



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



Caracterización del conocimiento estadístico de un grupo de estudiantes al inicio de su formación como docentes de educación primaria

TESIS DOCTORAL

por

Francisca Manríquez Ubilla

Programa de Doctorado en Educación – ámbito Didáctica de las Matemáticas

bajo la dirección de

Maria Núria Gorgorió Solà

Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals

7 de septiembre de 2022



Caracterización del conocimiento estadístico de un grupo de estudiantes al inicio de su formación como docentes de educación primaria

TESIS DOCTORAL

Doctoranda: Francisca Manríquez Ubilla

Directora: Maria Núria Gorgorió Solà

7 de septiembre de 2022

María Núria Gorgorió Solà, Doctora en Filosofía y Letras (Ciencias de la Educación) por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Catedrática en el Departamento de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB).

HAGO CONSTAR QUE:

La investigación realizada bajo mi dirección por Francisca Manríquez Ubilla, con el título *“Caracterización del conocimiento estadístico de un grupo de estudiantes al inicio de su formación como docentes de educación primaria”*, reúne todos los requerimientos científicos, metodológicos y formales exigidos por la legislación vigente para su Lectura y Defensa pública ante la correspondiente Comisión para la obtención del Grado de Doctor en Educación por la Universitat Autònoma de Barcelona.

POR TANTO, considero procedente autorizar su presentación.

Maria Núria Gorgorió Solà
Bellaterra a 7 de septiembre de 2022

Este trabajo se ha desarrollado con el apoyo de una Beca de Postgrado en el Extranjero financiada por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), cuya referencia es ANID PFCHA/DOCTORADO BECAS CHILE/2018 – 72190313 y en el contexto del proyecto “Estudio de los requisitos de acceso a los Grados de Maestro de Educación Primaria desde la perspectiva del conocimiento matemático”, financiado por la Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España, con referencia EDU2017-82427-R.

El paternalismo es más antiguo que el pensamiento estadístico y los datos secretos son más antiguos que los datos abiertos. Los enemigos tradicionales de la alfabetización estadística han sido los gobiernos autoritarios y la falta de educación pública. Pero para que la democracia funcione, los ciudadanos deben estar bien informados y ser capaces de razonar basándose en hechos.
(Engel et al., 2021, p. 5-6)

Índice de contenidos

<u>PRESENTACIÓN</u>	<u>1</u>
<u>I. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES</u>	<u>7</u>
1.1. ORIENTACIONES PARA LA FORMACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DOCENTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA	7
1.2. CONOCIMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DOCENTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA EN FORMACIÓN	11
1.3. PROYECTOS E INVESTIGACIONES ESTADÍSTICAS EN LA FORMACIÓN INICIAL DOCENTE	13
1.4. EDUCACIÓN ESTADÍSTICA, CONTEXTO SOCIAL Y FORMACIÓN INICIAL DOCENTE	16
<u>II. POSICIONAMIENTO TEÓRICO</u>	<u>19</u>
2.1. CONOCIMIENTO ESTADÍSTICO INICIAL DE LOS FUTUROS DOCENTES DE PRIMARIA	19
2.1.1. OBJETIVOS DE LA EDUCACIÓN ESTADÍSTICA EN LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO	20
2.1.2. CONOCIMIENTO ESTADÍSTICO INICIAL	21
2.2. SENTIDO ESTADÍSTICO	26
2.2.1. ALFABETIZACIÓN ESTADÍSTICA	27
2.2.2. RAZONAMIENTO ESTADÍSTICO	31
2.2.3. PENSAMIENTO ESTADÍSTICO	34
2.3. EDUCACIÓN ESTADÍSTICA CÍVICA	38
<u>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</u>	<u>46</u>
<u>IV. MÉTODOS</u>	<u>53</u>
4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	53
4.2. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS	54
4.2.1. RESPONDIENDO CON DATOS NUESTRAS PREGUNTAS	55

