplo, cuando la alumna A10 interpretó que los puntajes del post-test eran mayores que los puntajes del pre-test. Aquí también se nota que se comprendió la regla para decidir sobre la aceptación o rechazo de la hipótesis nula. La estudiante A13 hizo una explicación mucho más amplia sobre la regla de decisión y expresó textualmente la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

También se encontraron interpretaciones expresadas en términos de “diferencias” encontradas en las medianas de los datos.

- A8: Los resultados arrojados nos indican que se rechaza la hipótesis nula, es decir, que las diferencias entre (las medianas del) post-test y pre-test nos es igual a cero.
- A14: Podemos observar que el valor de p tiene un valor de 0.000, que es menor que el valor de la significación que es de 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay

evidencias suficientes para plantear que existe una diferencia significativa entre los resultados obtenidos entre las pruebas del pre-test y del post-test.

A2: En este resultado se rechaza la hipótesis nula (H_0) porque el valor de p es de 0.01 es menor a 0.05, por lo tanto, la mediana de las diferencias entre el pre-test y post-test es igual a 0.

La estudiante A14 incluyó la idea de “evidencias”, con las que trata de sustentar los argumentos usados para justificar la significancia estadística encontrada. La estudiante A8 simplemente transcribió en prosa las salidas de SPSS, por lo que en realidad no hizo ninguna interpretación personal sobre la prueba de Wilcoxon. Por su parte, la estudiante A2 incluyó notación especial para identificar elementos de las pruebas de hipótesis (e.g., H_0).

Rossmann y Chance (1999) señalan la importancia de hacer una interpretación correcta de los resultados de las inferencias estadísticas realizadas, sin embargo, de nueva cuenta se encontró que algunas de las estudiantes normalistas hicieron interpretaciones que contenían algunas inconsistencias.

A15: La prueba de Wilcoxon nos indica que la prueba de hipótesis es rechazada o sea que es nula, lo que significa que las medidas de las pruebas del pre-test y del post-test difieren del valor de 0.

A6: En este caso la diferencia en el pre-test y el post-test nos da una hipótesis nula, lo que nos quiere decir que los resultados o la cantidad de diferencia es de cero, lo cual como ya se menciona es una hipótesis nula, porque no puede haber una diferencia de cero en cuanto a los resultados obtenidos antes y después de la aplicación de la propuesta.

La estudiante A15 usó la frase “la prueba de hipótesis es rechazada ósea (*sic*) que es nula”, esta es una interpretación que en el ámbito de la inferencia estadística no tiene congruencia ni sentido. Por su parte, la alumna A6 expresó que “la diferencia en el pre-test y el post-test nos da una hipótesis nula lo que nos quiere decir que los resultados o la cantidad de diferencia es de cero”. Para estas alumnas, el término “nula” lo asociaron al rechazo de la hipótesis nula o a una diferencia de 0.

Interpretaciones sobre el tamaño del efecto

La última prueba utilizada por las futuras docentes para el análisis de los datos obtenidos en el PE fue el tamaño o magnitud del efecto, mediante el coeficiente d de Cohen. Es importante aclarar que esta prueba no es una prueba de hipótesis. El tamaño del efecto es un índice que cuantifica la posible efectividad de un tratamiento, relacionado con alguna comparación.

Cabe destacar que el cálculo e interpretaciones del tamaño del efecto fueron realizadas con ayuda de una aplicación computacional llamada *Tamaño del Efecto* (ver Figura 5.24), misma que fue desarrollada por Dominguez (2013):

Figura 5.24. Aplicación utilizada por las futuras docentes para el tamaño del efecto.

La mayoría de las interpretaciones, por parte de las alumnas, incluyeron el porcentaje del grupo de puntajes obtenidos en el post-test contra los obtenidos en el pre-test que superaron la media (casilla Text8 de la Figura 5.24) y la probabilidad de que un estudiante en el post-test, seleccionado al azar, tuviera más alto puntaje que un estudiante en el pre-test, seleccionado también al azar (casilla Text15 de la Figura 5.24). La alumna A2 representó un ejemplo claro del tipo de interpretaciones hechas para el tamaño del efecto.

A2: Los resultados obtenidos nos muestran que el 92% de los puntajes obtenidos por los alumnos en el post-test está por encima de la media de los puntajes obtenidos en el pre-test, y que 0.84 es la probabilidad de que una persona en el post-test obtenga mayor puntaje que en el pre-test.

Esta estudiante no interpretó la magnitud del efecto (d de Cohen) en términos de Cohen (1988), quien establece que cuando el valor de d es aproximadamente 0.2, entonces el efecto es pequeño; cuando el valor de d es aproximadamente 0.5, entonces el efecto es mediano, y cuando el valor

de d es aproximadamente 0.8, entonces el efecto es grande. Algunas otras estudiantes normalistas sí lo incluyeron:

A17: El 76% de los puntajes obtenidos por los estudiantes en el post-test estaría por encima del promedio obtenido por el grupo en el pre-test. El 0.84 es la probabilidad de que el puntaje obtenido por un alumno en el post-test seleccionado al azar, sea más alto que el puntaje obtenido en el pre-test por un estudiante seleccionado al azar. Por lo tanto, en mi PE el valor del tamaño del efecto es grande, con un valor de $d = 0.797$.

A8: Considerando los datos del pre-test y post-test el valor de $d = 5.973$, lo que significa que tiene un efecto muy grande. El 0.98 es la probabilidad de que uno de los resultados del post-test seleccionado al azar tenga más alto puntaje que un resultado del pre-test seleccionado al azar.

La estudiante A17 interpretó la magnitud del efecto como “grande”, pues el valor del coeficiente d es de alrededor de 0.8 y cumple con el criterio de Cohen (1988). Puede notarse que A8 reporta una magnitud como “muy grande”, esta interpretación está hecha en términos del criterio propuesto por Rosnow, Rosenthal y Rubin (1996) quienes establecen que cuando d tenga valores mayores o iguales que 1.30, entonces el efecto es considerado como muy grande.

5.4.2 Episodio 9. Reflexión final del trabajo con PE

Como actividad de cierre de los PE, al final de las presentaciones de los pósteres, se dedicó tiempo del curso para promover algunas reflexiones sobre todo el trabajo implicado en el desarrollo de los proyectos. La intención de esta actividad fue socializar algunas ideas importantes sobre la experiencia por parte de las alumnas en dicho trabajo.

FD: Muy bien, con esto concluimos las presentaciones hechas por todas las compañeras del grupo. Creo que ha sido muy interesante escuchar el trabajo que han estado realizando a lo largo del semestre, todas estas experiencias van a resultar muy útiles para su profesión. [...]

El formador resaltó que las experiencias obtenidas por las futuras docentes durante el desarrollo de sus proyectos tenían un potencial pedagógico que podría impactar favorablemente en su proceso de formación y en consecuencia durante su vida profesional.

FD: Puedo reconocer que ustedes han estado trabajando muy duro para poder concluir con éxito esta experiencia del trabajo con proyecto, la cual traté de articularla con su campo laboral para que no lo vieran como algo aislado; por el contrario, lo que se buscó fue ponerlas en una situación completamente apegada al mundo real en el que ustedes van a trabajar. [...]

El formador destacó el hecho de que los PE habían tenido un enfoque centrado en las experiencias de práctica docente durante la enseñanza en matemáticas. No se había tratado de cualquier tema, sino que era un tema que, en el contexto de la escuela normal rural, es el eje rector de prácticamente todas las actividades académicas que realizan las profesoras en formación. Para esta generación de estudiantes normalistas, el trabajo con proyectos fue una oportunidad para poder conocer mucho más detalladamente la metodología implicada en actividades didácticas organizadas alrededor de un problema del mundo real.

En la última sesión del curso, el formador dedicó tiempo para intercambiar ideas con las futuras docentes respecto de su experiencia vivida en el trabajo con PE.

FD: [...] Les pido que tengan confianza para hablar abiertamente sobre todo lo relacionado con el proyecto, traten de ser objetivas y sinceras, para que se puedan analizar los aspectos que consideren más importantes. [...] ¿Qué les ha parecido esta experiencia de ir desarrollando un proyecto a lo largo de todo el semestre?

A4: Profesor, al principio del curso cuando estaba usted explicando que el proyecto duraría todo un semestre, pensé que era mucho tiempo para hacerlo, al inicio creí que era excesivo pero una vez que vimos de qué se trataba pues ya me fui dando cuenta que hasta me faltaría tiempo, y así fue porque muchas de nosotras terminamos justo a tiempo. Sobre todo, porque creo que nunca se nos había encargado un proyecto así de este tipo, que incluyera tantas actividades para poder hacerlo como se piensa.

A11: El trabajo que hemos realizado nos brindó la oportunidad de que como docentes logremos explicar a mayor profundidad el impacto que dejamos en los alumnos, mencionando que si dichos resultados vienen a causar un impacto significativo podremos estar seguras de que la finalidad que tenemos en el aula se ha logrado.

Se puede ver como algunas estudiantes reflexionaron sobre lo extenso y demandante que puede ser el trabajo con proyectos, y que en realidad no se parecía prácticamente en nada al tipo de actividades que comúnmente hacen durante su proceso de formación profesional. Además, comprendieron, al menos eso se infiere de lo que expresó la estudiante A11, la utilidad de los proyectos estadísticos porque esa experiencia les permitió aplicar la estadística para analizar una situación real que forma parte de sus prácticas docentes y que será su contexto laboral.

El formador preguntó a sus alumnas si la metodología del trabajo con PE sería viable para trabajar con los estudiantes de telesecundaria.

FD: [...] En el aprendizaje basado en proyectos, los docentes deberían convertirse en asesores que puedan guiar a sus estudiantes más que ser los que “enseñan”. [...] Yo pienso que lo más importante de este proyecto fue intentar que ustedes aprendieran cosas nuevas, con las que no estaban familiarizadas por ejemplo el uso de ciertos programas de computadora como SPSS. [...] Pero díganme, ¿creen ustedes que es posible usar esta metodología con sus alumnos en la telesecundaria?, y en caso afirmativo ¿cómo visualizan su propuesta didáctica?

A15: Sería posible hacer algo parecido con los alumnos de telesecundaria, pero tal vez no al nivel que se hizo en este curso, yo así le hice en mi segunda jornada de práctica, porque me tocó dar temas de estadística y aunque fueron solo cinco clases de una hora, use el ciclo “PPDAC” para hacer un “mini-proyecto”, en cada día trataba de ir haciendo una fase del ciclo, y al final, pero en equipos, tuvieron que presentar algunos resultados de ese proyecto. Creo que es factible hacerlo, pero algunas compañeras tuvieron dificultades al tratar de implementar proyectos porque los titulares de sus grupos no querían dejarnos aplicar una propuesta así, es que a fuerza quieren que se trabaje el libro, y aunque trataron de explicar con argumentos el por qué de esta forma de trabajo, no a todas las dejaron intentarlo. Tal vez en cuarto grado o cuando ya podamos tener un grupo como titulares no habría tantas limitantes.

Cabe resaltar cómo la estudiante A15 aplicó en cinco días un “mini-proyecto” siguiendo las fases del ciclo PPDAC. Esto es un elemento de aprendizaje fundamental para enseñar la estadística bajo el enfoque de resolver problemas estadísticos, provenientes de contextos reales, cuya solución requieren de un proceso de investigación. La alumna comenta que cada una de las fases del ciclo PPDAC las organizó para cada día, lo que muestra además un esfuerzo por llevar al aula esta forma de trabajo.

El formador de docentes aprovechó la oportunidad para compartir cómo en otros casos se ha trabajado con alumnos de telesecundaria la metodología de PE. Se explicó que al menos en dos ocasiones, estudiantes de la ENRCS habían aplicado, con buenos resultados, el trabajo con PE en distintos ciclos escolares dentro de escuelas telesecundarias cercanas. Esta plática representaba el intento más explícito para animar a las estudiantes a comprometerse con esta estrategia de enseñanza-aprendizaje de la estadística (Makar, 2008).

FD: Espero que este método no lo vean como algo que hicieron nada más en este curso porque yo les pedí, por el contrario, yo estoy animando a las nuevas generaciones de docentes a que se decidan a incluir los proyectos como una manera en que podrían hacer más integral el proceso de enseñanza-aprendizaje. [...] Les comento que hace un año, una de mis asesoradas de cuarto

grado hizo un estudio que se relacionaba con proyectos estadísticos. [...] En resumen les puedo decir que los alumnos de telesecundaria presentaron carteles en un evento multitudinario frente a todos los grupos de la escuela en la que practicaron sus compañeras de cuarto grado. [...] Con esto lo que intento decirles es que sí es posible implementar el trabajo con proyectos, es posible también pedir que elaboren y presenten sus carteles, es posible organizar un evento para la presentación de los mismos, todo es cosa de que se tenga voluntad de hacerlo. [...] De hecho el evento fue muy bueno, los profesores titulares quedaron sorprendidos por la buena organización del equipo y le pidieron sus productos y evidencias, tomaron fotos, para presentarlos en reuniones estatales. (Se mostró un fragmento de video del evento que se relataba).

Posteriormente, el formador cuestionó a las profesoras en formación sobre lo que consideraban habían aprendido a través de la experiencia de desarrollar PE.

FD: Por otra parte, a ver me pueden decir ¿qué fue lo que aprendieron con este proyecto y lo que más rescatan?

A5: Pues siento que se puede decir que sí se aprendieron muchas cosas, o al menos yo siento que sí aprendí mucho haciendo el proyecto. Algo que puedo destacar y que creo no hubiera aprendido en ningún otro curso aquí en la “normal” es sobre el *software* como Minitab, es más ni me hubiera enterado de que existen programas así, exclusivos para estadística. Al principio me costó mucho trabajo tan solo instalarlos en mi computadora, pero una vez que ya se instalan, siento que ya es más fácil comenzar a explorar las opciones y manejarlo.

Al parecer, uno de los aspectos que impactó con más fuerza a las estudiantes normalistas fue el conocer y aplicar una variedad de programas estadísticos (e. g., Excel, SPSS y Minitab) para la captura, procesamiento y análisis de los datos generados durante el proyecto. La reflexión anterior fue trascendental en este punto porque muchas veces se da por hecho, de manera equivocada, que como se trata de estudiantes jóvenes que están en contacto con cierto tipo de tecnología (e. g., *smartphone*, computadora e internet), necesariamente eso les ayuda a mejorar sus habilidades docentes.

A11: Ahora que escuché los proyectos de mis compañeras, me doy cuenta de que muchas de nosotras coincidimos en trabajar en las mismas escuelas, con los mismos temas, aunque con distintos grupos por supuesto, y mi comentario va en sentido de que me habría gustado poder hacer un estudio en el que se hicieran comparaciones entre los distintos grupos porque durante las exposiciones de los temas de estadística vimos que hay más herramientas con las que se pueden analizar los datos. Eso de comparar grupos se hace en las reuniones de los consejos técnicos pero

los profesores no usan más que gráficas de barras o circulares y todo el tiempo hablan de promedios, pero hoy me doy cuenta de que el análisis de los datos numéricos va más allá de las medidas de centro, porque están los cuartiles, las medidas de dispersión y herramientas como el tamaño del efecto. Aunque a muchas de nosotras se nos complicó porque en las clases de secundaria o del nivel medio superior sólo se abordaba la media, la moda, la mediana, las frecuencias y pocos tipos de gráficas. Yo no sabía nada de las gráficas de caja, y me doy cuenta de que como profesora de telesecundaria me va a tocar trabajarlas en tercer grado. El haber realizado este proyecto me permitió ver que en realidad yo sabía muy poco de otro tipo de temas de estadística y que realmente voy a necesitar como docente. Tal vez con las pruebas de hipótesis no sea tan necesario con los alumnos de telesecundaria, pero muchas cosas sí.

La A11 corrobora el hecho de que parte del trabajo de los profesores implica comparar grupos, trabajo que atienden con el uso de herramientas estadísticas básicas (“gráficas de barras o circulares y el promedio”). Además, ella señala la poca formación estadística que tienen, desconocían contenidos de estadística que se podrían esperar en el nivel medio superior (e. g., gráficas de caja y medidas de dispersión). Esto puede entenderse en parte porque, en general, la mayoría provienen de un nivel socioeconómico bajo, porque las escuelas donde estudiaron no incluyeron cursos de estadística, o si los tuvieron porque posiblemente en esos cursos predominaba un enfoque de enseñanza tradicionalista o porque sus profesores volvían a hacer que revisaran los temas más elementales de estadística.

Otra de las preguntas que planteó el formador de docentes fue respecto a la presentación final del PE en un póster:

FD: [...] ¿Qué les pareció el tener que diseñar y presentar el póster como actividad final?

A3: [...] Es un ejercicio muy bueno el tener que elaborar un póster y luego presentarlo a un cierto grupo de personas, yo estaba muy nerviosa cuando ya me tocaba. Nunca había tenido que condensar tanta información en un espacio tan pequeño como lo es un póster, aparte cuesta mucho trabajo estar poniendo colores y distribuyendo la información dentro del papel. Oiga profesor, ¿entonces sí se podrían pedir carteles a los estudiantes de telesecundaria?, lo pregunto porque me gustaría intentar algo así.

Debido a que el proceso de diseño, impresión y elaboración de los carteles no es tan común en el contexto de la ENRCS, se observó que fue una de las actividades que llamó la atención y al mismo tiempo fue una de las que más reto implicó para las estudiantes normalistas. En este

fragmento de la A3, ella expresó, por un lado, las dificultades para elaborar el póster, pero a su vez, por otro lado, la inquietud por “intentar” trabajar con proyectos y promover la elaboración de carteles. La elaboración del póster que sintetiza el PE realizado por cada alumna, se considera un aspecto de la formación integral de las futuras profesoras, pues promueve habilidades de síntesis de la información escrita y habilidades de comunicación.

5.5 Conclusión del Capítulo 5

En este capítulo, el análisis realizado a las actividades de instrucción llevada a efecto por parte del formador de docentes da cuenta de que la intervención del formador es fundamental en todas las fases del PE. Sobre todo, cuando se trata de profundizar conceptos de estadística que no eran conocidos anteriormente por parte de las alumnas (e.g., gráfica de puntos, prueba de la magnitud del efecto). Sin embargo, la participación del formador se daba exclusivamente cuando se detectaba que era necesario aclarar algún tema, profundizarlo o contextualizarlo. Como uno de los objetivos del curso era poner en el centro del proceso a las futuras docentes, se trató de que las actividades del PE no giraran en torno al instructor y, por lo tanto, a diferencia del método tradicional, la instrucción estuvo acotada por los requerimientos y demandas de las propias estudiantes durante el proyecto.

El análisis sobre los elementos de aprendizaje que fueron desarrollados por las profesoras en formación muestra que pese a que el curso EM-II no era un curso de estadística y que la gran mayoría de los temas eran totalmente nuevos para las estudiantes, se pudieron realizar todas y cada una de las actividades propuestas para el PE. En el contexto de una escuela normal rural con un grupo de segundo grado, es verdaderamente un logro que todas las integrantes de un grupo entreguen evidencia de su productividad escolar. Sin embargo, es necesario enfatizar que, en general dentro de las evidencias presentadas por las alumnas normalistas –presentaciones orales, carteles, reportes finales, participaciones en las sesiones de clase y las participaciones en la plataforma– se encontraron muchas deficiencias de forma (e.g., errores ortográficos, errores en citación y referencias) y de fondo (e.g., errores de interpretación de las gráficas estadísticas y de las pruebas de hipótesis). Incluso, en algunos casos las “interpretaciones” eran simples redacciones descriptivas de la misma información presentada en otras formas (e.g., tablas, o pantallas de salida del software). Pese a cualquier tipo de dificultades que pudieron tener las

estudiantes normalistas durante el PE, es muy alentador saber que algunas manifestaban su franca intención de utilizar PE durante sus siguientes jornadas de práctica.

Para puntualizar se presenta una tabla en la que se exponen los elementos de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico promovidos en cada uno de los episodios que fueron analizados. En el siguiente capítulo –sección 6.1.1, se ofrecen más detalles.

Tabla 5.2

Elementos de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico relacionados con el contenido de los episodios.

Elementos de cultura estadística	Elementos de razonamiento estadístico	Elementos de pensamiento estadístico
Episodio 1. Distinguiendo el problema real, el problema estadístico y la pregunta estadística		
1.4. Conocimiento del contexto (<i>Uso e interpretación de la estadística en la vida diaria</i>).	2.2. Explicar por qué un resultado se produce o por qué una conclusión se justifica (<i>Usar preguntas que animen a los estudiantes a especular y pensar, y que no necesariamente tengan una respuesta correcta</i>).	3.1. Ciclo investigativo (<i>Problema</i>)
Episodio 2. Identificando las variables del PE		
1.2. Conocimiento estadístico base (<i>Conocer términos básicos e ideas importantes de estadística descriptiva</i>).	2.1. Desarrollar ideas estadísticas centrales (<i>Datos</i>).	3.1. Ciclo investigativo (<i>Plan</i>) 3.2. Tipos fundamentales del pensamiento estadístico (<i>Reconocimiento de la necesidad de datos</i>).
Episodio 3. Identificando el diseño del estudio		
1.4 Conocimiento del contexto (<i>Comprensión del contexto para que los mensajes estadísticos “den sentido”, pues el contexto motiva los procedimientos</i>).	2.1. Desarrollar ideas estadísticas centrales (<i>Modelos estadísticos</i>).	3.2. Tipos fundamentales del pensamiento estadístico (<i>Reconocimiento de la necesidad de datos</i>).
Episodio 4. Construcción del instrumento		
1.6. Disposiciones (Aspectos motivacionales).	2.1. Desarrollar ideas estadísticas centrales (<i>Datos</i>).	3.4. Las disposiciones (<i>Curiosidad y conciencia; compromiso</i>).