4.2.2. DE UN CONJUNTO DE DATOS A UNA NOTICIA	55
4.2.3. TRANSICIÓN Y COMPARACIÓN DE INSTRUMENTOS	57
4.3. OBTENCIÓN DE DATOS	59
4.3.1. PARTICIPANTES	59
4.3.2. RECOGIDA DE DATOS	60
4.4. ANÁLISIS	62
4.4.1 ANÁLISIS DE LOS CICLOS DE INVESTIGACIÓN	62
4.4.2 ANÁLISIS DE LOS CICLOS DE APRENDIZAJE A PARTIR DE LOS DATOS	65
<u>V. PUBLICACIONES</u>	<u>70</u>
5.1. RELACIÓN DE LAS PUBLICACIONES CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	70
5.2. ARTÍCULOS	73
5.2.1. SANTIAGO-VILLARRICA-BARCELONA: THE STATISTICAL INVESTIGATIVE CYCLE IN PRIMARY EDUCATION TEACHER TRAINING	73
5.2.2. SOBRE CÓMO TRANSITAN LOS FUTUROS MAESTROS POR EL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA: ORIENTACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS ESTADÍSTICOS	74
5.2.3 FROM A SOURCE OF REAL DATA TO A BRIEF NEWS REPORT: INTRODUCING FIRST- YEAR PRESERVICE TEACHERS TO THE BASIC CYCLE OF LEARNING FROM DATA	75
5.2.4. ¿QUÉ ROL JUEGAN LOS DATOS EN EL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA?	76
5.3. PUBLICACIONES EN ACTAS DE CONGRESOS CON PROCESO DE REVISIÓN POR PARES	77
5.3.1. THE INVESTIGATIVE CYCLE: DEVELOPING A MODEL TO INTERPRET WRITTEN STATISTICAL REPORTS OF PRE-SERVICE PRIMARY SCHOOL TEACHERS	77
5.3.2. COMPONENTES DEL SENTIDO ESTADÍSTICO IDENTIFICADOS EN UN CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA DESARROLLADO POR FUTURAS MAESTRAS DE PRIMARIA	78
5.3.3. DE LA TAULA DE DADES A UNA NOTÍCIA	79
5.3.4. WHAT MEANING DO FUTURE ELEMENTARY SCHOOLTEACHERS ATTACH TO THE NUMBERS THAT APPEAR IN A EUROSTAT DATABASE?	80

5.3.5. WHAT KINDS OF QUESTIONS ARE FORMULATED BY A GROUP OF STUDENT TEACHERS WHEN DEALING WITH DATA REPRESENTATIONS THAT ADDRESS SOCIAL ISSUES?	81
<u>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	<u>83</u>
6.1. CARACTERIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO INICIAL EN ESTADÍSTICA DESDE EL ROL DE PRODUCTORES DE DATOS	83
6.2. CARACTERIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO INICIAL EN ESTADÍSTICA DESDE EL ROL DE PRODUCTORES DE DATOS	93
6.3. EL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA: PRODUCTORES VS CONSUMIDORES DE DATOS	98
<u>VII. CONCLUSIONES</u>	<u>105</u>
7.1. APORTACIONES TEÓRICAS	105
7.2 IMPLICACIONES DIDÁCTICAS	115
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	<u>122</u>
<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>125</u>

Índice de figuras

FIGURA 1. RESUMEN Y RELACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS MODELOS DE CONOCIMIENTO PARA LA ENSEÑANZA.	24
FIGURA 2. RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS A LAS DESTREZAS PRESENTES EN LA ALFABETIZACIÓN ESTADÍSTICA Y SUS NIVELES DE COMPRENSIÓN.	29
FIGURA 3. CICLO DE APRENDIZAJE A PARTIR DE LOS DATOS (IDSSP, 2019, p. 8)	36
FIGURA 4. SENTIDO ESTADÍSTICO ENTENDIDO DESDE LA INCLUSIÓN JERÁRQUICA DE ALFABETIZACIÓN, RAZONAMIENTO Y PENSAMIENTO ESTADÍSTICOS (UBILLA Y GORGORIÓ, 2021, p. S111)	38
FIGURA 5. COMPONENTES DEL SENTIDO ESTADÍSTICO EN UN CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA (UBILLA, 2019, p. 591)	49
FIGURA 6. RELACIÓN ENTRE EL SENTIDO ESTADÍSTICO, CICLO DE INVESTIGACIÓN, ROLES DE LOS FUTUROS DOCENTES Y LOS OBJETIVOS DE LA TESIS	51
FIGURA 7. INSTRUMENTOS 1: RESPONDIENDO CON DATOS NUESTRAS PREGUNTAS (UBILLA ET AL., 2021B, p. 6)	55
FIGURA 8. INSTRUMENTO 2: DE UNA TABLA DE DATOS A UNA NOTICIA (UBILLA Y GORGORIÓ, 2021, p. S112)	57
FIGURA 9. TRANSCRIPCIÓN DEL TEXTO DE LOS INFORMES.	63
FIGURA 10. UBICACIÓN DE LOS GRUPOS EN LAS CATEGORÍAS.	64
FIGURA 11. RECUENTO POR CATEGORÍA E INSTITUCIÓN.	65
FIGURA 12. EJEMPLO DEL PROCESO DE ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS A LA TAREA 2.	67
FIGURA 13. EJEMPLO DEL PROCESO DE ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS A LA TAREA 4.	68
FIGURA 14. CARACTERIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO ESTADÍSTICO INICIAL DEL GRUPO DE ESTUDIANTES DEL GRADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA UAB CUANDO ACTÚAN COMO PRODUCTORES DE DATOS (UBILLA Y GORGORIÓ, 2021B (p. 1767-1768)	86

<u>FIGURA 15. PORCENTAJE DE GRUPOS DE LA UAB QUE TRANSITAN ENTRE ACCIONES DE LAS DISTINTAS FASES (UBILLA Y GORGORÍO, 2021B, P. 1770).</u>	86
<u>FIGURA 16. PORCENTAJE DE GRUPOS DE SCL, VLR Y UAB QUE LLEVAN A CABO LAS DISTINTAS ACCIONES QUE CARACTERIZAN LA FASE PROBLEMA DEL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA.</u>	88
<u>FIGURA 17. PORCENTAJE DE GRUPOS DE SCL, VLR Y UAB QUE LLEVAN A CABO LAS DISTINTAS ACCIONES QUE CARACTERIZAN LA FASE PLAN DEL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA.</u>	89
<u>FIGURA 18. PORCENTAJE DE GRUPOS DE SCL, VLR Y UAB QUE LLEVAN A CABO LAS DISTINTAS ACCIONES QUE CARACTERIZAN LA FASE DATOS DEL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA.</u>	90
<u>FIGURA 19. PORCENTAJE DE GRUPOS DE SCL, VLR Y UAB QUE LLEVAN A CABO LAS DISTINTAS ACCIONES QUE CARACTERIZAN LA FASE ANÁLISIS DEL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA.</u>	91
<u>FIGURA 20. PORCENTAJE DE GRUPOS DE SCL, VLR Y UAB QUE LLEVAN A CABO LAS DISTINTAS ACCIONES QUE CARACTERIZAN LA FASE CONCLUSIONES DEL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA.</u>	91
<u>FIGURA 21. PORCENTAJE DE GRUPOS DE SCL, VLR Y UAB QUE LLEVAN A CABO LAS DISTINTAS ACCIONES QUE CARACTERIZAN LA FASE REFLEXIÓN DEL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA.</u>	92
<u>FIGURA 22. TRÁNSITO POR LAS FASES DEL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA EN BCN, VLR Y SCL.</u>	93
<u>FIGURA 23. CANTIDAD DE PREGUNTAS SEGÚN PROPÓSITO Y POSIBILIDAD DE SER RESPONDIDAS CON LOS DATOS Y REPRESENTACIONES ENTREGADAS.</u>	98
<u>FIGURA 24. CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA COMO PRODUCTORES DE DATOS EN EL CONTEXTO EDUCATIVO (UBILLA, 2021, P. 65).</u>	99
<u>FIGURA 25. CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA COMO CONSUMIDORES DE DATOS.</u>	100
<u>FIGURA 26. TIPOLOGÍA DE PREGUNTAS EN LOS CICLOS DE INVESTIGACIÓN GENERADOS DES EL ROL DE PRODUCTORES Y DE CONSUMIDORES DE DATOS CON CARACTERÍSTICAS DE LA ESTADÍSTICA CÍVICA (A PARTIR DE UBILLA Y GORGORÍO, EN PRENSA).</u>	103