Episodio 5. Revisando tablas, gráficas y resúmenes estadísticos
 Episodio 6. Revisando los fundamentos de las pruebas de hipótesis
 Episodio 7. Revisando las pruebas no paramétricas y la magnitud del efecto

<p>1.1. Habilidades de alfabetización estadística (<i>Construcción de tablas y diferentes representaciones de datos</i>).</p>	<p>2.3. Desarrollar un entendimiento más profundo y significativo de la estadística (<i>Integrar el uso de herramientas tecnológicas apropiadas que permita a los estudiantes analizar y explorar datos</i>).</p>	<p>3.2. Tipos fundamentales del pensamiento estadístico (<i>Transnumeración; variabilidad; razonamiento con modelos estadísticos</i>).</p>
<p>1.3. Conocimiento matemático (<i>Resumir un gran número de observaciones por una cantidad concisa, como un porcentaje, una media o una probabilidad</i>).</p>	<p>2.1. Desarrollar ideas estadísticas centrales (<i>Distribución; Variabilidad; Centro; Modelos estadísticos</i>).</p>	<p>3.4. Las disposiciones (<i>Buscar significados más profundos; Perseverancia</i>).</p>
<p>1.6. Disposiciones (<i>Aspectos motivacionales; Desarrollar una postura crítica propia y su voluntad</i>).</p>		<p>3.3. El ciclo interrogativo (<i>Buscar</i>).</p> <p>3.1. Ciclo investigativo (<i>Análisis</i>).</p>

Episodio 8. Presentación de los PE por parte de las futuras docentes

<p>1.1. Habilidades de alfabetización estadística (<i>Dar sentido a las representaciones estadísticas; Describir gráficos estadísticos; Interpretar los hallazgos de un procedimiento estadístico</i>).</p>	<p>2.2. Explicar por qué un resultado se produce o por qué una conclusión se justifica (<i>Pedir a los estudiantes que expliquen su razonamiento y justifiquen sus respuestas</i>).</p>	<p>3.1. Ciclo investigativo (<i>Conclusiones</i>).</p> <p>3.2. Tipos fundamentales del pensamiento estadístico (<i>Generar; Interpretar; Criticar</i>).</p>
---	---	---

Episodio 9. Reflexión final del trabajo con PE

<p>1.6. Disposiciones (<i>Aspectos motivacionales; Desarrollar una postura crítica propia y su voluntad</i>).</p>	<p>3.4. Las disposiciones (<i>Buscar significados más profundos; Perseverancia</i>).</p>
---	--

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Introducción

En este capítulo final se presentan las conclusiones sobre los elementos de aprendizaje desarrollados por las futuras docentes de telesecundaria que participaron en el PE. Las conclusiones que se exponen se desprenden del análisis expuesto en el capítulo 5. Este capítulo se ha organizado en dos secciones principales. En la primera se responden la pregunta de investigación; en la segunda se ofrecen algunas consideraciones finales.

6.1 Respuesta a la pregunta de investigación

En esta primera sección se dará respuesta a la pregunta de investigación que ha regido el presente estudio. La respuesta a la primera pregunta se aborda considerando los elementos de aprendizaje de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico promovidos durante el curso EM-II, el cual se trabajó bajo la metodología de PE desarrollados por las futuras docentes.

6.1.1 ¿Qué elementos de aprendizaje de una cultura, razonamiento y pensamiento estadístico se promueven con la implementación de un proyecto estadístico a futuras profesoras de telesecundaria?

La respuesta a esta pregunta se articula mediante el análisis sobre los elementos de aprendizaje en términos de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico observados durante las fases en que se desarrolló el PE, y las cuales provienen del análisis reportado en el capítulo anterior. Aunque los PE pueden desarrollar paralelamente elementos de los tres enfoques de aprendizaje, las respuestas se organizaron en tres secciones individuales que corresponden a cada enfoque.

6.1.1.1 Elementos de una cultura estadística

De los seis elementos que conforman el marco de indicadores y criterios de cultura estadística se pudo identificar la promoción de cinco de estos: *habilidades de alfabetización estadística* (1.1), *conocimiento estadístico base* (1.2), *conocimiento matemático* (1.3), *conocimiento del*

contexto (1.4) y *disposiciones* (1.6). En las siguientes secciones se detalla el aprendizaje promovido sobre estos elementos.

Disposiciones

Las disposiciones se promovieron mediante los indicadores de *aspectos motivacionales* (1.6.3) y *desarrollar una postura crítica propia y su voluntad* (1.6.4). El aspecto motivacional, de acuerdo con Gal (2002), se relaciona con entender la importancia de la estadística mediante la solución de problemas que son de interés para los estudiantes y están dentro de su contexto. En este sentido, el PE abordó la solución de un problema sobre el aprendizaje de contenidos matemáticos implicados en la propuesta didáctica que las alumnas desarrollaron y aplicaron a un grupo de estudiantes de telesecundaria con quienes practicaron. El contexto del problema fue familiar, pues forma parte de las actividades de su jornada de práctica docente. Fue por medio de las actividades del PE que las estudiantes normalistas pudieron comprender que la estadística es una disciplina que les permite analizar de forma más robusta –usando métodos estadísticos– los datos que se producen durante las jornadas de prácticas reales. Promover la *motivación* es muy importante porque generalmente los estudiantes de estadística suelen abordar situaciones poco realistas, por lo regular de libros de texto en los que aparecen problemas que ya tienen los datos y solo basta aplicar algunas fórmulas (e.g., media) o utilizar ciertos conceptos (e.g., moda).

Si bien las futuras docentes, en un principio del curso, se mostraron un tanto preocupadas por el trabajo que implicaba el desarrollar el PE y por los contenidos estadísticos nuevos que serían abordados, durante el desarrollo del PE, las alumnas fueron identificando aspectos de aprendizaje útiles. Por ejemplo, el uso de *software* para el análisis de datos, aprender a usar técnicas diferentes, al uso del promedio, para comparar grupos y aplicar el ciclo PPDAC del modelo del pensamiento estadístico como una guía para organizar la enseñanza con PE. En otras palabras, el hecho de que las propias alumnas reflexionaran en lo que habían aprendido con el desarrollo de su PE refleja un cambio de actitud –de estar preocupadas por a ver una utilidad en el trabajo con PE, lo cual es un aspecto motivacional. De hecho, la alumna que utilizó el modelo PPDAC para, en cinco días, trabajar un PE con sus estudiantes de práctica, refleja la puesta en práctica de esa motivación.

En lo que a *postura crítica* se refiere, se considera que este indicador se manifestó poco. En general, las alumnas no fueron muy participativas, esto es una característica común de las

docentes en formación de telesecundaria de la ENRCS. No obstante, ante tantos contenidos estadísticos nuevos y una nueva metodología de trabajo, se reconoce el esfuerzo de algunos aspectos críticos por parte de las alumnas, particularmente, en cuestiones sobre el tipo de diseño del estudio (e.g., al analizar que no podían hacer muestreo aleatorio para seleccionar una muestra en sus grupos de práctica); o cuando generaban un significado a los datos numéricos de su PE mediante la interpretación de los modelos estadísticos que fueron utilizados para el análisis (e.g., el tamaño del efecto). Se puede afirmar que sin haber conseguido desde el inicio una buena motivación, no todas las docentes en formación que participaron en el PE habrían concluido satisfactoriamente las actividades planteadas.

Habilidades de alfabetización estadística

Según Gal (2004), estas habilidades permiten que las personas identifiquen, interpreten y usen la información proveniente de listas, tablas, índices, cuadros y representaciones gráficas. Implican comprender y utilizar el lenguaje básico y las herramientas de estadística, saber qué significan los términos estadísticos básicos, comprender el uso de símbolos estadísticos simples (Rumsey, 2002). Durante el desarrollo del PE, se promovieron algunas de dichas habilidades relacionadas con los siguientes indicadores: *dar sentido a las representaciones estadísticas* (1.1.1), *Describir gráficos estadísticos* (1.1.3), *interpretar los hallazgos de un procedimiento estadístico* (1.1.4), y *construcción de tablas y diferentes representaciones de datos* (1.1.5).

Las actividades de clase, así como la presentación oral y el reporte escrito del PE que cada estudiante diseñó, evidenciaron que las futuras profesoras enriquecieron su lenguaje estadístico y *dieron sentido* a algunos símbolos estadísticos. Por un lado, durante la exposición de los temas estadísticos que las alumnas investigaron y expusieron (ver Episodios 5, 6 y 7 del capítulo anterior), ellas se enfrentaron a representaciones y símbolos estadísticos que no conocían, como: gráfica de cajas, puntos, desviación estándar, varianza, primer cuartil, tercer cuartil, asimetría y curtosis; hipótesis estadística, hipótesis nula (h_0), hipótesis alternativa (h_1), región de aceptación, región de rechazo, valor-p, valores críticos, estadístico de prueba, significancia (α), errores tipo I y tipo II. Por otro, durante las distintas actividades del curso, las alumnas se enfrentaron con términos estadísticos que cuestionaban para conocer más sobre su significado (e.g., qué es un diseño cuasi experimental, cómo entender la variabilidad en las preguntas estadísticas, qué es contraste de hipótesis).

Se buscó que las docentes en formación pudieran *describir gráficos estadísticos* por medio de una serie de interpretaciones que debieron realizar sobre diversas gráficas (e.g., gráfica de puntos, cajas e histogramas) que utilizaron para analizar los datos del PE. En esas gráficas trataron de detectar algunas características importantes como el sesgo y la densidad de los datos. Con el análisis de gráficas se comenzaron a promover ideas tempranas sobre la comparación de grupos, de hecho, hubo algunas estudiantes que mediante sus gráficas ya reportaban “mejoras” en los puntajes de sus propios alumnos.

En la exposición del PE y en el reporte escrito de éste, se apreció más el indicador de *interpretar los hallazgos de un procedimiento estadístico*. Por ejemplo, en el Episodio 8 se presentaron las distintas interpretaciones que las alumnas hicieron sobre los hallazgos estadísticos derivados del análisis de sus datos. Se mostró que la interpretación de las gráficas de caja y puntos estuvo reducida a la identificación de datos individuales que a una comparación de grupos. Además, se destacan las interpretaciones de los resúmenes estadísticos que determinaron para el análisis. En este caso, las alumnas, por iniciativa propia, proporcionaban la definición de esos resúmenes para apoyar la interpretación de sus hallazgos. En el caso de las interpretaciones sobre las pruebas de hipótesis y sobre la prueba de la magnitud del efecto, estuvieron basadas en las salidas de Minitab, SPSS y Tamaño del efecto, por lo que prácticamente todas las interpretaciones fueron correctas.

También fue promovida la *construcción de tablas y diferentes representaciones de datos*. Las futuras docentes tuvieron que incluir los puntajes de sus estudiantes, obtenidas en las evaluaciones escritas, en una tabla de frecuencias simples, y además tuvieron que construir una gráfica de cajas, una gráfica de puntos y un histograma en sus reportes finales. Haber utilizado al menos tres tipos distintos de gráficas, les permitió a las estudiantes conocer gráficas que son básicas para el proceso de comparación de grupos y también percatarse de que la gráfica de cajas era un tema que debían enseñar en telesecundaria.

Conocimiento estadístico base

De acuerdo con Gal (2004), el conocimiento estadístico base representa los fundamentos sobre el conocimiento de conceptos y procedimientos estadísticos y probabilísticos básicos, y está relacionado con los conceptos y problemas matemáticos que subyacen a los problemas estadísticos. En este estudio, el conocimiento estadístico base se promovió a través de los

indicadores: *conocer términos básicos e ideas importantes de estadística descriptiva* (1.2.2) y *conocer representaciones e interpretación de gráficas y tablas estadísticas* (1.2.3).

Como se mencionó anteriormente, las alumnas normalistas pudieron *conocer términos básicos e ideas importantes de estadística descriptiva*. Estos términos básicos fueron aquellos relacionados con la estadística descriptiva que suelen incluir los resúmenes estadísticos de los programas tecnológicos que experimentaron las alumnas: medidas de centro, valor máximo y mínimo, rango, desviación estándar, varianza, primer cuartil, tercer cuartil, asimetría y curtosis. También se promovió que las docentes en formación pudieran *conocer representaciones e interpretación de gráficas y tablas estadísticas*, al menos tres tipos de gráficas estadísticas para la comparación de grupos fueron usadas: cajas, histograma y puntos. Lo anterior motivó la exploración de características que nunca las alumnas habían considerado en las gráficas (e.g., algunas alumnas hablaban de la concentración y dispersión de los datos). Asimismo, las estudiantes hicieron *interpretaciones sobre las tablas y las gráficas estadísticas* que eran estudiadas y utilizadas durante el PE. Se pudo notar que en algunas interpretaciones sobre las gráficas de caja se consideraba la longitud de las cajas como una forma de identificar visualmente la magnitud de la variabilidad. Otras interpretaciones permitieron ver que las gráficas de puntos les sirvieron para reconocer patrones y emitir conclusiones sobre la “concentración” de los datos, mientras que los histogramas les ayudaban a identificar los sesgos de sus datos.

Conocimiento matemático

Este tipo de conocimiento se relaciona con los procedimientos matemáticos que subyacen al cálculo de indicadores estadísticos comunes como el promedio, el porcentaje y la desviación estándar (Gal, 2002). El conocimiento matemático se promovió a través de dos indicadores, el primero fue el de *resumir un gran número de observaciones por una cantidad concisa, como un porcentaje, una media o una probabilidad* (1.3.3) y el segundo es *se motiva la familiaridad intuitiva y en ocasiones formal sobre procedimientos de cálculo matemáticos que se utilizan para generar estadísticas* (1.3.5). En el primer caso, las futuras docentes utilizaron porcentajes en las tablas de frecuencias para indicar la cantidad de alumnos aprobados y cuando expresaron el promedio de los puntajes obtenido por los estudiantes de su grupo de práctica. Este tipo de actividades les permitieron a las alumnas que pudieran analizar los datos como un conglomerado

en lugar de abordarlo como casos individuales. El cálculo del promedio es muy cotidiano en el ámbito de la docencia, por lo que la mayoría de las docentes en formación estaban familiarizadas con este concepto.

También se promovió que se familiarizaran con *procedimientos de cálculo que se usan para generar estadísticas* (e.g., la desviación estándar) (ver Episodio 8). En este caso, durante las presentaciones orales (las futuras docentes incluyeron las expresiones matemáticas mediante las que se calculaban los estadísticos de prueba (e.g., la fórmula para el estadístico de prueba t), y también se observó una comprensión en algunos procedimientos matemáticos usados para generar estadísticos (e.g., el algoritmo para calcular la mediana). Aunque en sus presentaciones orales algunas estudiantes presentaban las fórmulas para realizar los cálculos, en realidad ninguna abordó con profundidad y detalle los procedimientos, pues desde el inicio se especificó que en este curso no se daría prioridad a los cálculos manuales.

Conocimiento del contexto

Para Gal (2004), el conocimiento del contexto es fundamental para darle sentido a los datos y los resultados de cualquier estudio estadístico. Los indicadores de la promoción de este tipo de conocimiento desarrollado durante la implementación del PE fueron: *comprensión del contexto para que los mensajes estadísticos “den sentido”, pues el contexto motiva los procedimientos* (1.4.1) y *uso e interpretación de la estadística en la vida diaria* (1.4.3).

El contexto en el que estuvo enmarcado el problema de investigación del PE, a saber, las prácticas docentes de las futuras profesoras, determinó los procedimientos estadísticos. Por ejemplo, se determinó que cada una de las alumnas tenía que practicar con un solo grupo, independiente al de sus compañeras, como no podían sacar muestras aleatorias y como no fue posible hacer comparaciones entre grupos, entonces este contexto justificó que la toma de datos se basara en un estudio cuasi experimental, lo que condujo a un análisis usando pruebas de hipótesis para comparación de datos en un mismo grupo. Haber utilizado las actividades de práctica docente que las alumnas realizan cada semestre, y que de acuerdo con el plan de estudios de la SEP (1999) son la actividad principal en su proceso de formación, les permitió a las estudiantes normalistas aprender cómo *usar e interpretar la estadística* en actividades relacionadas con su práctica, en este caso, tanto su práctica de formación académica como la de su futura profesión. Las alumnas justificaron por qué no podían tomar muestras aleatorias,

incluso qué tanto podían hacer durante la implementación de su propuesta didáctica. Respecto de los datos, todo el análisis de estos se intentó interpretar y darle sentido en términos del contexto del estudio, de la pregunta de investigación que ellas habían planteado.

6.1.1.2 Elementos de un razonamiento estadístico

Del enfoque de razonamiento estadístico se identificó la promoción de tres elementos relacionados con: *desarrollar ideas estadísticas centrales* (2.1), *explicar por qué un resultado se produce o por qué una conclusión se justifica* (2.2), y *desarrollar un entendimiento más profundo y significativo de la estadística* (2.3).

Desarrollo de ideas estadísticas centrales

Las ideas centrales de la estadística, a menudo conocidas como “grandes ideas” (Garfield & Ben-Zvi, 2008), evidencia un razonamiento o comprensión particular según el contenido estadístico y el uso de la idea. Por ejemplo, se reportan ideas centrales sobre *datos* (2.1.1), *modelos estadísticos* (2.1.5), *distribución* (2.1.2), *aleatoriedad* (2.1.6), *centro* (2.1.4), *variabilidad* (2.1.3), *comparación de grupos* (2.1.9), *muestreo* (2.1.7) e *inferencia estadística* (2.1.8). Algunas de estas ideas fueron promovidas durante el desarrollo del PE.

Sobre la idea de *datos*, se promovió la importancia de que las alumnas experimentaran *el proceso de recopilación de datos*. Este proceso consistió en el diseño e implementación de dos pruebas (pre y post) aplicadas antes y después de la aplicación de la propuesta didáctica que diseñaron las estudiantes. Se aprovecharon las jornadas de práctica que se agendan cada semestre en las telesecundarias de la región para que las alumnas pudieran recolectar datos en un contexto profesional completamente realista y apegado a la dinámica de trabajo de un docente en servicio. Estas actividades de recolección de datos les permitieron conocer las dificultades que se presentan al tratar de obtener información estadística y comprender que en el mundo real –a diferencia de los libros de texto– los datos deben conseguirse para emitir juicios más confiables, basados en evidencias, en este caso, estadísticas.

Otra idea central que se promovió fue la *comprensión del concepto de distribución*. Las alumnas tuvieron la oportunidad de generar interpretaciones de las gráficas (e.g., en el Episodio 8 algunas alumnas hablaban sobre la distribución observada en las gráficas de puntos) utilizando los términos de sesgo y simetría, además de que también presentaron interpretaciones de las gráficas

de cajas en términos de la media y la mediana. Además, se apreció que las alumnas trabajaron el concepto de centro como un representante de un grupo, de un agregado, y no sólo como un resultado de sumar un conjunto de datos y dividirlo entre el total de datos. En este sentido, el contexto de comparación de grupos (puntajes antes y después de la aplicación de la propuesta didáctica) fue importante para significar a las medidas de centro de una manera diferente a la tradicionalmente conocida. En este sentido, también se promovieron ideas centrales necesarias para comprender las medidas de *centro*. Regularmente las docentes en formación y los docentes en servicio están familiarizados con el uso de los promedios como una forma de resumir los datos numéricos, obtenidos casi siempre de evaluaciones de sus estudiantes, pero no es tan común que usen la media como una medida de resumen.

La idea de *variabilidad* fue otra de las grandes ideas que tuvieron lugar durante el desarrollo del PE. Se les mostró a las estudiantes cómo distinguir una pregunta estadística de una que no lo es, para ello se hizo uso de la idea de variabilidad (ver Episodio 8), se enfatizó en que la respuesta a una pregunta estadística suponía el uso de datos que variaban. El rango, varianza y desviación estándar, medias de la variabilidad, fueron estudiadas como parte de los resúmenes estadísticos para el análisis descriptivo de los datos. Además, algunas alumnas apreciaron la idea de variabilidad en las gráficas de caja, en las que se comparaban las longitudes de las cajas (ver Episodio 8).

Aunado a las ideas estadísticas anteriores, también se promovió la comprensión de *modelos estadísticos* que se refiere a seleccionar y utilizar modelos apropiados para responder preguntas estadísticas y resolver problemas estadísticos. Un modelo es un concepto tan amplio que puede denotar desde un generador de números aleatorios, pasando por la verificación de supuestos cuando se usa un procedimiento en particular, hasta la redacción de una hipótesis nula. Para Garfield y Ben-Zvi (2008, p. 145) “los modelos son una parte fundamental del pensamiento estadístico”.

Desde el diseño instruccional del PE se pensó en la necesidad de dar a conocer a las futuras docentes herramientas estadísticas que les permitieran apoyar sus reportes de las prácticas docentes y que, en el futuro, contaran con ellas para su trabajo profesional. Dentro de estas herramientas se tenía la aplicación de modelos estadísticos. Las estudiantes investigaron el uso y significado de modelos estadísticos como la prueba-t pareada, la prueba de Wilcoxon y la

prueba del tamaño del efecto, así como las pruebas de hipótesis estadísticas. Estos modelos se enmarcaron en opciones diferentes a las descriptivas para comparar grupos. Incluso, el uso de modelos gráficos como las gráficas de caja, puntos e histogramas también se consideran modelos estadísticos recomendados para esa comparación (Garfield & Ben-Zvi, 2008). Así, la *comparación de grupos* fue otra de las grandes ideas promovidas.

La *comparación de grupos* es una actividad más enriquecedora porque requiere el uso de más estadísticos para el análisis de los datos. En este caso, las alumnas no pudieron hacer una comparación entre grupos diferentes, pero sí se pudo realizar una comparación del grupo en que cada una de ellas practicó. La comparación obedeció a la idea de buscar una diferencia entre los conocimientos matemáticos del grupo de alumnos a quienes atendieron las futuras docentes. Para ello, se aplicó una prueba antes y después de la instrucción realizada por las futuras docentes. Este tipo de comparación fue una tarea novedosa para las alumnas, pues, aunque se les requería mostrar un reporte de su intervención en las jornadas de práctica, no habían realizado un estudio que implicara tal comparación. Generalmente usan gráficas de barras o columnas y nunca consideran herramientas más *ad hoc*, como las gráficas de cajas; también suelen emplear el promedio como un método de comparación, pero sin tomar en cuenta la variabilidad del conjunto de datos que se compara.

Finalmente se buscó promover ideas de *inferencia estadística* por medio del uso pruebas de contrastes de hipótesis estadísticas que fueron elegidas de acuerdo con las características de los datos. Por ejemplo, conocer y usar el valor-*p* como un valor de referencia que comparan contra el valor de la significancia, lo cual les permitió tomar decisiones sobre rechazar la hipótesis nula en las pruebas. Las pruebas las realizaron correctamente a través de aplicaciones de computadora que hacían los cálculos y generaban conclusiones sobre las pruebas efectuadas. Las estudiantes tuvieron una ventaja técnica porque los tres programas –SPSS, Minitab y Tamaño del Efecto– contaban con salidas de pantalla con pequeñas conclusiones muy explícitas y concretas. Las capacidades de las computadoras y el *software* utilizado son muy importantes en término de la inferencia estadística, de esto se dieron cuenta algunas estudiantes que incluyeron en los reportes finales inferencias utilizando los intervalos de confianza que les daba el programa. Es decir, el hecho de contar con herramientas que les facilitaron las cuestiones operativas permitió que las alumnas hicieran un esfuerzo por entender los resultados estadísticos.

Explicar por qué un resultado se produce o por qué una conclusión se justifica

Razonar estadísticamente significa comprender y ser capaz de explicar procesos estadísticos y poder interpretar completamente los resultados estadísticos (Garfield, 2011). El razonamiento se desarrollará cuando los estudiantes justifican con argumentos sólidos las razones por las cuales se obtienen resultados o por qué se aplican ciertas técnicas estadísticas.

Dos indicadores de este tipo de razonamiento se promovieron durante el desarrollo del PE: *usar preguntas que animen a los estudiantes a especular y pensar, y que no necesariamente tengan una respuesta correcta* (2.2.1), y *pedir a los estudiantes que expliquen su razonamiento y justifiquen sus respuestas* (2.2.2).

El primer indicador de este elemento implica *usar preguntas que no necesariamente tienen una respuesta correcta y única*, lo anterior se promovió cuando las profesoras en formación mostraron el uso de tecnología de computadoras para probar sus conjeturas (e.g., suponer que los puntajes de los estudiantes mejorarían después de implementar sus propuestas didácticas). Cuando las futuras docentes comenzaron a reconocer casos (e.g., ¿cuántas desviaciones estándar de diferencia hay entre los resultados del pre-test y el post-test?) y características de las preguntas estadísticas se encontraron con un tipo de preguntas que no podrían responderse inmediatamente porque su respuesta requería datos que tenían variación. Con esto se trataba de hacerles notar a ellas que las preguntas estadísticas auténticas no eran como los problemas “tipo” que pueden encontrarse en los libros de texto gratuito para telesecundaria, donde cada problema ya trae sus datos y simplemente se busca aplicar algún algoritmo (e.g., el cálculo de la media) para responder las preguntas que están planteadas en el libro. Por lo regular, las estudiantes normalistas han sido formadas bajo un modelo que las ha acostumbrado a abordar casi siempre preguntas con respuestas cerradas, únicas y correctas. Sin embargo, haber participado en un PE en el que se generaban preguntas estadísticas, les permitió comprender (ver Episodio 1) que muchas de las respuestas a las preguntas estadísticas darán apenas una parte del entendimiento del problema del mundo real.

El segundo indicador está asociado con que los estudiantes *expliquen su razonamiento y justifiquen sus respuestas* (ver Episodio 8). Las alumnas normalistas usaron –por primera vez en proceso de formación docente– evidencias estadísticas objetivas para justificar de forma convincente sus argumentos y las respuestas a las preguntas estadísticas planteadas al inicio del

PE. En general los reportes de OPD que presentaban las futuras docentes antes de esta experiencia no contenían en absoluto ningún dato estadístico –que son relevantes para los docentes en servicio– como los promedios. En sus reportes, casi siempre las docentes en formación basan sus juicios y sus conclusiones en prejuicios, emociones, suposiciones y en ideas poco objetivas. Sin embargo, haber seguido el ciclo investigativo les permitió comprender que para sustentar sus afirmaciones es necesario contar con el respaldo de las evidencias estadísticas generadas durante el proyecto.

Desarrollar un entendimiento más profundo y significativo de la estadística

El razonamiento estadístico también implica que se debe tener una mente abierta para tratar de profundizar el conocimiento y los significados de las grandes ideas de la estadística (Chance, 2002). Para ello, el uso de la tecnología es una recomendación, ya que se espera que los estudiantes se centren más en el entendimiento de ideas, conceptos o resultados estadísticos que en los cálculos. De ahí que uno de los indicadores de este elemento se relaciona con *integrar el uso de herramientas tecnológicas apropiadas que permita a los estudiantes analizar y explorar datos* (2.3.1). El programa Minitab, SPSS y la aplicación de la herramienta para determinar el tamaño del efecto ayudaron a las estudiantes en el proceso de exploración y análisis de datos. Esto permitió que, por un lado, las futuras docentes no se complicaran con cálculos manuales hechos a partir de fórmulas que requerían mucho tiempo de trabajo; por otro lado, ayudó a que las estudiantes normalistas se enfocaran en realizar interpretaciones sobre los resultados estadísticos que mostraban tales herramientas.

6.1.1.3 Elementos de un pensamiento estadístico

Se observaron cuatro elementos del pensamiento estadístico que fueron promovidos durante el desarrollo del PE: el *ciclo investigativo* (3.1), los *tipos fundamentales del pensamiento estadístico* (3.2), el *ciclo investigativo* (3.3) y las *disposiciones* (3.4).

El ciclo investigativo (PPDAC)

De acuerdo con Makar (2008), el ciclo investigativo PPDAC es un aspecto fundamental del pensamiento estadístico porque al desarrollar este ciclo se busca la resolución de un problema estadístico. En este sentido, el trabajar el PE bajo las fases de este ciclo a fin de resolver un

problema estadístico en el contexto de las prácticas docentes de las futuras profesoras, sirvieron para que ellas experimentaran cada una de las fases de este ciclo.

La fase del *problema* (3.1.1) es el primer indicador de este elemento que fue abordado para iniciar el trabajo con el PE (ver Episodio 1). Como se puede observar en el Episodio 1, del capítulo anterior, se intentó mostrar a las futuras docentes cómo plantear preguntas estadísticas que detonaran el resto de las fases del ciclo. Cada una de las docentes en formación redactaron al menos una pregunta estadística (e.g., ¿con la implementación de la propuesta didáctica, los alumnos mejoraron su habilidad para resolver problemas de proporcionalidad directa?) a la cual se buscó dar respuesta por medio de la recolección de datos que variaban, en este caso los puntajes en las pruebas escritas, la aplicación de métodos estadísticos específicos que fueron poco a poco abordados durante las diferentes fases del ciclo. Para que las estudiantes normalistas pudieran redactar este tipo de preguntas estadísticas, tuvieron que hacerse varias iteraciones sobre la redacción y el planteamiento de dichas preguntas. Sin duda, la fase del planteamiento del problema de investigación fue fundamental para desarrollar el PE, pero también mostró lo complicado que puede ser el hecho de plantear preguntas estadísticas.

La segunda fase, el *plan* (3.1.2), ver Episodio 2, se experimentó mediante la toma de ciertas decisiones que involucraron tanto un conocimiento del contexto como de contenido estadístico. En el caso del conocimiento del contexto, las alumnas previeron cuestiones relacionadas con la localidad, la escuela y el grupo donde se llevaría a cabo la práctica, ya que esto podría repercutir en la recolección los datos. Por ejemplo, se previeron las inasistencias de los estudiantes de práctica, eventos deportivos y actividades extraescolares que podrían limitar o complicar el levantamiento de datos. En cuanto al conocimiento de contenido estadístico, la fase del plan implicó la exposición de ideas relacionadas con qué era lo que se necesitaba medir –los puntajes– y cómo medirlo –mediante el diseño y la aplicación de pruebas escritas, si se requería o no una muestra, el tipo de estudio que se realizaría (estudio cuasi experimental).

El tercer indicador o fase del ciclo PPDAC es la de *datos* (3.1.3). En esta fase, durante las sesiones de clase, las estudiantes reflexionaron y comunicaron ideas sobre cómo hacer frente a los problemas que se podrían presentar en la recolección de datos (e.g., que el docente titular del grupo no permitiera aplicar las pruebas escritas en su grupo). Además, las alumnas reportaron su participación en las actividades de campo –jornadas de práctica docente– en las

que realizaron la recopilación de sus datos (ver Episodio 4). Para poder recolectar sus datos, las futuras docentes tuvieron que diseñar un instrumento que les permitiera conseguir información numérica útil para responder las preguntas. El instrumento era un test escrito estandarizado con opciones de respuesta múltiple. Las estudiantes normalistas aprendieron que para poder diseñar correctamente un instrumento de recolección de datos se requiere mucho trabajo de revisión de contenidos curriculares de matemáticas para telesecundaria, y también una gran cantidad de iteraciones y correcciones hasta alcanzar un producto bien elaborado. Se puede decir que esta fase significó un gran reto para las futuras docentes porque tuvieron que realizar trabajo de campo en un medio similar al que se enfrentarán cuando ya sean profesoras en servicio, y ese contexto incluye todos los problemas sociales (e.g., convivencia, trabajo colaborativo, comunicación) y escolares (e.g., inasistencias de los estudiantes y profesores, incompatibilidad de horarios, actividades no curriculares, etc.) que generalmente definen al trabajo de los profesores en las escuelas telesecundarias.

El *análisis* (3.1.4) fue una fase que involucró la aplicación de diferentes conceptos e ideas estadísticas como las tablas, gráficas, resúmenes estadísticos, pruebas de hipótesis y la magnitud del efecto (ver Episodios 5, 6 y 7). Por ejemplo, la idea de variabilidad de los datos mediante la interpretación del resultado de la varianza y de la desviación estándar; así como con el uso de gráficos estadísticos para realizar las comparaciones de grupos con los que podían visualizar la variabilidad presente. Dada la naturaleza del estudio del PE, también se promovieron otros métodos estadísticos, necesarios para el análisis de los datos, como prueba-t pareada, prueba de Wilcoxon y tamaño del efecto, pruebas que les ayudarían a determinar el posible impacto de la propuesta didáctica en la comprensión de los conceptos matemáticas involucrados. Participar en este PE significó una experiencia de análisis estadístico muy importante para las futuras docentes cuyo proceso de formación no contempla oficialmente que se desarrollen conocimientos y habilidades propias del pensamiento estadístico. Haber realizado el proceso de análisis estadístico les permitió a las alumnas normalistas conocer herramientas y métodos estadísticos que de otra forma no habrían estado al alcance de alumnas que cursan el plan de estudios de la LESET de 1999.

El quinto indicador son las *conclusiones* (3.1.5), en esta fase, tanto por medio de los reportes escritos como con las presentaciones orales de los pósteres las futuras docentes, se emitieron conclusiones sobre el problema investigado. Estas conclusiones trataron de integrar los

resultados obtenidos en las pruebas de hipótesis y el tamaño del efecto, y el contexto de las escuelas telesecundarias en las que habían practicado (ver Episodio 8). Los resultados obtenidos del contexto (i.e., los puntajes de los alumnos de las escuelas de práctica docente) se utilizaron para emitir las conclusiones que las estudiantes normalistas generaron para los PE. Esos resultados comenzaron a cobrar sentido para las docentes en formación porque representaban a los estudiantes de telesecundaria.

Sin embargo, en ninguna de las conclusiones presentadas se propusieron explicaciones alternativas para entender los hallazgos encontrados. Es decir, todas las docentes en formación asumieron que la mejora en sus puntajes se debió exclusivamente a la propuesta didáctica y dejaron de lado la posibilidad de otras explicaciones (e.g., las intervenciones de los profesores titulares de los grupos de telesecundaria). La fase de conclusiones también incluyó la presentación de los resultados del PE. Dichos resultados fueron presentados por medio de una presentación oral en la que se utilizaba un póster científico. Las docentes en formación declararon que este tipo de productos les fue muy llamativo y original, también señalaron que éste casi no se usa en la educación normalista pero que puede ser utilizado en la educación secundaria. Cabe mencionar que la presentación de resultados promovió también habilidades de comunicación oral y uso del lenguaje estadístico por parte de las estudiantes.

Tipos fundamentales para el pensamiento estadístico

A diferencia de las fases del ciclo PPDAC, las cuales representan la actividad operativa para resolver un problema estadístico, para Gómez (2015), “los tipos fundamentales del pensamiento estadístico son elementos sobre la actividad cognitiva del pensador” (p. 34), de la persona que resuelve el problema. Durante el desarrollo del PE se apreció que se promovieron cuatro tipos fundamentales del pensamiento estadístico: *reconocimiento de la necesidad de datos* (3.2.1), *transnumeración* (3.2.2), *variabilidad* (3.2.3), *razonamiento con modelos estadísticos* (3.2.4) e *integración de lo estadístico con el contexto* (3.2.5).

Para comprender el tipo de pensamiento sobre el *reconocimiento de la necesidad de datos*, es muy importante destacar que esta fue la primera jornada de práctica docente en la que este grupo de estudiantes tuvo la necesidad de recolectar una serie de datos muy particulares, lo cual les permitió emitir juicios o conclusiones mucho más objetivas que si no hubieran contado con esa información. Las futuras docentes comprendieron que no era posible resolver su problema

estadístico ni responder las preguntas sin contar con datos obtenidos del contexto a partir del cual se generaron (e.g., en el Episodio 1, una estudiante comentó que una pregunta estadística es aquella que puede responderse mediante la recolección de datos y donde se sabe que existirá variabilidad en esos datos). Durante el PE se trató de difundir la idea de que los problemas reales no pueden juzgarse sin la recopilación y el análisis de datos recopilados adecuadamente, así como la idea de que los datos recopilados adecuadamente se consideran como el requisito principal para generar juicios confiables sobre situaciones reales (Pfannkuch & Wild, 2004).

El segundo indicador contempla la *transnumeración*, término que implica cambiar las representaciones para generar una mayor comprensión de los datos. La transnumeración ocurre cuando los datos que han sido recolectados se transforman de datos brutos en diversas representaciones tabulares, gráficas y resúmenes estadísticos, en una búsqueda para obtener el significado de los datos. La promoción de este indicador puede notarse en las evidencias presentadas en el Episodio 8. Una vez que las futuras docentes recopilaron sus datos procedieron a capturarlos y luego hicieron varias transformaciones que abarcaron una tabla de frecuencias simples, un resumen de estadísticos descriptivos, tres gráficas estadísticas, dos pruebas de hipótesis estadísticas y la prueba del tamaño del efecto. Estas transformaciones les dieron la oportunidad de comprender diversas características de los datos (e.g., el sesgo y la dispersión) que no habrían sido visibles. Los datos recopilados, por las futuras docentes, durante sus jornadas de práctica se transformaron de datos brutos en tablas, gráficas (e.g., histogramas) y resúmenes estadísticos para tratar de obtener significado de esa información (Pfannkuch y Wild, 2004). Durante el PE, el uso de *software* estadístico facilitó el proceso de transnumeración realizado por las futuras docentes, porque les permitió transitar de los datos hacia cualquier tipo de representación sin tener que centrarse en las características de construcción o elaboración de esas representaciones.

Uno de los tipos fundamentales para el pensamiento estadístico implica *considerar que la variación* se encuentra presente en los procesos estadísticos y en los datos que se producen, por lo tanto, es fundamental reconocer el efecto que la variación puede tener en los resultados. Este tipo de pensamiento implica buscar y caracterizar patrones en la variación para tratar de entenderlos en términos del contexto en un intento de resolver el problema. Durante las actividades del PE se promovió que las futuras docentes al menos conocieran que dentro de las investigaciones de corte estadístico siempre estará presente la variabilidad. La variabilidad tenía

que ser contemplada como una característica de las preguntas estadísticas que plantearían. Para ilustrar ese caso se les presentó un ejemplo sobre encuestas electorales, en la que se aprovechó para abordar algo relacionado con la variabilidad (e.g., una alumna respondió que en los resultados de una encuesta se debe considerar la variación porque no todas las personas tendrán la misma preferencia electoral y por lo tanto sus respuestas serán diversas).

El *razonamiento con modelos estadísticos* fue promovido en la medida en que las futuras docentes de telesecundaria mostraron el uso que hicieron sobre diversos modelos estadísticos (e.g., prueba de hipótesis paramétrica) que les permitieron abordar su problema estadístico. Los modelos les permitieron a las estudiantes normalistas encontrar patrones en los datos, encontrar tendencias en los grupos de práctica e identificar variaciones sobre ciertos patrones a través de la idea de distribución (ver Episodio 8). Además, les ayudaron a resumir datos de múltiples maneras dependiendo de la naturaleza de estos. Así, los modelos sirvieron como herramientas estadísticas para encontrar evidencia sobre la cual basar sus juicios (e.g., la prueba de la magnitud del efecto les permitió determinar el porcentaje de estudiantes que en el post-test obtuvieron un puntaje superior a la media del pre-test).

La *integración de lo estadístico con el contexto* es el cuarto indicador, y se consideró como una característica fundamental identificable del pensamiento estadístico porque la información sobre el problema real está contenida en los resultados estadísticos. Las futuras docentes tuvieron que redactar las interpretaciones de sus resultados estadísticos usando como base el contexto escolar en el que se realizaron las prácticas docentes. A través de las actividades del PE ellas comprendieron que para que sus datos cobraran verdadero sentido, debían considerar tanto la información y características del contexto (e.g., comunidad rural, estudiantes migrantes) como los resultados estadísticos obtenidos en los diversos modelos (e.g., gráficas de cajas, tamaño del efecto). Incluso en los planes de recolección de datos que diseñaron las estudiantes normalistas fue necesario considerar información y conocimientos sobre el contexto (e.g., la cantidad de estudiantes que serían atendidos durante las jornadas de práctica) y los conocimientos estadísticos (e.g., saber si tendrían que usar pruebas paramétricas o pruebas no paramétricas). Pfannkuch y Wild (2004, p. 20) establecen que “dado que la información sobre la situación real está contenida en los resúmenes estadísticos, debe funcionar una síntesis de conocimiento estadístico y contextual para extraer lo que se puede aprender de los datos del contexto”, esta idea es útil para puntualizar lo que muestran los resultados estadísticos: (a) que la

implementación de las propuestas didácticas que hicieron las futuras docentes tuvo un efecto positivo en la comprensión de conceptos matemáticos por parte de los alumnos de telesecundaria, (b) que el diseño de las propuestas didácticas revela el desarrollo de competencias docentes en las estudiantes normalistas.

El ciclo interrogativo

De acuerdo con Pfannkuch y Wild (2004), el ciclo interrogativo es un proceso interrogativo y evaluativo que requiere de un esfuerzo para dar sentido al problema y a los datos con el objetivo de llegar finalmente a ciertas resoluciones sobre el problema y los datos durante ese diálogo. Durante el desarrollo del PE, se promovieron cuatro de cinco fases o indicadores involucrada en este ciclo: *Generar* (3.3.1), *Buscar* (3.3.2), *Interpretar* (3.3.3) y *Criticar* (3.3.4).

El indicador de *Generar* implica imaginar e intercambiar ideas para generar posibilidades, que pueden ser a partir del contexto del problema, de los datos o del conocimiento estadístico, individuales o en grupo. Durante la fase de planeación de actividades para el PE, las futuras docentes tuvieron que socializar y generar ideas sobre las características que debían considerar para el diseño del estudio (e.g., diseño experimental o cuasi experimental). Este indicador también fue promovido durante el planteamiento de las preguntas estadísticas para el PE. Las estudiantes normalistas pasaron por un proceso de iteración y refinamiento de las preguntas estadísticas, transitando desde preguntas que no eran estrictamente estadísticas (e.g., ¿cuántos alumnos reprobaron la evaluación diagnóstica?) hasta llegar a preguntas estadísticas (e.g., ¿con la implementación de la propuesta didáctica los alumnos mejoraron su habilidad para resolver problemas de proporcionalidad directa?). Durante ese proceso de refinamiento las docentes en formación generaron varias ideas sobre las cualidades que debían tener las preguntas estadísticas (e.g., responderse a través de la aplicación de métodos estadísticos).

El segundo indicador es *Buscar* se refiere a recuperar información, ya sea de manera interna –en sus propios conocimientos, en alguien conocido del grupo– o externa –una persona ajena al grupo como un co-asesor. Dicho indicador queda evidenciado ya que las estudiantes normalistas diseñaron un instrumento de recolección de datos y para hacerlo correctamente tuvieron que hacer una búsqueda externa recurriendo al formador de docentes para que les brindara orientaciones metodológicas sobre las características que debía tener el instrumento (e.g., opciones de respuesta múltiple, la redacción de los ítems, etc.). Durante las sesiones del PE las

estudiantes realizaron una búsqueda interna cuando socializaron algunas ideas sobre las opciones que se podrían considerar para resolver las posibles dificultades para recolectar los datos (e.g., inasistencia del docente titular del grupo de práctica). Sin duda, la actividad de búsqueda –externa– más importante realizada por parte de las alumnas normalistas fue una investigación bibliográfica en la que indagaron información sólida sobre las características de las herramientas estadísticas usadas para el análisis de los datos, esa información fue oportunamente presentada durante las sesiones del PE destinadas para tal fin. Es poco común que en una escuela normal rural y dentro de una asignatura no especializada en estadística se logre que las estudiantes hagan este tipo de investigación documental.