FIGURA 27. ACCIONES, PROCESOS DE RAZONAMIENTO Y ARTICULACIÓN DE IDEAS IDENTIFICADAS EN LOS CICLOS DE INVESTIGACIÓN DE LOS FUTUROS DOCENTES COMO PRODUCTORES DE DATOS Y COMO CONSUMIDORES DE DATOS (UBILLA, 2021). 113

FIGURA 28. INDICACIONES PARA EL MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA (ADAPTACIÓN A PARTIR DE UBILLA Y GORGORIO (2021A)). 119

Índice de tablas

<u>TABLA 1. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO QUE ENSEÑARÁ ESTADÍSTICA (FRANKLIN ET AL., 2015).</u>	20
<u>TABLA 2. TIPOS DE RAZONAMIENTOS DESEABLES EN EL ESTUDIANTADO IDENTIFICADOS POR GARFIELD (2002)</u>	32
<u>TABLA 3. CARACTERIZACIÓN DE LAS FACETAS QUE COMPONEN EL MARCO DE CONOCIMIENTO Y HABILIDADES PARA LA ESTADÍSTICA CÍVICA.</u>	43
<u>TABLA 4. ETAPAS, INSTRUMENTOS, RECOGIDA DE DATOS Y PARTICIPANTES.</u>	59
<u>TABLA 5. PUBLICACIONES GENERADAS DURANTE EL DESARROLLO DE LA TESIS DOCTORAL.</u>	70
<u>TABLA 6. ACCIONES QUE CARACTERIZAN EL CONOCIMIENTO ESTADÍSTICO INICIAL DE LOS PARTICIPANTES CUANDO ACTÚAN COMO PRODUCTORES DE DATOS (UBILLA ET AL., 2019; UBILLA ET AL., 2021B; UBILLA Y GORGORÍO, 2021B).</u>	84
<u>TABLA 7. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES EN TABLAS Y GRÁFICOS.</u>	94
<u>TABLA 8. IDENTIFICACIÓN DE VALORES DE VARIABLES EN TABLAS Y GRÁFICOS.</u>	95
<u>TABLA 9. TIPIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE IDENTIFICARON EN TABLAS Y GRÁFICOS.</u>	96
<u>TABLA 10. TIPOS DE PREGUNTAS QUE SURGIERON AL LEER REPRESENTACIONES EN EL CONTEXTO DE LA ESTADÍSTICA CÍVICA.</u>	96

Presentación

En esta tesis doctoral abordamos, desde la perspectiva del sentido estadístico, la caracterización del conocimiento estadístico de un grupo de estudiantes que comienzan su formación como docentes de educación primaria. Partimos de la idea de que quienes ingresan a una carrera universitaria han estudiado, en diferente profundidad, estadística durante su educación obligatoria. Por tanto, los estudiantes que inician el Grado de Educación Primaria traen consigo un “bagaje de conocimientos de estadística” que nos interesa identificar con tal de saber cuál es el punto de partida para su formación como futuros docentes de primaria. Gran parte de las investigaciones existentes sobre el conocimiento estadístico de los futuros docentes se centran en identificar qué conceptos y procedimientos estadísticos aplican cuando analizan un conjunto de datos después de haber recibido clases de estadística en el marco del programa de formación. Estas investigaciones han sido un gran aporte, identificando errores en torno al cálculo, lectura e interpretación de representaciones estadísticas. Sin embargo, no informan sobre la manera en qué los docentes en formación desarrollan los procesos de resolución de problemas estadísticos.