El indicador de *Interpretar* es un proceso que significa tomar y procesar los resultados de la búsqueda de información. Este proceso se aplica a todas las formas de información, incluidos gráficos, resúmenes y otros productos de análisis estadístico, haciendo una interconexión de la información interna y las nuevas ideas. Se promovió al discutir en las sesiones de clase sobre ideas relacionadas con el diseño del PE. Las estudiantes comenzaron a identificar en su vocabulario el concepto de diseño cuasi experimental, mismo que era totalmente desconocido para ellas. Con esto pudieron comprender las razones (e.g., no podían armar un grupo nuevo a partir de su grupo de práctica) por lo que era imposible llevar a cabo un experimento completamente aleatorizado, porque ningún profesor titular de telesecundaria habría permitido. Por otra parte, las futuras docentes tuvieron que interpretar la viabilidad de las herramientas estadísticas que deberían considerar para su PE. En particular tenían que considerar el contexto y el tipo de datos que se estarían generando durante del desarrollo del proyecto para poder decidir correctamente sobre las características de los modelos estadísticos.

El último indicador que fue promovido del ciclo interrogativo es el de *Criticar*, mismo que implica desarrollar un juicio crítico para comprobar la coherencia interna de la información y de ideas asociadas con el PE (e.g., reflexionar sobre si el uso de un determinado modelo estadístico es correcto, pensar sobre si las conclusiones tenían sentido). Este indicador fue promovido porque las futuras docentes tuvieron la factibilidad de uso de ciertas herramientas estadísticas utilizadas para el análisis del proyecto (ver Episodio 8) y algunas ideas sobre el diseño del estudio que tenían que realizar, como por ejemplo un diseño cuasi experimental (ver Episodio 3). Además, dicho indicador fue promovido porque las estudiantes normalistas tuvieron que revisar cuidadosamente información referente al ciclo de investigación desde un

punto de vista externo (i.e., revisión de literatura para preparar las presentaciones orales sobre los métodos del PE).

Las disposiciones

Las disposiciones son una serie de cualidades propias de quienes resuelven, en este caso, un problema estadístico. El PE que desarrollaron las futuras docentes fue un medio para resolver un problema estadístico que implicó la manifestación de ciertas disposiciones como *perseverancia* (3.4.8), *compromiso* (3.4.7), *curiosidad* y *conciencia* (3.4.3), y *búsqueda de significados más profundos* (3.4.5).

La *perseverancia* se pudo observar en la medida en que las alumnas tuvieron la determinación para mantenerse constante en el desarrollo de todas y cada una de las actividades necesarias para concluir su PE. Puede ser que este proyecto haya sido uno de los retos académicos más demandantes e importantes al que se enfrentaron las futuras docentes durante esta licenciatura –actividades posiblemente tan demandantes como lo son las prácticas intensivas que se realizan hasta cuarto grado, y pese a que estaban en una etapa temprana de su carrera sin tener tanta experiencia ni todas sus habilidades docentes consolidadas pudieron salir adelante en el trabajo del PE. En la opinión de las propias alumnas, escribir un reporte y diseñar un póster científico no fueron labores simples porque nunca en esta institución habían tenido la necesidad de hacer productos de este tipo. En este punto el papel del formador de docentes fue muy importante porque siempre buscó mantener la motivación de las estudiantes a un nivel alto para que todas las alumnas pudieran mantenerse haciendo las actividades del PE y no rezagarse.

Algo que permitió lograr el *compromiso* en las alumnas fue el hecho de que el PE se desarrolló en el contexto profesional en el que ellas se desenvuelven, es decir, su práctica profesional. Este uso del contexto favoreció que las alumnas se sintieran interesadas e identificadas con el proyecto, aunque en un inicio llegaron a considerar que era demasiado extenso. Sin el compromiso expreso –en los hechos– de las docentes en formación no habría sido posible realizar todas las actividades que conformaban el PE, ya que por lo general en la mayoría de sus cursos solamente se les pide hacer una o dos actividades didácticas y no un conglomerado de situaciones como las que realizaron. En este punto es honesto decir que por momentos se dudaba que al final todas las estudiantes realizaran sus presentaciones orales, redactaran su reporte final

e imprimieran sus pósteres. Sin embargo, se generó una inercia en la dinámica de trabajo del grupo que realmente ya ninguna de las estudiantes quería quedarse atrás.

Pero el compromiso fue más allá del curso porque, en la última sesión del curso, algunas estudiantes manifestaron su intención de seguir explorando más de esta metodología de proyectos con sus propios grupos. Incluso una de las estudiantes expresó que ya había implementado un PE en sus jornadas de práctica y que la experiencia vivida en la asignatura de EM-II realmente le sirvió para poder guiar a sus propios alumnos durante cada fase (ver Episodio 9). Incluso, el hecho de que la estudiante señalara que en cinco días aplicó cada una de las fases del ciclo PPDAC es una muestra de ese compromiso, e incluso de perseverancia, pues es muy común que los profesores señalen que el tiempo en sus clases no les es suficiente para implementar actividades como la de desarrollar un proyecto.

En cuanto a la *curiosidad y conciencia*, se observó porque las docentes en formación fueron conscientes sobre el hecho de que para poder desarrollar de mejor manera el PE, sería necesario hacer cosas que generalmente no harían (e.g., hacer investigaciones constructivas). El uso de *software* estadístico fue una de las actividades que más despertó la curiosidad en las futuras docentes, porque en ninguna otra asignatura del plan de estudios de la LESET habían requerido utilizar aplicaciones de computadora con fines específicos. Pero esta curiosidad estuvo acompañada con la conciencia de que debían indagar cómo usar el *software* para los fines de su PE. Se puede decir que la curiosidad estaba acompañada de la responsabilidad de hacer el trabajo por parte de las alumnas.

La *búsqueda de significados más profundos* fue un indicador fundamental durante el PE, y las alumnas evidenciaron esta búsqueda porque tuvieron que indagar información documental relacionada con conceptos estadísticos que expusieron oralmente frente a la clase. Esta búsqueda fue evidente porque en sus reportes incluyeron definiciones para muchas de las herramientas estadísticas que se usaron (e.g., varianza, curtosis, sesgo, etc.) sin que se hubieran solicitado por el formador de manera explícita. La idea anterior hace notar que las alumnas generaron internamente preguntas sobre el significado de los conceptos estadísticos que iban surgiendo con el desarrollo del PE, esto es una evidencia muy clara del deseo por conocer más y mejor información sobre cada tema.

Las estudiantes también tuvieron que buscar tutoriales en Internet –escritos y en video– que les ayudaran con las bases de uso de las aplicaciones de computadora. En los reportes escritos las estudiantes normalistas presentaron por iniciativa propia definiciones de los modelos estadísticos utilizados para el análisis de sus datos, ya que antes de cada método estadístico agregaron una definición que ilustrara su significado (e.g., la varianza mide qué tan dispersos están los datos alrededor de la media, y es igual a la desviación estándar elevada al cuadrado). Aunque ellas saben que una vez que se integren al campo laboral tendrán que impartir todas las asignaturas que conforman el plan de estudios de telesecundaria, lo cierto es que pocas veces logran profundizar los temas de las diversas ramas del conocimiento (e.g., física, química, matemáticas). Sin embargo, este tipo de actividades les permitió desarrollar habilidades de indagación e investigación que podrían servirles para mejorar sus habilidades docentes y desempeñarse mejor en el servicio profesional. Este tipo de actividades les permitió a las futuras docentes expandir y profundizar el conocimiento de los temas estadísticos que fueron abordados durante el PE.

6.2. Consideraciones finales

A continuación, se presentan algunas consideraciones derivadas de la presente investigación. Se abordan las ventajas de la investigación, los desafíos de la investigación y algunas recomendaciones que podrían ser útiles para replicar la investigación y para implementar PE en la formación de profesores.

6.2.1 Ventajas de la investigación

En esta sección se intenta destacar como ventaja que los PE favorecieron un aprendizaje no sólo de contenido estadístico, sino además de aspectos que son parte de la formación de profesores, mostrando así cómo el uso de PE puede ser una estrategia para la formación de profesores. En este sentido, el estudio permitió brindar a una generación de futuras docentes de telesecundaria un curso que puede ser considerado mucho más actualizado al resto de los cursos de EM-II impartidos por el investigador.

El contexto en que se desarrolló la investigación es relevante para la formación de profesores de educación básica en México. En efecto, las Escuelas Normales son un lugar idóneo para desarrollar investigación sobre la formación y actualización de profesores. En este caso, la

investigación dio la oportunidad a docentes en formación para experimentar el desarrollo de un PE enmarcado en las jornadas de práctica que ellas realizan como parte de su formación. Durante este proceso de formación, las estudiantes normalistas pudieron conocer y aplicar un mayor número de temas de estadística, de matemáticas y usar herramientas tecnológicas para el análisis de datos. El PE abarcó no sólo contenido estadístico, sino también contenido matemático que se estudia en el nivel de secundaria, pues las futuras docentes abordaron propuestas didácticas de temas matemáticos sobre geometría, álgebra, aritmética, probabilidad y estadística, y trigonometría. El diseño de la propuesta didáctica implicó también desarrollar habilidades de didácticas necesarias para abordar esos temas.

También el PE favoreció un conocimiento del trabajo con proyectos, conocimiento que demandan los actuales planes de estudio, puesto que este tipo de trabajo es una estrategia que recurrentemente se menciona en los programas de estudio tanto de la educación secundaria como de la educación normalista. En este caso, el actual plan de estudios (Plan 2018) de las futuras docentes de Telesecundaria, en el programa curricular propone tres unidades de aprendizaje relacionadas con el trabajo con proyectos: 1) Pedagogía por proyectos, 2) Proyectos de intervención socioeducativa y 3) Proyectos de intervención docente. Por ejemplo, el programa de la unidad de aprendizaje Pedagogía por proyectos, tiene como objetivo la comprensión de características y fundamentos teóricos de una pedagogía basada en el trabajo por proyectos (SEP, 2018b). Si bien, en otros cursos los profesores de las futuras docentes en estudio les han hablado teórica y superficialmente acerca de “proyectos”, nunca habían tenido oportunidad de participar en uno de manera formal dentro de la ENRCS.

Además, a partir de la implementación de PE, las docentes en formación tuvieron un acercamiento importante con el modelo del pensamiento estadístico (Wild & Pfannkuch, 1999), lo que les permitió dar sentido a una de las sugerencias que se menciona en el programa de estudios de matemáticas para secundaria: desarrollar el pensamiento estadístico en sus propios alumnos (SEP, 2017). El hecho de que las futuras docentes participaran en el desarrollo del PE atiende una de las recomendaciones que se hacen en la literatura relacionada con la formación y actualización de profesores en educación estadística: vivir, de primera mano, experiencias con PE para posibilitar oportunidades de implementarlos de forma adecuada en las aulas (Makar, 2004; Lee & Mojica, 2008; Makar & Fielding-Wells, 2011).

La formación de docentes de telesecundaria mediante la implementación de PE permitió articular actividades didácticas que integraban competencias o conocimientos que se demandan en otras asignaturas que cursan las futuras docentes (e.g., en la asignatura de inglés hacer traducciones; en la de español redactar textos y en la de OPD elaborar reportes de práctica docente). El PE fue utilizado como estrategia central de instrucción a partir de la cual fueron abordados los contenidos curriculares de la propia asignatura de EM-II (e.g., diseño de propuestas didácticas de matemáticas) y el desarrollo de competencias de otras asignaturas (e.g., redacción de textos en español y en inglés). Asimismo, el PE ayudó a expandir los alcances en el proceso de formación de profesoras de telesecundaria porque se utilizó el contexto de sus prácticas docentes para plantear y resolver un problema real asociado con su profesión. Con ello, se fomentó poner en práctica aspectos de conocimiento que demanda su profesión (e.g., redacción de textos científicos, revisiones de literatura, diseño de propuestas didácticas para matemáticas, evaluación de aprendizajes, uso de *software* estadístico, procesamiento y análisis de información estadística).

La investigación aporta elementos valiosos para el proceso de formación docente como el hecho de contar con aspectos teóricos y metodológicos que guíen la formación de las futuras profesoras. Por un lado, esos elementos teóricos (como los enfoques de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico) sirven como puntos de referencia en torno al cual dirigir el aprendizaje de las docentes; por otro, los aspectos metodológicos (como el trabajo con PE) favorecen el contexto para interactuar con esos elementos teóricos y tomar parte de ellos.

6.2.2 Desafíos de la investigación

El principal desafío durante esta investigación fue el hecho de que el investigador era al mismo tiempo el formador de docentes encargado de atender el curso EM-II y de encargarse de hacer las grabaciones de audio y video de las sesiones de clase y también de coordinar y asesorar a las futuras docentes durante el PE. Algunas veces esto hacía que el formador tuviera que estar muy pendiente de los aspectos técnicos de la grabación al mismo tiempo que tenía que atender a las estudiantes normalistas y gestionar la clase. Este desafío, aunado con el tiempo del curso, apenas quince sesiones de dos horas efectivas cada una en todo el semestre, limitó una discusión mucho más profunda de los temas estadísticos abordados.

Otro de los desafíos fue el hecho de no poder organizar equipos para realizar comparaciones entre distintos grupos. Sin duda ese tipo de diseño hubiera sido una experiencia todavía más completa para las futuras docentes porque habrían podido aplicar más métodos y modelos estadísticos para analizar los datos de su PE. Organizar el trabajo en equipos es una de las sugerencias metodológicas más sobresalientes que se encontraron en la literatura revisada (e.g., Inzunza, 2017), pero no fue posible implementarla debido a que a cada una de las estudiantes normalistas les fue asignado un grupo distinto, con profesores titulares que tenían criterios y decisiones diversas –siempre heterogéneas– en la dinámica de trabajo que se podía seguir en cada grupo de práctica. Aún cuando algunas de las futuras docentes coincidieron en practicar en la misma escuela, en los mismos grados y con los mismos contenidos curriculares, no fue posible hacer evaluaciones entre grupos similares (e.g., en una misma escuela comparar el primer grado grupo “A” contra el primer grado grupo “B”) porque la mayoría de los profesores titulares manifestaron desde el principio su desaprobación a que los puntajes obtenidos por sus grupos fueran comparados contra otros grupos. Sin embargo, de haber podido organizar equipos para desarrollar los PE se habría obtenido información valiosa sobre la forma en que las estudiantes participan colaborativamente al perseguir un fin académico común, y también información sobre las limitaciones que se presentan cuando los PE son desarrollados en equipos de trabajo.

Es importante mencionar que los desafíos enfrentados en la investigación también involucraron asuntos tecnológicos, por ejemplo, limitaciones en la conectividad y acceso a internet que tuvieron las estudiantes normalistas. Aunque, en teoría, la ENRCS les debe dar acceso a internet a las alumnas, en realidad esto no ocurre porque la infraestructura es muy limitada y los servicios de conexión no son adecuados. Dentro de las instalaciones de la ENRCS no todas tienen acceso a internet y, si lo tienen, es con una velocidad de navegación muy lenta. Debido a que el PE implicaba que las estudiantes ingresaran constantemente a la plataforma Moodle, y al presentarse los problemas antes mencionados, muchas de ellas tuvieron que invertir en comprar paquetes de internet para acceder por medio de sus –muy básicos– teléfonos celulares o tuvieron que asistir a un cibercafé y pagar para poder acceder a internet.

6.2.3 Recomendaciones

Una recomendación que puede ayudar a mejorar la experiencia de las futuras docentes al realizar PE es comunicar a los otros profesores, que atienden las demás asignaturas o cursos, la intención de implementar PE para buscar incluir ciertos elementos de cada asignatura en determinadas partes del proyecto. De esta manera, las estudiantes normalistas pueden apreciar en los hechos una propuesta didáctica en el que se combinan conocimientos y habilidades de diversas áreas de estudio (e.g., inglés, matemáticas, español, tecnologías, investigación, didáctica, pedagogía, estadística) dentro de la ENRCS. Lo cual favorezca un aprendizaje más interdisciplinario.

La experiencia vivida en este proceso de investigación da cuenta de la potencialidad del trabajo con PE en la formación de futuras profesoras de telesecundaria, pero también es importante advertir que los alcances de esta propuesta pueden verse mermados porque las escuelas normales rurales han estado descuidadas y olvidadas en el diseño de sus programas y en la infraestructura, y porque muchos de los formadores de docentes que laboran en estas instituciones no se actualizan y siguen utilizando modelos de enseñanza tradicionalista.

Es muy importante enfatizar el hecho de que los resultados obtenidos en este estudio revelan que es completamente factible implementar PE en una escuela normal rural. Sin embargo, antes de implementar este tipo de propuestas es necesario identificar las variables y condiciones que favorecen y/o dificultan la implementación de las propuestas didácticas como la de PE. A diferencia del trabajo académico y la dinámica que generalmente se encuentra en una universidad, en un instituto tecnológico o en una escuela formadora de docentes no rural, las características propias de una escuela normal rural deben considerarse a la hora de diseñar, implementar y evaluar una propuesta didáctica. Aspectos como la organización y el gobierno estudiantil, las inasistencias injustificadas, los eventos y las festividades anuales y una serie de contingencias que están siempre latentes (e.g., plantones y huelgas) al interior de una escuela normal rural deben ser considerados si se desea realizar una propuesta didáctica como la aquí reportada.

Se debe considerar también que, en general, las estudiantes normalistas no cuentan con antecedentes sólidos en casi ninguna de las ramas de matemáticas. En el caso particular de la estadística ocurre que los conocimientos y habilidades con los que llegan a la escuela normal son casi los mismos que se podrían encontrar en estudiantes de secundaria (i.e., un dominio de

contenidos curriculares muy bajo en los que conocen superficialmente algunas gráficas estadísticas básicas y las medidas de tendencia central). Asimismo, hay que reconocer que el tipo de instrucción que han llevado las alumnas en los temas de estadística es muy tradicionalista, parcializada y descontextualizada, por lo que implementar un modelo de instrucción, como el ABP, centrado en el estudiante puede ser una situación muy disruptiva para las estudiantes y por lo tanto el formador debe intentar hacer ese cambio de paradigma de manera gradual. Por lo tanto, tal vez sea necesario que antes de entrar de lleno al desarrollo de un PE, los formadores debieran revisar las características o criterios que debe cumplir el ABP y adaptarlas a las condiciones del contexto y demandas de conocimiento de los estudiantes.

Existen dos advertencias que hay que hacer a los lectores que pretendan implementar PE en sus cursos. En primer lugar, se debe tener cuidado durante la implementación para poder cumplir con los cinco criterios que definen al auténtico ABP –centralidad, realismo, preguntas conductoras, investigaciones constructivas, y autonomía– pues es fácil perder el rumbo de la aplicación y por lo tanto se podrían poner en riesgo algunas de las características del ABP (e.g., si el instructor imparte clases magistrales de forma tradicional eso puede comprometer el cumplimiento de la centralidad). En realidad, las orientaciones por parte del formador de docentes son fundamentales para que las estudiantes desarrollen de la mejor manera posible sus actividades, de hecho, el instructor debe participar activamente dando seguimiento al trabajo realizado, pero debe cuidar no colocarse en el centro del proceso.

Además, se debe comprender que muchas de las actividades relacionadas con los PE implican el uso de tecnología informática, que incluye manejo de computadora, aplicaciones y conexión a internet. Por lo tanto, es fundamental que el instructor se asegure de que los estudiantes tendrán acceso a todas las herramientas tecnológicas que se requieren, de lo contrario es probable que muchas de las actividades no sean realizadas o se realicen parcialmente y sin la calidad esperada.

En segundo lugar, implementar PE consume mucho del tiempo disponible para un curso, de hecho, requiere fácilmente todo un semestre, además exige mucho trabajo extra al instructor que está coordinando este tipo de propuestas didácticas. Es deseable que antes de animarse a utilizar esta estrategia, los instructores deben consolidarse en el dominio de los contenidos de estadística que se van a abordar durante el PE. De igual forma, los instructores deberían revisar literatura asociada con el diseño, aplicación y evaluación de PE, ya que de no hacerlo no podrán atender

todas las eventualidades que se van presentando durante el desarrollo de las actividades didácticas (e.g., atender dudas de sus alumnos sobre los temas y sobre la gestión de cada una de las fases del proyecto). No obstante, todo el tiempo y trabajo invertido valen la pena por las ventajas que esta estrategia de trabajar con PE puede favorecer en la formación de profesora, como las ya mencionadas.

REFERENCIAS

- Abelson, R. (1995). *Statistics as principled argument*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Abend, G. (2008). The meaning of 'Theory.' *Sociological Theory*, 26(2), 173–199. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1467-9558.2008.00324.x>
- American Statistical Association (2016). *GAISE college report, revision committee. Guidelines for assessment and instruction in statistics education, college report 2016*. Alexandria: Autor. Recuperado de http://www.amstat.org/education/gaise/collegeupdate/gaise2016_draft.pdf
- American Statistical Association (2016). What Is a Statistical Project? Recuperado de <https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/EDU-statproject.pdf>
- Arnold, P. (2008). What about the P in the PPDAC cycle? An initial look at posing questions for statistical investigation. *Proceedings of the 11th International Congress of Mathematics Education, Monterrey, Mexico, 6-13 July, 2008*. Recuperado de <http://tsg.icme11.org/tsg/show/15>
- Arnold, P., & Pfannkuch, M. (2018). Critiquing investigative questions. En M. A. Sorto, A. White, & L. Guyot (Eds.), *Looking back, looking forward. Proceedings of the Tenth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS10, July, 2018), Kyoto, Japan*. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute.
- Arteaga, P., Batanero, C., Cañadas, G., y Gea, M. (2012). Evaluación del conocimiento especializado de la estadística en futuros profesores mediante el análisis de un proyecto estadístico. *Educação Matemática Pesquisa*, 12(2), 279-297.
- Baglin, J., Bedford, A., & Bulmer, M. (2013). Students' experiences and perceptions of using a virtual environment for project-based assessment in an online introductory statistics course. *Technology Innovations in Statistics Education*, 7(2). Recuperado de http://iase-web.org/documents/papers/rt2012/IASE2012_Baglin_Bedford_Bulmer.pdf
- Bailey, K.D. (1994). *Methods of social research*. New York: The Free Press.