La estadística es una disciplina basada en gran medida en las matemáticas, pero metodológicamente distinta, con sus propias prácticas y hábitos mentales (Weiland, 2017). Desde esta mirada, en esta tesis caracterizamos el conocimiento estadístico de un grupo de futuros docentes de educación primaria cuando desarrollan un ciclo de investigación estadística (Wild y Pfannkuch, 1999). Queremos conocer cómo llevan a cabo procesos de resolución de problemas que van más allá de un simple proceso de análisis de datos, fijándonos en el desarrollo del quehacer propio de la estadística que comienza con el planteamiento de una problemática y/o pregunta de investigación para finalizar en la generación y comunicación de conclusiones.

La principal contribución teórica de esta tesis es la información que aporta sobre el tipo de preguntas estadísticas que plantean los futuros docentes, sobre cómo diseñan sus instrumentos de recogida de datos y qué características tienen estos instrumentos, cómo utilizan conceptos y procedimientos estadísticos, cómo interpretan sus resultados y generan

conclusiones y cómo comunican sus conclusiones. Además, desde el punto de vista de la innovación en la formación inicial del profesorado, esta investigación nos ha permitido reflexionar sobre cómo construir puentes entre el conocimiento inicial de los estudiantes y las propuestas didácticas de las asignaturas a las cuales deberán enfrentarse durante su formación.

Desarrollamos dos actividades que nos sirvieron como instrumentos de recogida de datos para llegar a caracterizar este conocimiento inicial. Ambas parten de una base de construcción común – el ciclo de investigación estadística – pero se diferencian en el tipo de datos que utilizan los futuros docentes. En el primer instrumento los estudiantes recogen sus propios datos, mientras que en el segundo trabajan con datos y representaciones gráficas procedentes de una fuente externa que abordan temáticas sociales. Además de permitirnos dar respuesta a nuestros objetivos, estas similitudes y diferencias nos han permitido reflexionar sobre las potencialidades y limitaciones de ambos instrumentos para la enseñanza de la estadística, no solo en la formación inicial de docentes, sino también en diferentes contextos escolares.

Presentamos esta tesis doctoral para acceder al grado de Doctor en Educación en el ámbito de Didáctica de las Matemáticas por la Universitat Autònoma de Barcelona bajo la modalidad de compendio de publicaciones¹. Constituyen este compendio tres artículos de investigación en revistas de prestigiosa valía y un artículo de investigación e innovación. Es importante mencionar que en todas mis aportaciones científicas firmo como F.M. Ubilla. El Cuadro 1 muestra las referencias de cada artículo, así como la información sobre la indexación de las revistas.

Cuadro 1. Lista de publicaciones asociadas a la tesis doctoral

Referencia	Indexación	Editorial
Ubilla, F.M., Vázquez, C., Rojas, F. y Gorgorió, N. (2021). Santiago – Villarrica – Barcelona: The statistical investigative cycle in primary education teacher training. <i>Statistics Education Research Journal</i> , 20(2). https://doi.org/10.52041/serj.v20i2.392	. SCOPUS . SJR	International Association for Statistical Education (IASE)

¹ <https://centresderecerca.uab.cat/doctoratededucacio/content/-tesis-por-compendio>

Ubilla, F.M. y Gorgorió, N. (2021). Sobre cómo transitan los futuros maestros por el ciclo de investigación estadística: orientaciones para la implementación de proyectos estadísticos. <i>BOLEMA-Boletim de Educação Matemática</i> , 35(71). https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n71a24	. SCOPUS . SJR . SSCI	Pro-Rectoría de la UNESP - PROPe/UNESP
Ubilla, F.M. & Gorgorió, N. (2021). From a source of real data to a brief news report: Introducing first- year preservice teachers to the basic cycle of learning from data. <i>Teaching Statistics</i> ,(43), S110–S123. https://doi.org/10.1111/test.12246	. SCOPUS . Web of Science . SJR	Wiley - Blackwell
Ubilla, F. M. (2021). ¿Qué rol juegan los datos en el ciclo de investigación estadística? <i>Uno. Revista de didáctica de las matemáticas</i> , (91), 63-68.	LATINDEX CARHUS Plus+ 2018	Graó

Además, durante los cuatro años de mi doctorado (2018 - 2022) he participado en varios foros académicos de carácter nacional e internacional, con distintas comunicaciones relacionadas con la tesis que han sido publicadas en las actas de sendos congresos tal como se muestra en la Cuadro 2.

Cuadro 2. Publicaciones vinculadas a la tesis presentadas en congresos durante el periodo académico 2018-22

Referencia	Congreso
Ubilla, F. (2019). <i>Componentes del sentido estadístico identificados en un ciclo de investigación estadística desarrollado por futuras maestras de primaria</i> . En J.M. Marbán, M. Arce, A. Maroto, J.M. Muñoz-Escolan y Á. Alsina. (Eds.) <i>Investigación en Educación Matemática XXIII</i> . Valladolid, España: Universidad de Valladolid, pp. 583-592.	XXIII Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática

<p>Ubilla, F., Gorgorió, N. & Prat, M. (2019). <i>The investigative cycle: developing a model to interpret the written statistical reports of pre-service primary school teachers</i>. En U.T. Jankvist, M. Van den Heuvel-Panhuizen y M. Veldhuis (Eds.), <i>Proceedings CERME11</i>. Utrecht, Netherlands: Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Utrecht University and ERME.</p>	<p>The 11th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME11)</p>
<p>Ubilla, F.M., Gorgorió, N. y Albarracín, L. (2021) <i>De una tabla de datos a una noticia: la educación estadística en la formación de maestros de primaria</i>. Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació (CIDUI). (29 de junio al 2 de julio de 2021).</p>	<p>Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació (CIDUI).</p>
<p>Ubilla, F.M. & Gorgorió, N. (2021). What meaning do future elementary schoolteachers attach to the <i>numbers</i> that appear in a Eurostat database? IASE Satellite Conference (from August 30 to September 4)</p>	<p>IASE 2021 Satellite Conference: Statistics Education in the Era of Data Science</p>
<p>Ubilla, F.M & Gorgorió, N. (en prensa). What kinds of questions are formulated by a group of student teachers when dealing with data representations that address social issues? International Conference of Teaching Statistics (ICOTS-11), Rosario, Argentina (11-16 September 2022)</p>	<p>11th International Conference of Teaching Statistics (ICOTS-11)</p>

Esta memoria que se presenta para la obtención del grado de doctora está organizada en capítulos siguiendo globalmente el esquema tradicional para este tipo de documentos: *Capítulo I, Justificación de la investigación y antecedentes; Capítulo II, Posicionamiento teórico* organizado alrededor de tres ejes – conocimiento matemático fundamental, sentido estadístico y educación estadística cívica; *Capítulo III, Planteamiento del problema y objetivos de la investigación; Capítulo IV, Metodología* –diseño e implementación de los instrumentos de recogida de datos y descripción del proceso de análisis. Es importante notar que en el *Capítulo V* – Publicaciones se presentan los artículos que constituyen el compendio junto con las presentaciones a congresos publicadas en actas y la relación entre cada una de

ellas con los objetivos de investigación. En el *Capítulo VI – Resultados y discusión* se presenta una síntesis de los resultados de esta tesis, su discusión; y el documento acaba en el *Capítulo VII, Conclusiones* – aportaciones teóricas e implicaciones didácticas.

I. Justificación y antecedentes

En este capítulo presentamos la justificación y los antecedentes de nuestra investigación. Justificamos nuestra investigación a partir de las orientaciones relativas a la formación estadística de los docentes de educación primaria. Al presentar los antecedentes, exponemos en primer lugar algunas investigaciones en torno a la caracterización del conocimiento estadístico de docentes en formación. A continuación revisamos estudios en torno al desarrollo de proyectos o investigaciones estadísticas durante la formación inicial. Finalizamos la presentación de antecedentes con algunas investigaciones que incorporan el uso de datos reales y temáticas sociales en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la estadística durante la formación del profesorado. Exponemos ahora de manera general aquellas investigaciones que sustentan el problema de investigación de la tesis doctoral, mientras que en cada una de las distintas publicaciones asociadas se presentan, de manera específica, los antecedentes pertinentes.