- Bailey, B., Spence, D., & Sinn, R. (2013). Implementation of discovery projects in statistics. *Journal of Statistics Education*, 21(3), 1-24.
- Bakogianni, D. (2016). Studying the process of transforming a statistical inquiry-based task in the context of a teacher study group. En K. Krainer & N. Vondrová (Eds.). *CERME 9- Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 615-621). Praga, Republica Checa. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01287048/document>
- Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. En Linda Darling-Hammond, Brigid Barron, P. David Pearson, Alan H. Schoenfeld, Elizabeth K. Stage, Timothy D. Zimmerman, Gin N. Cervetti, y Jennifer Tilson (Eds.), *Powerful learning: What we know about teaching for understanding*. San Francisco, CA: Jossey-Bass. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED539399.pdf>
- Brassler, M., & Dettmers, J. (2017). How to enhance interdisciplinary competence— Interdisciplinary problem-based learning versus interdisciplinary project-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11(2).
- Batanero, C. (2001). *Didáctica de la estadística*. Granada: Universidad de Granada.
- Batanero, C., y Díaz, C. (2005). El papel de los proyectos en la enseñanza y aprendizaje de la estadística. En Royo, J. P. (Ed.), *Aspectos didácticos de las matemáticas*, 9 (pp.125-164). Zaragoza: ICE . Recuperado de http://www.matedu.cinvestav.mx/~maestriaedu/docs/asig6/dra_carmen_doc.pdf
- Batanero, C., y Díaz, C. (2011). *Estadística con proyectos*. Granada: Departamento de Didáctica de las Matemáticas UGR. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/259974115_Estadistica_con_Proyectos

- Batanero, C., Arteaga, P., Ruiz, B. & Roa, R. (2010, Julio). Assessing pre-service teachers conceptions of randomness through project work. En C. Reading (Ed.), *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society. Proceedings of the Eighth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS8, July, 2010)*, Ljubljana, Slovenia. Recuperado de https://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/icots8/icots8_5a3_batanero.pdf
- Batanero, C., Godino, J. D., Green, D. R., Holmes, P., y Vallecitos, A. (1994). Errores y dificultades en la comprensión de los conceptos estadísticos elementales. *Revista Internacional de Educación Matemática en Ciencia y Tecnología*, 25(4), 527-547. Recuperado de http://www.uv.mx/eib/curso_pre/videoconferencia/53erroresestadis.pdf
- Ben-Zvi, D., & Friedlander, A. (1997). Statistical thinking in a technological environment. En J. Garfield, & G. Burrill (Eds.), *Research on the role of technology in teaching and learning statistics* (pp. 54-64). Voorburg: International Statistical Institute.
- Ben-Zvi, D., & Garfield, J. (2004). *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*. New York: Kluwer Academic.
- Biajone, J. (2006). Promoting positive attitudes towards statistics in pedagogy students through project work. En A. Rossman & B. Chance (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics (ICOTS7, July, 2006)*, Salvador, Bahia, Brazil. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute. Recuperado de <http://iase-web.org/documents/papers/icots7/C408.pdf>
- Bilgin, A., Newbery, G., & Petocz, P. (2015). Engaging and motivating students with authentic statistical projects in a capstone unit. En M.A. Sorto (Ed.), *Advances in statistics education: developments, experiences and assessments. Proceedings of the Satellite conference of the International Association for Statistical Education (IASE), Rio de Janeiro, Brazil*. Recuperado de http://iase-web.org/documents/papers/sat2015/IASE2015%20Satellite%2028_BILGIN.pdf
- Binnie, N. (2002). Using projects to encourage statistical thinking. En B. Phillips (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching Statistics. Town, South Africa* (pp.1-4). Cape Town. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute. Recuperado de http://iase-web.org/documents/papers/icots6/10_69_bi.pdf

- Broers, N. J. (2006). Learning goals: the primacy of statistical knowledge. En A. Rossman, B. Chance (Eds.), *Proceedings of Seventh International Conference on Teaching of Statistics*. Brasil: International Association for Statistical Education.
- Bulmer, M. (2010). Technologies for enhancing project assessment in large classes. En C. Reading (Ed.), *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society. Proceedings of the Eighth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS8, July, 2010), Ljubljana, Slovenia*. Recuperado de http://iase-web.org/documents/papers/icots8/icots8_5d3_bulmer.pdf
- Burgess, T. (2011). Teacher knowledge of and for statistical investigations. En C. Batanero, G. Burrill, and C. Reading (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education. A Joint ICMI/IASE Study, The 18th ICMI Study*, (pp. 259–270). New York: Springer
- Burrill, G. (1996). Graphing calculators and their potential for teaching and learning statistics. En J. Garfield y G. Burrill (Eds.), *Research on the role of technology in teaching and learning statistics*, (pp. 15-28). Granada, España, julio 23-27. Recuperado de <http://www.pucrs.br/famat/viali/mestrado/ante/literatura/Livros/IASE.book.pdf>
- Calle, C. (2013). *El enfoque por proyectos en la enseñanza de la estadística inferencial en la institución universitaria Salazar y Herrera* (Tesis de maestría no publicada). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperada de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12568/1/71794810.2014.pdf>
- Callingham, R., & Watson, J. (2017). The development of statistical literacy at school. *Statistics Education Research Journal*, 16(1), 181-201.
- Carnell, L. (2008). The effect of a student-designed data collection project on attitudes toward statistics. *Journal of Statistics Education*, 16(1), 1-15. Recuperado de <https://ww2.amstat.org/publications/jse/v16n1/carnell.pdf>
- Caseiro, A., Ponte, J., & Monteiro, C. (2015). Elementary teacher practice in project work involving statistics. En K. Krainer & N. Vondrová (Eds.), *Proceedings of CERME 9-Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp.

- 2995-3001). Praga, Republica Checa. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01289721/document>
- Chance, B.L. (2002) Components of statistical thinking and implications for instruction and assessment. *Journal of Statistics Education*, 10, 1-18.
- Chick, H. L., Pfannkuch, M., & Watson, J. M. (2005). Transnumerative thinking: finding and telling stories within data. *Curriculum Matters*, 1, 87-109.
- Chick, H. L., & Watson, J. M. (2002). Collaborative influences on emergent statistical thinking —a case study. *The Journal of Mathematical Behavior*, 21(3), 371–400. doi:10.1016/s0732-3123(02)00135-9
- Cobb, G. W., & Moore, D. S. (1997). Mathematics, statistics, and teaching. *The American mathematical monthly*, 104(9), 801-823.
- Coe, R. (2002). *It's the effect size, stupid. What effect size is and why it is important*. Ponencia presentada en la Conferencia anual de la Asociación Británica de Investigación Educativa, Exeter, UK. Recuperada de <https://www.cem.org/attachments/ebe/ESguide.pdf>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Erlbaum.
- Córdoba, J. (2012). *Propuesta para la enseñanza de la estadística en el grado décimo trabajada por proyectos* (Tesis de maestría no publicada). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperada de <http://www.bdigital.unal.edu.co/10298/1/01186847.2012.pdf>
- Conti, K., & Carvalho, D. (2014). Statistical literacy: developing a youth and adult education statistical project. *Statistics Education Research Journal*, 13(2), 164-177.
- Curcio, F. R. (1987). Comprehension of mathematical relationships expressed in graphs. *Journal for research in mathematics education*, 382-393.
- Davis, M., & Johnson, P. (2013). Minitab projects in introductory statistics. En Bogacki, P. (Ed.), *Electronic Proceedings of the Twenty-fifth Annual International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 21-24). Boston, Massachusetts. Recuperado de <http://archives.math.utk.edu/ICTCM/VOL25/M015/paper.pdf>

- delMas, R. (2002). Statistical literacy, reasoning, and learning: a commentary. *Journal of Statistics Education*, 10(3), 1-11. doi: 10.1080/ 10691898.2002.11910679
- delMas, R. (2004). A comparison of mathematical and statistical reasoning. En D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning, and thinking* (pp. 79–95). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- delMas, R., Garfield, J., Ooms, A., & Chance, B. (2007). Assessing students' conceptual understanding after a first course in statistics. *Statistics Education Research Journal*, 6(2), 28-58. Recuperado de [http://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ6\(2\)_delMas.pdf](http://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ6(2)_delMas.pdf)
- Dierker, L., Alexander, J., Cooper, J. L., Selya, A., Rose, J., & Dasgupta, N. (2016). Engaging diverse students in statistical inquiry: a comparison of learning experiences and outcomes of under-represented and non-underrepresented students enrolled in a multidisciplinary project-based statistics course. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 10(1), 1-11. Recuperado de <http://digitalcommons.georgiasouthern.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1611&context=ij-sotl>
- Durlak, J. A. (2009). How to select, calculate, and interpret effect sizes. *Journal of Pediatric Psychology*, 34(9), 917–928.
- Domingues, S. (2013). Tamaño del efecto: cálculo mediante un módulo en visual basic. *Revista de Investigación en Psicología*, 16(2), 235-240.
- Fagundes, L., Sato, L., & Laurino-Maçada, D. (1999). *Aprendizes do futuro: as inovações começaram*. Sao Paulo: ProInfo. Recuperado de <http://www.oei.es/tic/me003153.pdf>
- Fierro, C., Fortoul, B., y Rosas, L. (2000). Transformando la práctica docente. México, D.F.: Paidós.
- Figuroa, S., Baccelli, S., y Prieto, G. (2014). Idoneidad didáctica de un proceso de instrucción en una enseñanza de la estadística con proyectos. En P. Leston (Ed.), *Acta Latinoamericana De Matemática Educativa* 27 (pp. 541-550), Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://funes.uniandes.edu.co/5438/1/FiguroaIdoneidadALME2014.pdf>

- Fillebrown, S. (1994). Using projects in an elementary statistics course for non-science majors. *Journal of Statistics Education*, 2(2), 1-5. Recuperado de ww2.amstat.org/publications/jse/v2n2/fillebrown.html.
- Forster, M., & MacGillivray, H. (2010). Student discovery projects in data analysis. In C Reading (Ed.), *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society. Proceedings of the Eighth International Conference on Teaching Statistics* (pp. 1-6). Ljubljana, Slovenia. Recuperado de http://iase-web.org/documents/papers/icots8/ICOTS8_4G2_FORSTER.pdf
- Frank, G., & Polkinghorne, D. (2010). Qualitative research in occupational therapy: from the first to the second generation. *OTJR: Occupation, Participation and Health*, 30(2), 51–57. <https://doi.org/10.3928/15394492-20100325-02>
- Franklin, C. A., & Garfield, J. B. (2006). The GAISE Project. Developing statistics education guidelines for grades pre-K-12 and college courses. In G. F Burrill & P. C. Elliot (Eds.), *Thinking and reasoning with data and chance* (pp. 345-375). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Franklin, C., Kader, G., Mewborn, D. S., Moreno, J., Peck, R., Perry, M., & Scheaffer, R. (2007). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) Report: A Pre-K-12 Curriculum Framework*, Alexandria, VA: American Statistical Association. Recuperado de http://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GaiseCollege_Full.pdf
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International statistical review*, 70(1), 1-25.
- Gal, I. (2004). Statistical literacy. Meanings, components, responsibilities. En Ben-Zvi, D., & Garfield, J. B. (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (pp. 47-78). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. Recuperado de <https://philpapers.org/archive/CAPTEO.pdf>
- Garfield, J. (2011). Statistical literacy, reasoning, and thinking. En *International encyclopedia of statistical science* (pp. 1439-1442). Berlin Heidelberg: Springer.

- Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2008). *Developing students' statistical reasoning. Connecting research and teaching practice*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Garfield, J. B., Ben-Zvi, D., Chance, B., Medina, E., Roseth, C., & Zieffler, A. (2008). Learning to reason about statistical models and modeling. En *Developing Students' Statistical Reasoning* (pp. 143-163). Springer, Dordrecht.
- Garfield, J., delMas, R., & Chance B. (2002). *The web-based ARTIST: assessment resource tools for improving statistical thinking project*. National Science Foundation Grant. Recuperado de https://apps3.cehd.umn.edu/artist/articles/AERA_2003.pdf
- Garfield, J., delMas, R., & Chance, B. (2003). *Web-based assessment resource tools for improving statistical thinking*. Reporte de investigación presentado en The annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago.
- Garfield, J., & Gal, I. (1999). Teaching and assessing statistical reasoning. En I. Stiff & F. Curcio (Eds.), *Developing Mathematical Reasoning in Grades K-12*, Chapter 18. Virginia, US: National Council of Teachers of Mathematics
- Godino J., Arteaga P., Estepa A., & Rivas, H. (2013). Desafíos de la enseñanza de la estadística basada en proyectos. En J. Contreras, G. Cañadas, M. Gea y P. Arteaga (Eds.), *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria* (pp. 173-180). Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada. Recuperado de <http://estadis.net/3/documentos/ACTAS/2%20Comunicacion%2014.pdf>
- Gómez-Blancarte, A., & Santana, A. (2018). Research on statistical projects: looking for the development of statistical literacy, reasoning and thinking. En A. Sorto (Ed.), *Looking back, looking forward. Proceedings of the Tenth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS10, July, 2018), Kyoto, Japan*. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute
- Gómez-Blancarte, A. L., Santana, O. A., Chávez, A. R. D (2021). Un conjunto de indicadores para analizar la promoción del aprendizaje de elementos de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico: el caso de proyectos estadísticos. *Paradigma*.

- Gómez, A. L. (2015). *Aprendizaje de profesores en servicio para la enseñanza de la estadística. Un análisis a partir del proceso de Negociación de Significados*. Saarbrücken: Publicia.
- Greenland, S., Senn, S., Rothman, K., Carlin, J., Poole, C., Goodman, S., & Altman, D. (2016). Statistical tests, *P* values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations. *European Journal of Epidemiology*, *31*, 337–350.
- Guzmán, V., y Centeno, R. (2008). La enseñanza de la estadística basada en proyectos pedagógicos de aula, segunda etapa educación básica 2001- 2002. *Laurus*, *14*(1), 122-143. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111716007>
- Halvorsen, K. (2010). Formulating statistical questions and implementing statistics projects in an introductory applied statistics course. En C. Reading (Ed.), *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society. Proceedings of the Eighth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS8, July, 2010), Ljubljana, Slovenia*. Recuperado de http://iase-web.org/documents/papers/icots8/ICOTS8_4G3_HALVORSEN.pdf
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hoerl, R., & Snee, R. (2001). *Statistical thinking: improving business performance*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Holmes, P. (1997). Assessing project work by external examiners. En I. Gal y J. Garfield (Eds.), *The assessment challenge in statistics education* (pp. 153-164). Voorburg: IOS Press. Recuperado de <http://iase-web.org/documents/book1/chapter12.pdf>
- Hovermill, J. (2003). *Technology supported inquiry learning in mathematics and statistics with fathom: a professional development project* (Tesis doctoral no publicada). Universidad de Colorado, Colorado, Estados Unidos de América. Recuperada de <http://iase-web.org/documents/dissertations/03.Shamatha.Dissertation.pdf>
- Inzunza, S. (2006). Some conceptions and difficulties of university students about variability. En S. Alatorre, J. Cortina, M. Sáiz y A. Méndez (Eds.), *Proceedings of the 28th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Mérida, México: Universidad Pedagógica Nacional.

- Inzunza, C. S. (2017). Potencial de los proyectos para desarrollar motivación, competencias de razonamiento y pensamiento estadístico. *Actualidades Investigativas en Educación*, 17(3), 1-30.
- Jolliffe, F. (2002). Statistical investigations: drawing it all together. En B. Phillips (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching Statistics. Town, South Africa* (pp.1-6). Cape Town. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute. Recuperado de http://iase-web.org/documents/papers/icots6/3e2_joli.pdf
- Jones, G., Thornton, C., Langrall, C., Mooney, E., Perry, B., & Putt, I. (2000). A framework for characterizing children's statistical thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, 2(4), 269- 307.
- Jones, G. A, Langrall, C. W., Thornton, C. A., Mooney, E. S., Wares, A., Jones, M. R., Perry, B., Putt, I. J., & Nesbet, S. (2001). Using students' statistical thinking to inform instruction. *Journal of Mathematical Behavior*, 20, 109-144.
- Koparan, T., & Güven, B. (2014). The effect of project based learning on the statistical literacy levels of student 8th grade. *European Journal of Educational Research*, 3(3), 145-157. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1086050.pdf>
- Kuiper, S. (2010). Incorporating a research experience into an early undergraduate statistics course. En C. Reading (Ed.), *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society. Proceedings of the Eighth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS8, July, 2010), Ljubljana, Slovenia*. Recuperado de http://iase-web.org/documents/papers/icots8/ICOTS8_4G1_KUIPER.pdf
- Lajoie, S. (1997). Technologies for assessing and extending statistical learning. En I. Gal y J. B. Garfield (Eds.), *The assesment challenge in statistics education* (pp. 1-12). Voorburg: IOS Press. Recuperado de <http://iase-web.org/documents/book1/chapter14.pdf>
- Leavy, A. (2006). Using data comparison to support a focus on distribution: examining preservice teacher's understandings of distribution when engaged in statistical inquiry. *Statistics Education Research Journal*, 5(2), 89-114. Recuperado de [https://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ5\(2\)_Leavy.pdf](https://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ5(2)_Leavy.pdf)

- Leavy, P. (2017). *Research design: quantitative, qualitative, mixed methods, arts-based, and community-based participatory research approaches*. New York-London: The Guilford Press.
- Lee, H., & Mojica, G. (2008). Examining how teachers' practices support statistical investigations. En C. Batanero, G. Burrill, and C. Reading (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education. A Joint ICMI/IASE Study, The 18th ICMI Study* (pp. 1–6). New York: Springer.
- MacGillivray, H., & Pereira-Mendoza, L. (2011). Teaching statistical thinking through investigative projects. En C. Batanero, G. Burrill, C. Reading, & A. Rossman (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education. A Joint ICMI/IASE Study, The 18th ICMI Study* (pp. 109-120). New York: Springer.
- Makar, K. (2004). *Developing statistical inquiry: prospective secondary mathematics and science teachers' investigations of equity and fairness through analysis of accountability data* (Tesis doctoral no publicada). Universidad de Texas, Austin, Estados Unidos de América. Recuperada de <https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/2083/makarkm042.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Makar, K. (2008). A model of learning to teach statistical enquiry. En C. Batanero, G. Burrill, C. Reading, & A. Rossman (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education. A Joint ICMI/IASE Study, The 18th ICMI Study* (pp. 1–6). New York: Springer.
- Makar, K., & Fielding-Wells, F. (2011). A model of learning to teach statistical enquiry. En C. Batanero, G. Burrill, C. Reading, & A. Rossman (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education. A Joint ICMI/IASE Study, The 18th ICMI Study* (pp. 347–358). New York: Springer.
- Makar, K., & Confrey, J. (2014). Secondary teachers' statistical reasoning in comparing two groups. En D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.), *The Challenge of Developing Statistical Literacy, Reasoning and Thinking* (pp. 353–373). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- Martonosi, S., & Williams, T. (2016). A survey of statistical capstone projects. *Journal of Statistics Education*, 24(3), 127-135. Recuperada de <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10691898.2016.1257927?needAccess=true>
- Mendes, C. (2006). One step beyond formulas: Statistical projects for future mathematics teachers. En A. Rossman & B. Chance (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics (ICOTS7, July, 2006)*, Salvador, Bahia, Brazil. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.150.8595&rep=rep1&type=pdf>
- Merriam, S., & Tisdell, E. (2015). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. San Francisco: Wiley.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, Va.: NCTM. Recuperado de <http://www.nctm.org/Standards-and-Positions/Principles-and-Standards/>
- Ojeda, M. (2011). *Aprender estadística con proyectos: memoria de una experiencia replicable*. Xalapa, México: Universidad Veracruzana. Recuperado de: <http://www.uv.mx/personal/mojeda/files/2012/04/aprenderestadistica.pdf>
- Parsian, A., & Rejali, A. (2011). An experience on training mathematics teachers for teaching statistics in Iran. En C. Batanero, G. Burrill, and C. Reading (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education. A Joint ICMI/IASE Study, The 18th ICMI Study* (pp. 37–40). New York: Springer.
- Pfannkuch, M. (2008). Training teachers to develop statistical thinking. En C. Batanero, G. Burrill, C. Reading, & A. Rossman (Eds.), Ponencia presentada en *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education. A Joint ICMI/IASE Study, The 18th ICMI Study*.
- Pfannkuch, M., & Wild, C. J. (2000). Statistical thinking and statistical practice: Themes gleaned from professional statisticians. *Statistical science*, 132-152.

- Pfannkuch, M., & Wild, C. (2004). Towards an understanding of statistical thinking. En D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (pp. 17 – 45). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Pollatsek, A., Lima, S., & Well, A. D. (1981). Concept or computation: Students' understanding of the mean. *Educational Studies in Mathematics*, *12*(2), 191-204.
- Porciúncula, M., & Samá, S. (2014). Teaching statistics through learning projects. *Statistics Education Research Journal*, *13*(2), 177-186.
- Ramirez-Faghieh, C. (2012). *Fostering Change in College Students' Statistical Reasoning and Motivation through Statistical Investigation* (Tesis doctoral no publicada). Universidad de California, California, Estados Unidos de América. Recuperada de <http://iase-web.org/documents/dissertations/12.Ramirez.Dissertation.pdf>
- Rivas, H., Godino, J. D., y Arteaga, P. (2018). Desarrollo de conocimientos estadísticos en futuros profesores de educación primaria a través de un proyecto de análisis de datos: posibilidades y limitaciones. *Educación matemática*, *30*(3), 83-100.
- Rivas, H., Godino, J. D., y Arteaga, P. (2019). Uso de la hoja de cálculo en el estudio de la estadística basado en proyectos: análisis de una experiencia formativa con futuros profesores de educación primaria. En J. M. Contreras, M. M. Gea, M. M. López-Martín y E. Molina-Portillo (Eds.), *Actas del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estadística*.
- Rivera, E. (2015). El aprendizaje de la estadística a partir de la investigación. *Uno*, *69*(1), 63-69.
- Rossmann, A. J., & Chance, B. L. (1999). Teaching the reasoning of statistical inference: A “top ten” list. *The College Mathematics Journal*, *30*(4), 297–305. doi:10.1080/07468342.1999.11974074
- Rossmann, G., & Rallis, S. (2016). *An introduction to qualitative research. Learning in the field*. London: Sage Publishing.
- Rosnow, R. L., & Rosenthal, R. (1996). Computing contrasts, effect sizes, and counternulls on other people's published data: General procedures for research consumers. *Psychological Methods*, *1*(4), 331–340. doi:10.1037/1082-989x.1.4.331

- Rumsey, D. J. (2002). Statistical literacy as a goal for introductory statistics courses. *Journal of Statistics Education*, 10(3).
- Russell, S. J. (2006). What does it mean that “5 has a lot”? From the world to data and back. In G. F. Burrill & P. C. Elliot (Eds.), *Thinking and reasoning with data and chance* (pp. 17-29). Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics
- Sánchez, M., y Castañeda, A. (2011). ¿Qué es teoría en matemática educativa y para qué sirve? En F. Rodríguez y R. Rodríguez (Eds.), *Memoria de la XVII Escuela de Invierno en Matemática Educativa. La profesionalización Docente desde los Posgrados de Calidad en Matemática Educativa*. Oaxaca: CIMATES.
- Sánchez, E., y Gómez-Blancarte, A. (2015). La negociación de significado como proceso de aprendizaje: El caso de un programa de desarrollo profesional en la enseñanza de la estadística. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 18(3), 387-419. Recuperado de <http://www.clame.org.mx/relime/201504c.pdf>
- Sánchez, E., Inzunza, S., y Ramírez, G. (2014). *Estadística y Probabilidad II*. México, D.F.: Editorial Patria.
- Santana, A., & Gómez-Blancarte A. L. (2019). Opportunities and challenges for project-based learning: the case of statistical projects. En A. Rosas (Ed.), *Research reports in Mathematics Education: the classroom* (pp. 17-46). Miami, Fl.: LD Books.
- Santos, R., & Ponte, J. (2014). Learning and teaching statistical investigations: a case study of a prospective teacher. En K. Makar, B. de Sousa, & R. Gould (Eds.), *Proceedings of the Ninth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS9, July, 2014)*, Flagstaff, Arizona, USA. Recuperado de http://icots.info/9/proceedings/pdfs/icots9_8f4_santos.pdf
- Schneider, J. W. (2015). Null hypothesis significance tests. A mix-up of two different theories: The basis for widespread confusion and numerous misinterpretations. *Scientometrics*, 102, 411–432.
- Sedlmeier, P. (2000). How to improve statistical thinking: Choose the task representation wisely and learn by doing. *Instructional Science*, 28(3), 227–262.

- Secretaría de Educación Pública. (1999). *Plan de estudios 1999. Licenciatura en educación secundaria*. México D.F.: Autor. Recuperado de <http://www.dgespe.sep.gob.mx/public/planes/les/plan.pdf>
- Secretaría de Educación Pública. (2002). *Programa y bibliografía sugerida. La enseñanza de las matemáticas II*. México D.F.: Autor.
- Secretaría de Educación Pública. (2006). *Programas de estudio 2006. Educación básica. secundaria. Matemáticas*. México D.F.: Autor. Recuperado de <https://www.uv.mx/personal/grihernandez/files/2011/04/programa.pdf>
- Secretaría de Educación Pública (2011a). *Programas de estudio 2011. Guía para el maestro. Educación básica. Secundaria. Matemáticas*. México D.F.: Autor. Recuperado de <http://www.telesecundaria.sep.gob.mx/assets/pdf/matematicas%20sec.pdf>
- Secretaría de Educación Pública (2011b). *Modelo educativo para el fortalecimiento de telesecundaria*. Documento base. México D.F.: Autor. Recuperado de http://www.telesecundaria.sep.gob.mx/assets/pdf/Modelo_Educativo_FTS.pdf
- Secretaría de Educación Pública (2013). *Normas específicas de control escolar relativas a la inscripción, reinscripción, acreditación, promoción, regularización y certificación en la educación básica*. Ciudad de México: Autor. Recuperado de http://www.controlescolar.sep.gob.mx/work/models/controlescolar/Resource/carpeta_pdf/normas_especificas_basica.pdf
- Secretaría de Educación Pública (2016). *Propuesta curricular para la educación obligatoria 2016*. Ciudad de México.: Autor. Recuperada de <https://www.gob.mx/cms/uploads/docs/Propuesta-Curricular-baja.pdf>
- Secretaría de Educación Pública (2017). *Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación. Matemáticas. Educación Secundaria*. Ciudad de México: Autor. Recuperado de <http://www.aprendizajesclave.sep.gob.mx/descargables/biblioteca/secundaria/mate/1-LPM-sec-Matematicas.pdf>
- Secretaría de Educación Pública (2018a). *Planes de estudio 2018 para la formación inicial de los futuros profesores en educación básica*. Ciudad de México: Autor.

- Secretaría de Educación Pública (2018b). *Programa del curso Pedagogía por Proyectos*. Ciudad de México: Autor.
- Secretaría de Educación Pública (2020). *Programa del curso matemáticas, ciencia y tecnología*. Ciudad de México: Autor.
- Secretaría de Gobernación. (2019, marzo 29). Acuerdo número 11/03/19 por el que se establecen las normas generales para la evaluación del aprendizaje, acreditación, promoción, regularización y certificación de los educandos de la educación básica. *Diario Oficial de la Federación*: Autor. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5555921&fecha=29/03/2019
- Sharma, S., Doyle, P., Shandil, V., & Talakia'atu, S. (2011). Developing statistical literacy with year 9 students. *Research Information for Educational Research, 1*, 43–60
- Shaughnessy, J. M. (2007). Research on statistics learning and reasoning. En F. K. Lester (Ed.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 957–1010). Charlotte, NC: NCTM.
- Shaughnessy, J. M., & Pfannkuch, M. (2002). How faithful is Old Faithful? Statistical thinking: a story of variation and prediction. *The Mathematics Teacher, 95*(4), 252.
- Smith, G. (1998). Learning statistics by doing statistics. *Journal of Statistics Education, 6*(3), 1-10. Recuperado de <https://ww2.amstat.org/publications/jse/v6n3/smith.html>
- Snell, J. (1999). Using Chance Media to Promote Statistical Literacy. Ponencia presentada en la *1999 meeting of the American Statistical Association*, Section on Statistical Education.
- Sovak, M. (2010). *The effect of student-driven projects on the development of statistical reasoning* (Tesis doctoral no publicada). Universidad de Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos de América. Recuperada de http://d-scholarship.pitt.edu/7966/1/SovakM_Aug2010.pdf
- Spence, D., & Bailey, B. (2012). Technology-rich projects in elementary statistics. En Bogacki, P. (Ed.), *Electronic Proceedings of the Twenty-fourth Annual International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 173-177). Florida: ICTCM. Recuperado de <http://archives.math.utk.edu/ICTCM/VOL24/C035/paper.pdf>

- Spence, D., & Bailey, B. (2015). Technologies to facilitate each stage of student-directed statistics projects. En Bogacki, P. (Ed.), *Electronic Proceedings of the Twenty-seventh Annual International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 220-228). Nevada: ICTCM. Recuperado de <http://archives.math.utk.edu/ICTCM/VOL27/A025/paper.pdf>
- Spence, D., & Sinn, R. (2009). Authentic discovery projects in statistics. Reporte de investigación presentado en *3rd Annual Meeting of the Georgia Association of Mathematics Teacher Educators*. Recuperado de <http://digitalcommons.georgiasouthern.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1020&context=gamte>
- Starkins, S. (1997). Assessing student projects. En I. Gal & J. B. Garfield (Eds.), *The Assessment Challenge in Statistics Education* (pp. 139-151). Oxford: IOS Press. Recuperado de <http://iase-web.org/documents/book1/chapter11.pdf>
- Sun, S., Pan, W., & Wang, L. L. (2010). A comprehensive review of effect size reporting and interpreting practices in academic journals in education and psychology. *Journal of Educational Psychology, 102*(4), 989-1004. <https://doi.org/10.1037/a0019507>
- Tauber, L. (2010). Análisis de elementos básicos de alfabetización estadística en tareas de interpretación de gráficos y tablas descriptivas. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNL, 8*(1), 53-67.
- Terán, T., y Anido, M. (2010). Las propuestas de los docentes como constructores de sus propios materiales didácticos. En P. Lestón (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp. 515-523). México, D.F.: ALME. Recuperado de <http://funes.uniandes.edu.co/4630/1/Ter%C3%A1nlaspropuestasalme2010.pdf>
- Terán, T., y Nascimbene, A. (2015). El material didáctico que aporta el alumno. Una experiencia de construcción significativa del aprendizaje a través de proyectos. En M. A. Sorto (Ed.), *Advances in statistics education: developments, experiences and assessments. Proceedings of the Satellite conference of the International Association for Statistical Education (IASE), Rio de Janeiro, Brasil*. Recuperado de http://iase-web.org/documents/papers/sat2015/IASE2015%20Satellite%2059_tern.pdf

- Thomas, J. (2000). *A review of research on project-based learning*. San Rafael, CA: Autodesk.
Recuperado de http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf
- Triola, M. (2013). *Estadística*. México, D.F.: Pearson.
- van Dijk, T. (1981). Towards an empirical pragmatics. Some social psychological conditions of speech acts. *Philosophica*, 27, 127-138.
- Vega, M. (2012). *El aprendizaje estadístico en la educación secundaria obligatoria a través de una metodología por proyectos. Estudio de caso en un aula inclusiva* (Tesis doctoral no publicada). Universidad de Granada. España. Recuperada de <https://hera.ugr.es/tesisugr/21016847.pdf>
- Verhoeven, P. (2013). Engaging students in statistics education: situated learning in statistics projects. En M. Saisana (Ed.), *Proceedings 59th ISI World Statistics Congress*, (p. 25-30). Hong Kong: ISI. Recuperado de <http://2013.isiproceedings.org/Files/IPS045-P3-S.pdf>
- Villazcán, M. (2014). *Comparación de métodos de enseñanza sobre el aprendizaje de conceptos de estadística inferencial en normalistas* (Trabajo recepcional). Universidad Veracruzana, Xalapa. Recuperada de <http://www.uv.mx/eme/files/2012/11/Comparacion-de-Metodos-de-Ensenanza-Sobre-el-Aprendizaje-de-Conceptos-de-Estadistica-Inferencial-en-Normalistas.pdf>
- Vithal, R. (2002). Learning to teach statistics through project work. En B. Phillips (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching Statistics. Town, South Africa* (pp.1-4). Cape Town. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute. Recuperado de <http://www.phichsinee.cmru.ac.th/stat4teach/admin/datas/file/91010164242.pdf>
- Walsh, T. (2011). Implementing project based survey research skills to grade six elp students with the survey toolkit and Tinkerplots. *Journal of Statistics Education*, 19(1). Recuperado de <http://ww2.amstat.org/publications/jse/v19n1/walsh.pdf>
- Wardrop, R. (1999). Small student projects in an introductory statistics course. En T. Moore (Ed.), *Teaching Statistics, MAA Notes No. 52* (pp. 19-25). Washington, DC:

- Mathematical Association of America. Recuperado de <http://pages.stat.wisc.edu/~wardrop/papers/tmoore.pdf>
- Watson, J. M., & Callingham, R. (2003). Statistical literacy: a complex hierarchical construct. *Statistics Education Research Journal*, 2(2), 3–46.
- Wild, C. J. (2016). *The place of data analysis in problem solving*. Recuperado de https://www.stat.auckland.ac.nz/~wild/d2i/articles/1.4%20Place%20of%20data%20analysis%20in%20problem%20solving_ARTICLE.pdf
- Wild, C., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry (with discussion). *International Statistical Review*, 67(3), 223-265. Recuperado de <http://iase-web.org/documents/intstatreview/99.Wild.Pfannkuch.pdf>
- Zeileke, A., Lee, C., & Daniels, J. (2006). Developing projects based on student's data in introductory statistics. En A. Rossman & B. Chance (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics* (pp. 1-6). Salvador. Voorburg, The Netherlands: ISI. Recuperado de <https://www.ime.usp.br/~abe/ICOTS7/Proceedings/index.html>

ANEXOS

Anexo A. Muestra de informe de práctica docente

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE FORMACIÓN Y DESARROLLO DE DOCENTES
DIRECCIÓN DE FORMACIÓN DE DOCENTES
ESCUELA NORMAL RURAL "CARMEN SERDÁN"
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA ESPECIALIDAD EN TELESECUNDARIA
CICLO ESCOLAR 2018-2019



"OBSERVACIÓN Y PRÁCTICA DOCENTE I" REPORTE DE OBSERVACIÓN Y PRÁCTICA DOCENTE

CICLO ESCOLAR: 2018-1019

ALUMNA:

GRADO: 2° SECCION: "C"

TETELES DE ÁVILA CASTILLO A 21 DE ENERO DE 2019

Este informe tiene la presente finalidad de dar a conocer las actividades y las respectivas respuestas de los alumnos ante la jornada de práctica realizada del 25 al 29 de Marzo de 2019, y un día de observaciones el 14 de Marzo de 2019. Dentro de la escuela Telesecundaria “Elvira Cabañez de Flores” ubicada en la localidad de Tlatlauquitepec Puebla.

JORNADA DE OBSERVACIÓN:

Forma de aprendizaje por parte de los alumnos: Uno de los aspectos que se consideran de los más importante debido al gran valor que llevan dentro de la forma de planear las actividades de los alumnos, en este caso en ese único día de observación se mostraron más atentos a respuestas audiovisuales, y didácticas/tecnológicas.

Niveles de lectura y escritura: Son buenos para expresar sus ideas y/u opiniones acerca de cualquier tema del que tengan conocimiento, y son muy participativos al leer en voz alta, les gusta ser el centro de atención académica con sus compañeros y rara vez se quedan callados. En cuanto a su comprensión lectora es desarrollada si leen para ellos y se hacen pausas para el análisis por partes de la historia; Ya que si ellos realizan la lectura para sí mismos el resultado ni siquiera es concretado y el trabajo solo se demora más tiempo de lo estimado para cubrir la sesión.

Retos enfrentados para lograr el estándar de resultados de mejoría en los alumnos: Para poder lograr en primera instancia la atención de los alumnos fue imponer la disciplina dentro del aula, ya que sin esta hubiera sido imposible el manejo adecuado de los contenidos y las actividades en cada sesión.

JORNADA DE PRÁCTICA:

Durante la semana que se estuvo trabajando con los alumnos en la telesecundaria “Elvira Cabañez de Flores” se impartieron tres asignaturas en el segundo grado (Español II, Matemáticas II y segunda lengua Inglés II).

En el día lunes, se presentó la secuencia y el aprendizaje esperado con finalidad de profundizar en el análisis de lo que se iba a realizar como producto final el día viernes. Los métodos que se optaron para que la comprensión del tema fuera sencillo fue la retroalimentación de aprendizajes previos relacionados con el tema central con el que se iba a realizar (El reportaje). Durante las dos jornadas se observó que los alumnos aprendían mediante explicaciones dinámicas (Interacción del docente-alumno, mediante el uso de ejemplos aplicados a la vida real). Al ser un grupo conformado por 30 alumnos la disciplina se vuelve un tema relevante para el aprovechamiento de todo lo impartido en el aula. En este día se brindaron definiciones básicas para el aprendizaje de la estructura de un reportaje enfatizando en su uso cotidiano. Así como también se creó un cuadro comparativo de las fuentes de información de las cuales era confiable obtener información esto a manera de

consulta posterior al momento de recabar los datos necesarios para redactar su reportaje.

El martes 15 de enero se trabajó en la comprensión de la preguntas guía utilizando sus capacidades visuales para saber identificar la idea principal de un texto simplemente formulando preguntas acerca del tema. Una ventaja de utilizar materiales visuales con los alumnos (Videos, documentales, proyecciones de textos) es la atención que estos prestan al material, la disciplina se vuelve más presente y el aprendizaje es inevitable, sin mencionar la atención que prestan a las narraciones que realiza el docente en voz alta para ellos. Con este tipo de actividades fue suficiente para conocer la forma de trabajo adecuada para implementar con ellos, y crear un vínculo de confianza en la libre expresión de sus opiniones acerca del tema elegido en cuestión para elaborar sus materiales de estudio como lo marcaba su libro de texto gratuito. Una estrategia para que los alumnos se interesaran un poco más por el tema que se trabajaba en la secuencia (Los campos de concentración y exterminio durante el holocausto) fue iniciar una etapa de investigación profunda acerca de temas de relevancia de los hechos que pudieran llegar a ser de importancia o interés para ellos, todos relacionados con el tema central de investigación que era la familia. Fue de esta manera la única opción previa para despertar en ellos un deseo de investigación autónoma en los más avanzados; mientras que en los menos participativos solo fue un escarmiento a preguntar más al docente en turno acerca de dicho tema a fin de saciar la ansiedad de información que requerían y poder formular sus preguntas guía del tema.

Para la tercera sesión fue pertinente explicar a los alumnos como funcionaba la opinión dentro del reportaje, sí como el dato estadístico y el testimonio, esto mediante una explicación y posterior ejercicios implementando este tipo de estrategias con el objetivo de que a posterior ellos realizaran estos ejemplos que se les acababan de brindar. Hasta este punto es importante enfatizar que a pesar de que estos ejercicios demoraban un poco las sesiones, se vio muy importante implementarlos, ya que mediante ellos se hacía mucho más fácil el aprendizaje o la intención comunicativa de la sesión. Una vez que los alumnos comprendieron la importancia de estos datos dentro de su reportaje.

En el día jueves se comenzó con la integración de los equipos seleccionados de manera aleatoria para comenzar a redactar el borrador de su reportaje. Otro aspecto relevante que se trató con los alumnos fue el cómo se llevaría a cabo el uso de los aspectos tratados en sesiones anteriores. Esto se implementó mediante el uso de un ejemplo físico de un reportaje el cual se les fue dejado en su salón de clases para que pudieran hacer una retroalimentación cuando fuera de su pertinencia e iniciativa realizarlo. Posterior a esto realizaron el borrador de su reportaje con el tiempo que restaba de la sesión.

Los borradores de los alumnos fueron revisados en aspectos de coherencia, cohesión y ortografía, asimismo también fue importante constatar que todos llevaran

las partes del reportaje; Estos fueron entregados el día viernes para que verificaran sus errores de manera minuciosa y comenzaran a realizar una versión final que sería evaluada ese mismo día con una lista de cotejo. Una observación que llama mucho la atención es que sus trabajos estaban muy bien estructurados, las faltas de ortografía que poseían eran mínimas y el esfuerzo que ponían en el texto a pesar de ser un borrador era asombroso. Al hacer las observaciones que correspondían a cada caso se notó un cambio en el resultado final, aunque este solo fuera en la presentación. Al tener la oportunidad de poder trabajar la materia de español con los alumnos de segundo grado en comparación con los alumnos de primer grado fue una importante pauta para descubrir que realmente el plan de estudios no cambia el sentido y propósito de los contenidos ya que dentro de la jornada se logró la mejoría que se esperaba, los alumnos pudieron llegar a comprender el propósito del trabajo realizado durante la semana y a pesar de la dura disciplina que se tuvo ante ellos valió la pena todo el desgaste que se tuvo por parte de ambos involucrados.



Anexo B. Rúbrica para evaluar el reporte final del proyecto

Aspectos	Criterios de evaluación	Nivel Excelente	Nivel Bueno	Nivel regular	Nivel bajo
<i>Comprensión situacional</i>	Definición del Problema o pregunta de investigación	Define con claridad el problema. Le permite saber qué es lo que desea resolver estadísticamente.	Define con cierta claridad el problema. Le permite saber, de alguna manera, qué información obtendrá estadísticamente	La definición del problema no es clara. Hay dificultad para saber lo que se tiene que resolver.	No hay definición del problema. No es posible saber lo que se tiene que resolver.
<i>Comprensión conceptual y proposicional</i>	Objetivos del proyecto	Los objetivos son claros y precisos. Están relacionados con el problema y las variables que intervienen. Son posibles de cumplir, medir y evaluar.	Los objetivos son claros y precisos. Están relacionados con el problema y las variables que intervienen. Existe cierta dificultad para su medición y evaluación.	Se establecen objetivos para el proyecto pero no permiten determinar si las variables planteadas son medibles y si responden a dichos objetivos.	Se establecen de alguna manera objetivos que no son claros, no es posible medirlos o evaluarlos. No se relacionan con el problema.
	Esquema de Contenidos	Utiliza todos los contenidos de las unidades 1, 2 y 3 del programa y los amplía utilizando un análisis exploratorio de datos, con gráficos de caja (box-plot) y el tratamiento de valores extremos (outliers). Analiza la variabilidad de los datos. Utiliza algún soporte informático. Además de los cálculos, busca significado a los resultados obtenidos.	Utiliza todos los contenidos de las unidades 1, 2 y 3 del programa. Utiliza algún soporte informático. Además de los cálculos, busca significado a los resultados obtenidos. Grafica e interpreta el gráfico de caja (box-plot). Analiza la variabilidad de los datos.	Utiliza algunos contenidos de las unidades 1, 2 y 3 del programa. No usa soporte informático. No considera la interpretación de los resultados como contenido de estudio.	Utiliza pocos contenidos de las unidades 1, 2 y 3 del programa. Falta una estructura coherente entre ellos. No usa soporte informático. No considera la interpretación de los resultados como contenido de estudio.
	Diseño del proyecto	Se especificó la forma en que se aborda el problema, incluyendo la descripción de población y muestra y la técnica utilizada para la recolección de datos. Se tendrá en cuenta si los datos permiten resolver la cuestión investigada.	Se describe la población y muestra y la técnica utilizada para la recolección de datos. Se tendrá en cuenta si los datos permiten resolver la cuestión investigada.	Existe una incompleta descripción de la población y/o de la muestra de la que se extrajeron los datos. No indica la técnica de recolección empleada ni indica el alcance de los resultados obtenidos.	No hay una descripción de la población ni de la muestra de la que se extrajeron los datos. No indica la técnica de recolección empleada ni indica el alcance de los resultados obtenidos.

<i>Fluencia procedimental</i>	Organización de la información	Organiza, tabula y construye gráficos adecuados a partir de un conjunto de datos reales. Existe una destacada coherencia en la estructura del trabajo.	Organiza, tabula y construye gráficos adecuados a partir de un conjunto de datos reales. Existe coherencia en la estructura del trabajo.	No organiza la información adecuadamente. Las tablas de frecuencias no representan las variables claves del problema. Los gráficos no son adecuados al tipo de variable representada. No trabaja con datos reales.	Falta una estructura que organice la información. Las tablas y gráficos aparecen aislados, sin nexos. No trabaja con datos reales.
	Gráficos, cálculos e interpretación	Los gráficos estadísticos son claros y adecuados a la variable considerada en cada caso. Usa además, el gráfico de caja (box-plot) y trata valores extremos (outliers). Analiza la variabilidad y la forma de la distribución de los datos. Con el cálculo y la interpretación del significado de estadísticos, describen y resumen la información.	Los gráficos estadísticos son claros y adecuados. Analiza la variabilidad y la forma de la distribución de los datos. Con el cálculo y la interpretación del significado de estadísticos, describen y resumen la información.	Algunos de los gráficos estadísticos no son adecuados. Falta claridad y análisis de variabilidad y de la forma de la distribución de los datos. Interpreta parcialmente los resultados obtenidos.	Los gráficos estadísticos no son adecuados. Falta claridad y análisis de variabilidad y de la forma de la distribución de los datos. No interpreta resultados obtenidos.
<i>Competencia comunicativa y argumentativa</i>	Justificación del proyecto	Describe con claridad la importancia y actualidad del problema, está relacionado con su quehacer profesional futuro. Su utilidad práctica y factibilidad de realización.	Describe la importancia y actualidad del problema, su utilidad práctica y factibilidad de realización. Tiene una leve vinculación a su futura profesión.	Describe vagamente la importancia y actualidad del problema, su utilidad práctica y factibilidad de realización. No lo vincula con el quehacer de la futura docente.	Hace una justificación insuficiente del proyecto en cuanto a la actualidad del problema, utilidad práctica y/o factibilidad.
	Análisis y Conclusión	El análisis de datos es adecuado al tipo de variables y a la pregunta de investigación. Se respetan los supuestos de aplicación de los diferentes métodos estadísticos. (Si los hubiera, y se aplican correctamente dichos métodos.) Las conclusiones son consistentes con el análisis; los datos apoyan las conclusiones obtenidas, que se relacionan con la pregunta de investigación, los objetivos y las hipótesis.	El análisis de datos es adecuado al tipo de variables y a la pregunta de investigación. Las conclusiones son consistentes con el análisis; los datos apoyan las conclusiones obtenidas.	El análisis de datos es adecuado al tipo de variables y a la pregunta de investigación. Las conclusiones son consistentes con el análisis; los datos apoyan las conclusiones obtenidas.	El análisis de datos no es el adecuado al tipo de variables y a la pregunta de investigación. Las conclusiones son poco o nada consistentes con el análisis; los datos no apoyan las conclusiones obtenidas ni se relacionan con la pregunta de investigación.

	Presentación de resultados	<p>La calidad excelente de la presentación, incluyendo claridad y corrección de los gráficos, con sus correspondientes títulos, la organización adecuada en secciones y apartados y la correcta expresión escrita.</p> <p>La bibliografía utilizada.</p>	<p>La buena calidad de la presentación, incluyendo claridad y corrección de los gráficos, con sus correspondientes títulos, y la correcta expresión escrita.</p>	<p>La escasa calidad de la presentación, incluyendo poca claridad en los gráficos, algunos sin sus correspondientes títulos, y la incorrecta expresión escrita.</p>	<p>La falta de calidad de la presentación, incluyendo poca claridad en los gráficos, algunos sin sus correspondientes títulos, y la incorrecta expresión escrita.</p>
--	-----------------------------------	--	--	---	---

Anexo C. Rúbrica utilizada para evaluar pósteres

Rubric for the Judging of Data Visualizations

Score	Overall Impact of the Display (Poster Design) Poster design aspects, colors/patterns, grammar, spelling, dimensionality, readability, neatness	Technical Aspects (Statistical Correctness) Age appropriate use of statistical methods, calculations, and interpretation	Clarity of the Message (Statistical Process) How well is the four-step investigative process* implemented? How well is a story told?	Appropriateness of the Graphs for the Data Statistical Appropriateness of Graphics	Creativity (Topic is of Interest) Data collection methods, sample size issues, who cares factor
5	Poster uses colors/patterns well. Correct grammar and spelling are used. Poster is neatly constructed, including good use fonts, pictures, and extras. Addresses multiple dimensions of the question or problem. Readable and neat. The overall display is eye-catching but retains statistical substance.	Statistical methods used are appropriate to the question being addressed and the data being analyzed. Sufficient information to suggest statistics are calculated correctly. No errors in interpretation.	Question or purpose is clearly stated, and the presentation leads to the conclusion on a path that is easy to follow. The results of the study are immediately obvious to the viewer.	Graphs are appropriate for the question asked and the data used. Graphs are correctly constructed.	Overall question is interesting, phrasing of titles, captions, and question is creative. Shows creative thought in topic, graph design, or data collection. Data collected appropriately. Answers an important topic.
4	Better use of colors/patterns would help the presentation, but in general the poster grabs the attention of the viewer. Correct grammar and spelling are used. Addresses multiple dimensions of a question. Level of neatness and size of fonts do not detract from the message.	Appropriate use and interpretation of statistical methods but lacking clarity in calculations.	One or two steps in the progression from question to conclusion are missing or difficult to follow.	Minor errors are present in at least one graph. More appropriate display(s) would improve the presentation.	Overall question is interesting. Some creativity in design or data collection. Collects appropriate data.
3	Use of more or different colors/patterns, would vastly improve the appeal of the poster. Minor grammar and/or spelling mistakes. Addresses multiple dimensions of a question. Readability or neatness detract from the overall appeal of the poster.	Minor errors in choice of statistical method selection, calculations, or interpretation.	More than two steps in the progression from question to conclusion are missing or difficult to follow. The information on the back is needed to confirm.	Significant gap exists in the demonstration of understanding of the graphs, or how the graphs relate to the purpose of the poster.	Overall question is interesting. Some creativity. Minor issues with data collection.
2	Serious problems with colors/patterns, grammar, spelling, neatness, and/or organization prevent the poster from being eye-catching and understandable. Multiple dimensions of the question addressed.	Major conceptual errors in method selection or interpretation.	The information on the back is required in order for any relationships in the poster to be understood.	Substantial errors in the graphs lead to invalid or inappropriate conclusions.	Minimal creativity. Topic is of minimal interest. Data collection could be improved.
1	The poster isn't consistent with colors or patterns and has multiple grammar and/or spelling errors, so much so that it severely distracts from the poster. The poster is unidimensional. Major neatness or readability issues.	Little evidence of statistical calculation or analysis.	The poster is virtually incomprehensible.	The displays are inappropriate and incorrect (i.e., 3-D bar charts and pie charts where third dimension is unnecessary or visually misleading) for the research question and data types. The question is badly misunderstood and the results are nonsensical.	The poster demonstrates little or no creativity or improper data collection methods.

Penalties: Use of Space for Graphics: < 75% (excluding title block) deduct 2; < 50% deduct 4; <25% deduct 6. **Inadequate Size of Text** (except for plot symbols) < half inch, deduct 2

Improper Poster board Size: measurements not between 18 and 24 inches high and 24 and 30 inches wide, deduct 3

* GAISE four-step investigative process: 1. Formulate Questions; 2. Collect Data; 3. Analyze Data; 4. Interpret Results (http://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GAISEPreK-12_Full.pdf)

Anexo D. Instrumento para evaluar la presentación oral

Statistics Department - Presentation Evaluation Rubric

Speaker: _____ Presentation type: _____ Date _____

1. Verbal Delivery

1	2	3	4	5
Delivery distracts from presentation (e.g., pace too fast/too slow, monotone, inaudible, lots of vocalized hesitations). Speaker is visually uncomfortable and/or unprepared.		Delivery makes the presentation understandable but there are some delivery difficulties (e.g., lacks expressiveness, some vocal hesitations). Speaker is somewhat tentative.		Delivery makes the presentation compelling (e.g., appropriate rate, good volume, smooth). Speaker is confident, polished, and enthusiastic.

2. Nonverbal Delivery

1	2	3	4	5
Eye contact visible 0-30% the time. Gestures and/or posture distract the audience. Inappropriate attire detracts. Reads directly from note cards/slides.		Eye contact visible/generalized 40-60% of the time. Gestures, posture, and/or nonverbal appearance are satisfactory.		Eye contact sustained & generalized 70% or more of the time. Gestures, posture and/or nonverbal appearance enhances speech. Not overly reliant on note cards.

3. General Language Use

1	2	3	4	5
Language is misused, vague, unimaginative, unclear, not compelling or unprofessional. Errors in grammar and/or pronunciation throughout.		Language is commonplace & mundane but understandable and somewhat appropriate to the audience. Grammar and pronunciation are acceptable.		Language is imaginative, clear, memorable, descriptive & thoughtfully tailored to the audience. Correct grammar & pronunciation throughout.

4. Statistical Language Use

1	2	3	4	5
Incorrect usage of statistical terminology, incorrect interpretations. Explanations of statistical ideas are not clear.		Occasional misuse of statistical terms, may be due to nervousness. Some lack of clarity in explaining statistical ideas.		All statistical terminology is used correctly and precisely. Statistical concepts are clearly explained and appropriate for audience.

5. Organization

1	2	3	4	5
Presents info without a logical sequence. Audience has difficulty following the presentation. Intro, body, transitions & conclusion are not observable. Speaker jumps around and does not manage time well.		Presents info in an intermittently logical sequence making the content somewhat cohesive. Intro, body, transitions & conclusion are somewhat observable. Some issues with time management.		Presents info in a logical & thoughtful sequence making the content cohesive. Intro, body, transitions & conclusion are clearly observable. Audience can easily follow the presentation. Excellent time management.

6. Visual Aid Use

1	2	3	4	5
Visuals are hard to see, unprofessional, unclear or irrelevant. Statistical output is incomplete or not well formatted.		Visuals are satisfactory but mediocre and not compelling. Statistical output is complete but not enhanced.		Visuals are clear, professional, vivid, memorable and enhance the presentation. Statistical graphs, equations, and tables are well thought out and integrated.

7. Central Message

1	2	3	4	5
Presents vague, lackluster, and forgettable message. Message is uninteresting. Speaker does not seem clear on message.		Presents understandable but not particularly compelling, or memorable message. Message is ordinary. Some aspects of message are not clear.		Presents clear, compelling, and engaging message. Speaker conveys interest in and deep understanding of central message.

8. Overall: If this presentation had been given to an outside audience, how would you feel about this student's presentation skills as a representation of the Cal Poly Statistics program?

1	2	3	4	5
Embarrassed	Hesitant	Satisfied	Proud	Very Proud

Additional comments on presentation:

Anexo E. Marco de indicadores de cultura, razonamiento y pensamiento estadístico

1. Indicadores de cultura estadística.

1.1 Habilidades de alfabetización estadística

1.1.1 Darle sentido a una amplia gama de información y representaciones estadísticas presentadas en diferentes medios de comunicación.

1.1.1a Se promueve la comprensión de símbolos estadísticos (e.g., porcentajes, índices) presentados en diferentes medios de comunicación.

1.1.1b Se promueve la comprensión de herramientas estadísticas (e.g, tablas, gráficas, medidas de tendencia central, medidas de dispersión) presentadas en diferentes medios de comunicación.

1.1.1c Se promueve la comprensión de lenguaje estadístico básico (e.g., parámetro, sesgo) presentados en diferentes medios de comunicación.

1.1.1d Se reconoce que una misma información estadística está presente en diferentes registros de representación en diferentes medios de comunicación.

1.1.2 Uso de la información dada en listas, tablas, índices, catálogos y representaciones gráficas.

1.1.2a Se promueve el uso de información estadística presentada en distintas representaciones (e.g., listas, tablas, catálogos, gráficas) proporcionadas por instituciones variadas.

1.1.3 Describir gráficos, distribuciones y relaciones.

1.1.3a Se promueve describir y analizar gráficos o distribuciones estadísticas.

1.1.4 Reformular, traducir o interpretar los hallazgos de un procedimiento estadístico.

1.1.4a Se promueve la traducción o interpretación de los resultados de un procedimiento estadístico.

1.1.5 Organización de datos, construcción y presentación de tablas y diferentes representaciones de los datos.

1.1.5a Se promueven procedimientos de organización de datos y construcción de diferentes representaciones de datos.

1.1.6 Comprensión de la probabilidad como medida de incertidumbre.

1.1.6a Se promueve la interpretación de la probabilidad como medida de incertidumbre.

1.2 Conocimiento estadístico base

1.2.1 Conocer el por qué se requieren los datos y cómo se pueden producir.

1.2.1a Se propician estrategias para que los estudiantes reflexionen sobre la importancia de obtener datos.

1.2.1b Se promueve la identificación del origen de los datos cuando no son recolectados por los estudiantes.

1.2.1c Se promueve la indagación del modo de operar que hay detrás del diseño de las investigaciones publicadas en los medios de comunicación.

1.2.1d Se promueve conocer las características de las encuestas por muestreo aleatorio.

1.2.1e Se promueven actividades que permitan preguntar por qué y cómo los datos fueron producidos.

1.2.2 Conocer términos básicos e ideas relativas a la estadística descriptiva.

1.2.2a Se promueve la comprensión básica de conceptos, vocabulario estadístico (e.g., dato, variable, muestra, población, tablas, gráficas, medidas de centro, medidas de dispersión).

1.2.2b Se promueve la exploración de las características de las medidas de tendencia central según los datos (e.g., la manera en que las medidas de tendencia central se ven afectadas por los valores extremos).

1.2.3 Conocer representaciones gráficas y tabulares y su interpretación.

1.2.3a Se promueve la idea de que las tablas o gráficas sirven para detectar o comparar tendencia en los datos.

- 1.2.3b Se promueve la “lectura entre los datos” presentados en gráficas y tablas.
- 1.2.3c Se promueve la “lectura más allá de los datos” en gráficas y tablas.
- 1.2.3d Se promueve el conocimiento de que variar el tipo de tabla y de gráfico puede conducir a diferentes y posiblemente puntos de vista contradictorios del fenómeno bajo investigación.
- 1.2.4 Entender nociones básicas de probabilidad.
 - 1.2.4a Se promueve la representación de la probabilidad de diferentes maneras: como porcentajes, probabilidad, razones o lenguaje verbal.
 - 1.2.4b Se promueve la formulación de los tres enfoques de probabilidad: probabilidad frecuentista, probabilidad teórica y probabilidad subjetiva.
 - 1.2.4c Se promueve la idea de que la variabilidad fortuita está presente en los fenómenos aleatorios.
- 1.2.5 Conocer cómo llegar a conclusiones o inferencias estadísticas.
 - 1.2.5a Se promueve el cuestionamiento de cómo se llegó a las conclusiones de un estudio.
 - 1.2.5b Se promueve la idea de reconocer la posibilidad de diferentes errores o sesgos en el muestreo, en la medición o en una inferencia.
 - 1.2.5c Se promueve pensar en que los errores en el muestreo pueden controlarse mediante un diseño adecuado del estudio.
 - 1.2.5d Se promueve el entendimiento del proceso de muestreo aleatorio.

1.3 Conocimiento matemático

- 1.3.1 Dar importancia a la necesidad de explicar y describir la variabilidad.
 - 1.3.1a Se promueve la idea de que la variación está presente en cualquier contexto.
 - 1.3.1b Se promueve la necesidad de explicar y describir la variabilidad de los datos.
- 1.3.2 Entendimiento intuitivo de las ideas claves y conceptos en estadística que a menudo no tienen representación matemática y que son únicos en la disciplina de la estadística.
 - 1.3.2a Se promueve el entendimiento intuitivo de conceptos estadísticos básicos que a menudo no tienen representación matemática (e.g., muestra, encuesta).
- 1.3.3 Resumir un gran número de observaciones por una cantidad concisa, como un porcentaje, una media o una probabilidad.
 - 1.3.3a Se promueve el uso de porcentajes, medidas de centro y de probabilidad como resúmenes de un gran número de observaciones.
- 1.3.4 Habilidades numéricas (e.g., cálculo mental, operaciones básicas) para contar con una buena interpretación de los números presentados en reportes estadísticos.
 - 1.3.4a Se promueve el desarrollo de habilidades numéricas para interpretar correctamente los resultados que se dan en estudios estadísticos.
- 1.3.5 Se motiva la familiaridad intuitiva y en ocasiones formal sobre procedimientos de cálculo matemáticos que se utilizan para generar estadísticas.
 - 1.3.5a Se motiva la intuición para comprender procedimientos de cálculo que se utilizan para generar estadísticas (e.g., cálculo de las medidas de centro, de dispersión).
 - 1.3.5b Se promueve el cálculo también para apreciar el significado de los estadísticos.
 - 1.3.5c Se fomenta la comprensión de las matemáticas involucradas en la generación de algunos indicadores estadísticos.
- 1.3.6 Comprender de manera informal la conexión que hay entre los estadísticos de resumen, gráficas o tablas y los datos en los que están basados.
 - 1.3.6a Se fomenta de manera informal comprender la conexión que hay entre los estadísticos de resumen, gráficas o tablas y los datos en los que están basados.

1.4 Conocimiento del contexto

- 1.4.1 Comprensión del contexto para que los mensajes estadísticos “den sentido”, pues el contexto motiva los procedimientos.
 - 1.4.1a Se promueve poner los mensajes estadísticos en contexto.
 - 1.4.1b Se promueve la comprensión del contexto de los mensajes estadísticos.

1.4.1c Se promueve la comprensión de que el contexto conduce a los procedimientos estadísticos a utilizar.

1.4.1d Se promueve la idea de que la comprensión del contexto ayuda a entender las posibles fuentes de variación y error de mensajes estadísticos.

1.4.1e Se promueve comprender que el sentido de un mensaje estadístico depende de la información que se pueda obtener sobre los antecedentes del estudio o los datos que se discuten.

1.4.2 Apreciación del contexto social en el que se establecen los datos.

1.4.2a Se promueve la identificación del contexto social del que se obtienen los datos de un mensaje estadístico.

1.4.3 Uso e interpretación de la estadística en la vida diaria.

1.4.3a Se promueve el uso e interpretación de la estadística en la vida diaria.

1.5 Preguntas críticas

1.5.1 Comprender que los mensajes presentados en diferentes medios pueden provenir de diversas fuentes que reportan hallazgos poco objetivos.

1.5.1a Se promueve la reflexión de la idea de que algunos reportes publicados en distintos medios pueden manipular los datos para influenciar las opiniones de sus escuchas o lectores en una dirección específica.

1.5.2 Cuestionar la credibilidad de la evidencia presentada en los mensajes estadísticos.

1.5.2a Se promueve la validación de los mensajes estadísticos.

1.5.2b Se promueve la reflexión sobre las interpretaciones de las conclusiones que se transmiten en mensajes estadísticos.

1.5.2c Se promueve la evaluación de las afirmaciones presentadas en los mensajes estadísticos.

1.5.2d Se motiva a cuestionarse si los gráficos que se presentan en reportes estadísticos están dibujados apropiadamente o están distorsionados para mostrar alguna tendencia.

1.5.2e Se promueve la idea de que puede haber observaciones atípicas en los datos que propician una falsa interpretación de resultados estadísticos.

1.5.3 Cuestionarse sobre la muestra.

1.5.3a Se motiva a cuestionar si en un mensaje, estudio o resumen estadístico se usó una muestra.

1.5.3b Se promueve cuestionarse cuánta gente participó en un mensaje, estudio o resumen estadístico, a fin de reflexionar sobre el tamaño y representatividad de la muestra.

1.5.3c Se fomenta el cuestionamiento de la muestra para conocer si, en un mensaje, estudio o resumen estadístico, ésta conduce a inferencias válidas sobre la población objetivo.

1.5.4 Cuestionamiento sobre la confiabilidad de los instrumentos utilizados.

1.5.4a Se promueve valorar la confiabilidad de los instrumentos usados para generar mensajes estadísticos.

1.5.5 Apoyar el proceso de evaluación crítica y conducir a la creación de interpretaciones y juicios más informados.

1.5.5a Se promueve la evaluación crítica de mensajes estadísticos para conducir a la creación de interpretaciones y juicios más informados.

1.5.6 Realizar inferencias basadas en su propio conocimiento del mundo real.

1.5.6a Se promueve la elaboración de inferencias basadas en el conocimiento del alumno del mundo real para interpretar mensajes estadísticos.

1.6 Disposiciones (Creencias, actitudes y postura crítica)

1.6.1 Desarrollar un juicio crítico para cuestionar mensajes estadísticos que puedan ser engañosos, sesgados o incompletos.

1.6.1a Se promueve el desarrollo de un juicio crítico para cuestionar mensajes estadísticos que pudieran ser engañosos.

1.6.1b Se promueve el desarrollo de un juicio crítico para cuestionar mensajes estadísticos que pudieran estar incompletos.

1.6.1c Se promueve el desarrollo de un juicio crítico para cuestionar mensajes estadísticos que pudieran estar sesgados.

1.6.2 Sentirse seguros para explorar, conjeturar y sentirse cómodos con la confusión temporal o un estado de incertidumbre.

1.6.2a Se promueve un ambiente adecuado para que los estudiantes exploren, hagan conjeturas y no se sientan frustrados ante el desconocimiento de algo.

1.6.3 Considerar aspectos motivacionales.

1.6.3a Se promueve la utilidad e importancia de la estadística usando el contexto de los estudiantes.

1.6.3b Se promueve la utilidad e importancia de la estadística a través de la solución de problemas que son de interés para el estudiante.

1.6.4 Desarrollar una postura crítica propia y su voluntad.

1.6.4a Se motiva a los estudiantes a desarrollar una creencia de legitimidad en sus propios juicios críticos.

1.6.4b Se promueve que el estudiante desarrolle su propia postura o juicio crítico.

1.6.4c Se pide evaluar críticamente información estadística.

1.6.4d Se pide discutir y comunicar las reacciones a cierta información estadística.

1.6.4e Se pide dar significado a los datos.

1.6.4f Se pide opiniones respecto a la aceptabilidad de las conclusiones.

2. Indicadores de razonamiento estadístico.

2.1 Razonamiento de las ideas centrales de estadística

2.1.1 Datos

2.1.1a Se promueve que los estudiantes recopilen datos mediante encuestas.

2.1.1b Se promueve que los estudiantes produzcan datos mediante la experimentación.

2.1.1c Se promueve que los estudiantes exploren el comportamiento de los datos recolectados.

2.1.1d Se pide distinguir las características de calidad en los datos recolectados (e.g., tamaño de la muestra, tipo de muestreo).

2.1.1e Se promueven actividades para comprender que existen diversos tipos de datos.

2.1.1f Se promueven actividades para comprender que la correlación no implica causalidad.

2.1.2 Distribución

2.1.2a Se promueve explorar la representación gráfica de un conjunto de datos en términos de su forma (sesgo y simetría).

2.1.2b Se promueve explorar la representación gráfica de un conjunto de datos en términos de sus centros (moda, media y mediana).

2.1.2c Se promueve explorar la representación gráfica de un conjunto de datos en términos de su dispersión (rango, rango intercuartílico, datos atípicos, desviación estándar).

2.1.2d Se promueve comprender que distintas representaciones gráficas revelan diferentes aspectos de la distribución de los datos.

2.1.2e Se promueven actividades para comprender que solo ciertos tipos de gráficos (por ejemplo, gráficos de puntos e histogramas) revelan la forma de una distribución.

2.1.2f Se promueven actividades para comprender que los diagramas de caja y los histogramas revelan diferentes aspectos de la misma distribución.

2.1.2g Se promueven actividades para comprender que las inferencias estadísticas pueden requerir la comparación de una estadística muestral con una distribución muestral.

2.1.2h Se promueven actividades para entender un conjunto de datos como una entidad o agregado.

2.1.3 Variabilidad

2.1.3a Se pide entender qué significa el rango en una distribución gráfica de los datos.

2.1.3b Se pide entender qué significa el rango intercuartílico en una distribución gráfica de los datos.

2.1.3c Se pide entender que significa la desviación estándar en una distribución gráfica de los datos.

2.1.3d Se promueven actividades para ayudar al estudiante a pensar sobre qué gráfico tendría una desviación estándar mayor.

2.1.3e Se promueven actividades que impliquen el uso de *software* para analizar y discutir la variabilidad de un conjunto de datos.

2.1.3f Se promueven actividades para reconocer que la variabilidad de las medias muestrales disminuye a medida que aumenta el tamaño de la muestra.

2.1.3g Se promueven actividades para reconocer las fuentes de variabilidad de los datos.

2.1.3h Se promueven actividades para describir y representar la variabilidad con medidas numéricas.

2.1.3i Se promueven actividades para usar la variabilidad en la comparación de datos.

2.1.4 Centro

2.1.4a Se promueven actividades para comparar las propiedades de la media y la mediana (e.g., actividades para comprender que la media está en algún lugar entre el valor más alto y el más bajo, pero no necesariamente el valor medio de la escala horizontal).

2.1.4b Se promueven actividades para entender por qué y cómo usar las medidas de tendencia central apropiadas para una muestra de datos y para una variable en particular.

2.1.4c Se promueven actividades para comprender que las medidas de centro y las medidas de dispersión se utilizan conjuntamente para comparar grupos (e.g., explorar una distribución gráfica de los datos en términos de su medida de centro y de dispersión).

2.1.4d Se promueven actividades para reconocer la estabilidad de las medidas de centro a medida que aumenta el tamaño de la muestra.

2.1.4e Se promueven actividades para reconocer el papel de la media al hacer inferencias.

2.1.5 Modelos estadísticos

2.1.5a Se promueve probar si los modelos estadísticos representan un buen ajuste en un contexto particular.

2.1.5b Se promueven actividades para comprender que se depende de las características del contexto para guiar la selección y el desarrollo del modelo.

2.1.5c Se promueven actividades para diseñar y usar un modelo que sirva para responder una pregunta estadística.

2.1.5d Se promueven actividades para distinguir entre un modelo, los datos simulados y los datos de la muestra.

2.1.5e Se promueven actividades para comprender que las distribuciones de probabilidad corresponden a datos del mundo real.

2.1.5f Se promueven actividades para usar el modelo de la distribución normal.

2.1.5g Se promueven actividades para utilizar la hipótesis nula como modelo con la que se comparan datos muestrales.

2.1.5h Se promueven actividades para usar la línea de regresión como un modelo útil de relaciones bivariadas entre variables cuantitativas.

2.1.6 Aleatoriedad

2.1.6a Se promueven actividades para entender que en un evento aleatorio se pueden predecir patrones a largo plazo (e.g., al lanzar un dado justo, después de muchos lanzamientos cerca de 1/6 parte de los resultados será 2).

2.1.6b Se promueven actividades para distinguir un evento aleatorio de un evento no aleatorio.

2.1.6c Se promueven actividades para comprender la diferencia entre números aleatorios y números pseudo-aleatorios.

2.1.6d Se promueven actividades para probar la aleatoriedad de los datos mediante el uso de *software*.

2.1.7 Muestreo

2.1.7a Se les pide a los estudiantes examinar las variaciones dentro de una muestra.

2.1.7b Se les pide a los estudiantes examinar las variaciones entre las muestras.

2.1.7c Se promueven actividades para comprender la idea de una muestra aleatoria.

2.1.7d Se promueven actividades para comprender que a medida que la muestra crece, las características se vuelven más estables.

2.1.7e Se promueven actividades para comprender que las muestras aleatorias más grandes tienen más probabilidades de ser representativas de la población que las pequeñas.

2.1.7f Se promueven actividades para comprender que el tamaño de una muestra representativa no está relacionado con un porcentaje particular de la población, sino con el método de muestreo. Una muestra bien elegida debe ser buena, incluso si es un pequeño porcentaje de la población.

2.1.7g Se promueven actividades para comprender que cuando el tamaño de la muestra es lo suficientemente grande, la distribución de las medias sigue aproximadamente una distribución normal.

2.1.8 Inferencia estadística

2.1.8a Se promueven actividades para comprender que las estimaciones se basan en muestras de datos tomados de estudios observacionales y/o experimentales.

2.1.8b Se promueven actividades para entender que el valor-p es un indicador usado para evaluar la fuerza de la evidencia contra una hipótesis en particular.

2.1.8c Se desarrollan actividades para comprender que el valor-p nos ayuda a identificar si un resultado se debe al azar o se debe a un efecto de interés.

2.1.8d Se promueven actividades para hacer inferencias a partir de una muestra de datos simulados.

2.1.8e Se promueven actividades para hacer inferencias que impliquen comparar estadísticos poblacionales con estadísticos muestrales.

2.1.8f Se promueven actividades de inferencia estadística que impliquen el uso de pruebas de hipótesis como evidencia.

2.1.8g Se promueven actividades para comprender que hay diferentes tipos de pruebas estadísticas para hacer inferencias, según las características de los datos.

2.1.8h Se promueve el uso de *software* para realizar correctamente el cálculo de las pruebas estadísticas para hacer inferencias.

2.1.9 Comparación de grupos

2.1.9a Se promueve el uso de gráficas (e.g., cajas, histogramas) para realizar la comparación de grupos.

2.1.9b Se explora la variabilidad de los datos de los grupos comparados mediante las gráficas y el resumen de estadísticos descriptivos.

2.1.9c Se promueve el uso de pruebas estadísticas (e.g., ANOVA, Wilcoxon, Cohen) para realizar comparación de grupos.

2.1.9d Se promueven actividades basadas en el uso de *software* para ayudar a razonar a los estudiantes sobre la comparación de grupos.

2.1.9e Se promueve comprender la idea de que la única forma de mostrar causa y efecto es con un experimento aleatorio.

2.2 Explicar el por qué un resultado se produce o por qué una conclusión es justificada

2.2.1 Usar preguntas que animen a los estudiantes a especular y pensar, y que no necesariamente tengan una respuesta correcta.

2.2.1a Se pide a los alumnos realizar y discutir conjeturas acerca de un problema o conjunto de datos.

2.2.1b Se pide a los alumnos que presenten datos relevantes para probar sus conjeturas.

2.2.1c Se pide a los alumnos usar la tecnología para probar sus conjeturas.

2.2.1d Se promueve que los alumnos reflexionen sobre un resultado estadístico y sus conjeturas previas.

2.2.2 Pedir a los estudiantes que expliquen su razonamiento y justifiquen sus respuestas.

2.2.2a Se pide a los estudiantes que expliquen su razonamiento para justificar una conclusión o un resultado estadístico.

2.2.2b Se promueve que los estudiantes cuestionen las respuestas de sus compañeros.

2.2.2c Se les pide a los alumnos que razonen sobre evidencias estadísticas convincentes.

2.2.3 Distinguir observaciones atípicas y discutir qué hacer.

2.2.3a Se les pide a los alumnos que averigüen si los datos atípicos son valores o errores legítimos.

2.2.3b Se fomenta en los alumnos preguntarse qué le pasaría a los gráficos y a las estadísticas si los datos extremos se eliminaran.

2.3 Desarrollar un entendimiento más profundo y significativo de la estadística

2.3.1 Integrar el uso de herramientas tecnológicas apropiadas que permita a los estudiantes analizar y explorar datos.

2.3.1a Se promueve el uso de herramientas tecnológicas que permitan a los estudiantes analizar y explorar los datos.

2.3.1b Se promueve el uso de la tecnología para que el estudiante desarrolle un entendimiento de conceptos abstractos (e.g., curtosis) a través de la simulación.

2.3.1c Se promueve el uso de la tecnología para que los alumnos enfoquen su atención en la interpretación de resultados en lugar del cálculo de números.

2.3.1d Se promueven actividades para el uso de la tecnología como una forma de comprender ideas estadísticas (e.g., datos, medidas de tendencia central, variabilidad, distribución).

3. Indicadores de pensamiento estadístico.

3.1 Ciclo investigativo

3.1.1 Problema

3.1.1a Se promueve la estadística como un proceso de investigación (plantearse un problema, definir un plan de acción, recolectar y analizar datos, y dar conclusiones) para resolver un problema del mundo real y tomar decisiones.

3.1.1b Se promueve resolver problemas en los que se requiere usar y aplicar métodos estadísticos.

3.1.1c Se pide interpretar los resultados de los métodos estadísticos aplicados en la resolución de problemas.

3.1.1d Se promueve la comprensión de que una pregunta (o problema) estadística anticipa una respuesta basada en datos que varían.

3.1.1e Se promueve diferenciar entre un problema del mundo real (un problema que puede estar en cualquier contexto de la vida) y un problema estadístico (un problema que se resuelve utilizando herramientas estadísticas y datos del problema del mundo real). Por ejemplo, comprender que, ante un problema del mundo real, la estadística proporciona parte de la comprensión necesaria para llegar a una solución.

3.1.1f Se promueve el planteamiento de preguntas estadísticas para resolver problemas del mundo real.

3.1.1g Se promueve que las preguntas que se plantean en clase vayan más allá de los datos recolectados para que se hagan inferencias.

3.1.2 Plan

3.1.2a Se promueve comprender la importancia de los datos para la toma de decisiones.

3.1.2b Se pide reconocer la variabilidad en la recolección de datos (e.g., el efecto de la variabilidad del muestreo).

3.1.2c Se promueven actividades para anticipar el diseño que se requiere para resolver un problema estadístico (e.g., pensar qué se necesita medir y cómo medirlo).

3.1.2d Se pide utilizar el conocimiento del contexto para formular un plan de recolección y análisis de datos.

3.1.3 Datos

3.1.3a Se promueven actividades para comprender que se requieren datos con el objetivo de hacer juicios sobre un problema o situación.

3.1.3b Se promueven la discusión sobre cómo afrontar los problemas relacionados con el levantamiento de los datos (e.g., problemas de gestión).

3.1.3c Se promueven actividades de campo para realizar levantamiento de datos.

3.1.3d Se promueven actividades para realizar búsquedas en internet y adquirir datos de distinta naturaleza.

3.1.3e Se promueven actividades para realizar mediciones y obtener datos a partir de magnitudes físicas.

3.1.4 Análisis

3.1.4a Se promueve analizar la variabilidad en las distribuciones (e.g., interpretar una desviación estándar, un error estándar).

3.1.4b Se promueven actividades de análisis de datos en las que es necesario cuestionarse sobre el problema que generó los datos.

3.1.4c Se promueve el uso de gráficos para analizar los datos.

3.1.4d Se promueve explicar patrones generales y desviaciones que se presentan en los datos.

3.1.4e Se promueve que los alumnos elijan los tipos de gráficos de acuerdo con las variables en estudio.

3.1.4f Se promueve el análisis de herramientas estadísticas para visualizar la variabilidad de los datos.

3.1.4g Se promueven el uso de distribuciones de probabilidad como herramientas de análisis.

3.1.4h Se promueve que los estudiantes comprendan el tipo de análisis estadístico (e.g., correlación, regresión, ANOVA) que se requiere de acuerdo con las características de los datos y el contexto del problema.

3.1.5 Conclusiones

3.1.5a Se promueve interpretar los resultados estadísticos en términos de la variabilidad (e.g., los resultados de una encuesta electoral deben ser interpretados como una estimación que puede variar de una muestra a otra).

3.1.5b Se promueven la generación de conclusiones sobre el problema, integrando el análisis estadístico y el contexto del estudio.

3.1.5c Se pide redactar ideas para que los estudiantes, con base en los resultados estadísticos, propongan maneras diferentes de enfrentar el problema resuelto.

3.1.5d Se pide redactar propuestas para plantearse nuevas preguntas a partir de los hallazgos estadísticos.

3.2 Tipos fundamentales del pensamiento estadístico

3.2.1 Reconocimiento de la necesidad de los datos

3.2.1a Se promueven actividades para comprender que se requieren datos con el objetivo de hacer juicios sobre un problema o situación.

3.2.1b Se promueven actividades en las que exista la necesidad de recolectar datos reales en lugar de utilizar datos anecdóticos o experiencias personales para resolver un problema o juzgar una situación.

3.2.1c Se enfatiza en el uso de datos con el objetivo de responder las preguntas estadísticas.

3.2.2 Transnumeración

3.2.2a Se promueven actividades para transformar los datos brutos en representaciones gráficas, resúmenes estadísticos, etc.

3.2.2b Se promueven actividades para usar distintas representaciones de datos (tablas y gráficas) de acuerdo con las características de estos.

3.2.2c Se promueven actividades que impliquen transformar o re expresar los datos de manera que sirvan para revelar nuevas características sobre los mismos.

3.2.3 Variabilidad

3.2.3a Se promueven actividades para modelar la variación con fines de predicción, explicación o control.

3.2.3b Se pide buscar variabilidad encontrando patrones y relaciones entre variables.

3.2.3c Se promueven actividades para comprender que existen muchas fuentes de variación.

3.2.3d Se promueven actividades para buscar posibles explicaciones de la variabilidad en los datos.

3.2.4 Razonamiento con modelos estadísticos

3.2.4a Se promueven actividades para razonar sobre un conjunto de datos como un grupo en lugar de razonar sobre casos individuales.

3.2.4b Se promueven actividades que permitan usar modelos estadísticos (e.g., gráficas, medidas de centro, medidas de dispersión, intervalos de confianza, valor-p, modelos de regresión o modelos de series de tiempo) para representar y pensar sobre el fenómeno en estudio.

3.2.5 Integración de lo estadístico con el contexto

3.2.5a Se pide concluir un problema estadístico interpretando los resultados estadísticos en términos del contexto del problema.

3.2.5b Se promueve utilizar el conocimiento del contexto en la interpretación de diferentes resultados estadísticos (e.g., resultado de una media, desviación estándar, etc.).

3.3 Ciclo interrogativo

3.3.1 Generar

3.3.1a Se involucra a los estudiantes en la generación de ideas para resolver el problema durante todo el ciclo investigativo.

3.3.2 Buscar

3.3.2a Se involucra a los estudiantes a buscar internamente, o recurrir a fuentes externas, información para resolver el problema durante todo el ciclo de investigación.

3.3.3 Interpretar

3.3.3a Se pide a los estudiantes el uso y procesamiento de los resultados obtenidos durante todo el ciclo investigativo.

3.3.3b Se promueve en el alumno la reflexión sobre la interconexión de las nuevas ideas e información con los modelos mentales existentes y la ampliación de esos modelos mentales para interpretar las interrelaciones entre todas las fases del ciclo investigativo.

3.3.4 Criticar

3.3.4a Se pide revisar la información involucrada durante todo el ciclo de investigación desde puntos de referencia internos (lo que el estudiante sabe) y externos (otras personas, literatura disponible).

3.3.5 Juzgar

3.3.5a Se pide a los estudiantes juzgar la fiabilidad de la información involucrada en la resolución del problema durante todo el ciclo de investigación.

3.3.5b Se pide a los estudiantes juzgar si se requiere más información en la construcción y razonamiento de modelos.

3.4 Disposiciones

3.4.1 Escepticismo

3.4.1a Se promueven actividades para busca defectos lógicos y fácticos al recibir nuevas ideas e información.

3.4.2 Imaginación

3.4.2a Se promueven actividades para ver una situación desde diferentes perspectivas y generar posibles explicaciones.

3.4.3 Curiosidad y conciencia

3.4.3a Se promueve la curiosidad y el descubrimiento.

3.4.4 Apertura

3.4.4a Se promueven actividades en las que se tengan que registrar y considerar nuevas ideas e información que entren en conflicto con las suposiciones de los estudiantes.

3.4.5 Buscar significados más profundos

3.4.5a Se promueven actividades encaminadas a buscar un significado más profundo, de manera que el estudiante comprenda que no debe dar las cosas por hecho y esto los ayude a estar preparados para profundizar.

3.4.6 Ser lógico

3.4.6a Se promueven actividades para construir argumentos lógicos.

3.4.7 Compromiso

3.4.7a Se promueven situaciones de aprendizaje lo suficientemente interesantes como para que los estudiantes se comprometan realmente con ellas.

3.4.8 Perseverancia

3.4.8a Se promueven actividades que fomenten la autodeterminación de los estudiantes en lograr alcanzar los objetivos y metas establecidas.

Anexo F. Instrumento de evaluación elaborado por una docente en formación

Actividad 9. El instrumento de recolección de datos.

Escuela Telesecundaria "Pedro Curie"

Matemáticas I

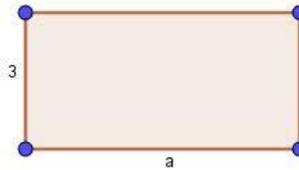
Evaluación Diagnóstica

Alumno (a): _____ Primero "A"

Elaborado por

Instrucciones: Encierra en un recuadro la respuesta correcta para cada caso.

1.- ¿Cuál es el valor de la base de un rectángulo, cuya altura es de 3 cm, si el área del rectángulo es de 18 cm²?



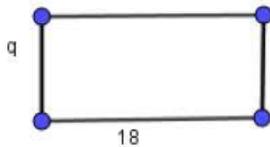
- a) 6cm b) 7cm c) 8cm d) 9cm

2.- ¿Cuánto vale la altura de un rectángulo, cuya base es de 10 cm, si el área del rectángulo es de 20 cm²?



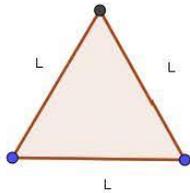
- a) 1 cm b) 4cm c) 5cm d) 2cm

3.- Un terreno mide 18 metros de largo y tiene un área de 126 cm². Si representamos con la letra q el ancho: ¿Cuánto equivale q?



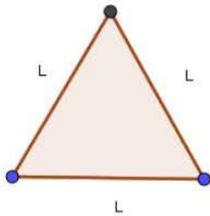
- a) 9cm b) 7cm c) 8cm d) 5cm

4.- Si el perímetro del siguiente triángulo equilátero es de 30 cm, ¿Cuánto vale la medida de su lado?



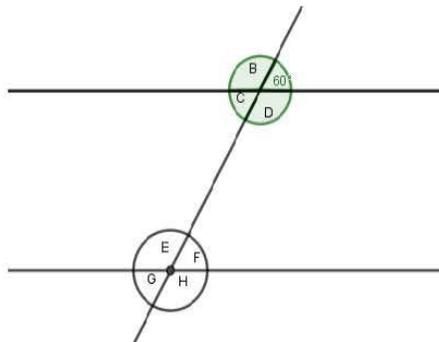
- a) 22cm b) 10cm c) 8cm
d) 15cm

5.- Si el perímetro del siguiente triángulo equilátero es de 80 cm, ¿Cuánto vale la medida de su lado?



- a) 27.1 cm b) 28.9 cm c) 25.4cm
d) 26.6cm

Instrucciones: De la siguiente figura responde lo que se te pide.



6.- ¿Cuánto vale el ángulo F?

- a) 120° b) 140° c) 60° d) 90°

7.- ¿Cuánto vale el ángulo B?

- a) 100° b) 110° c) 180° d) 120°

8.- ¿Qué relación hay entre el ángulo E y C?

- a) Son ángulos alternos externos b) Son ángulos correspondientes
c) Son ángulos alternos internos d) Son ángulos opuestos por el vértice

9.- ¿Qué relación hay entre el ángulo G y B?

- a) Son ángulos opuestos por el vértice b) Son ángulos alternos externos
c) Son ángulos alternos internos d) Son ángulos correspondientes

10.- ¿Cuánto suma el ángulo B y F?

- a) 200° b) 190° c) 180° d) 170°