1.1. Orientaciones para la formación estadística de los docentes de educación primaria

A partir de la reflexión sobre nuestra práctica docente en la formación del profesorado de primaria y observando las orientaciones derivadas de la reciente investigación en educación estadística, nos damos cuenta de que el futuro profesorado de primaria tendrá que enseñar estadística de una forma diferente a como la aprendió. Por un lado, los currículos de educación primaria, tanto de Chile (Ministerio de Educación de Chile [MINEDUC], 2018) como de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 2017), enfatizan la resolución de problemas estadísticos que involucren el planteamiento de preguntas, la recolección y el análisis de datos y la generación de conclusiones. Por otro lado, a nivel internacional, en el documento *Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education (Pre-k-12 GAISE)* respaldado por la *American Statistical Education*, Franklin et al. (2007) presentan orientaciones para la enseñanza de la estadística durante la educación obligatoria (desde

educación infantil hasta bachillerato). Este documento plantea la alfabetización estadística como el objetivo principal de la enseñanza y aprendizaje de la estadística, con la finalidad de formar ciudadanas y ciudadanos capaces de comprender y analizar críticamente la información estadística presente en los medios de comunicación. Los autores del documento proponen también que la resolución de problemas estadísticos se organice en torno al planteamiento de preguntas, la recolección y el análisis de datos y la interpretación de resultados.

Recientemente, se ha publicado una actualización de este documento bajo el nombre *Pre-K-12 GAISE II* (Bargagliotti et al., 2020) que pone de relieve la importancia de una alfabetización estadística que tenga en cuenta la diversidad de formato de los datos. En comparación al GAISE I, el GAISE II aborda la necesidad de: a) plantear preguntas durante todo el proceso de resolución de problemas, b) abordar la complejidad de los datos e incluir tipos de variables no tradicionales en los medios de comunicación, c) desarrollar el pensamiento multivariado y probabilístico, d) incorporar el uso de tecnología en la resolución de problemas y e) tener en cuenta la importancia de la claridad en la comunicación de información estadística. Lo anteriormente expuesto nos lleva a plantear qué implicaciones tiene esta evolución en la enseñanza de la estadística para la formación del profesorado.

En el contexto chileno, los Estándares para Carreras de Pedagogía en Educación General Básica (MINEDUC, 2020) para el tema de datos y probabilidades establecen que los futuros docentes deben egresar sabiendo plantear preguntas abordables mediante la recolección y análisis de datos, considerando la variabilidad como un elemento transversal en la estadística. Además deben saber generar, diseñar y gestionar este tipo de instancias educativas con sus estudiantes. Por otro lado, a nivel internacional el documento *Statistical Education of Teachers* (SET) (Franklin et al., 2015) sigue la línea del GAISE I, centrando sus orientaciones en la formación inicial y continua del profesorado. Este documento parte de la idea de que el profesorado debe ser capaz de reconocer las características diferenciadoras de la estadística con respecto a las matemáticas, considerando principalmente la importancia de la presencia de la variabilidad y el rol del contexto en la resolución de problemas estadísticos. Debido a que el documento SET se basa en la propuesta del GAISE I, esperaríamos que su actualización incorporase para la formación del profesorado los cambios propuestos en el GAISE II.

Consideramos que la formación de docentes de educación primaria debería evolucionar en función de las orientaciones y estándares propuestos para esta carrera y en función del currículo propuesto para la enseñanza primaria, e incluso anticipársele. Por ello, los futuros docentes deberían tener la oportunidad de reflexionar sobre su propio aprendizaje en estadística, y a la vez, vivir experiencias de enseñanza de la estadística que pudiese en un futuro desarrollar con su propio estudiantado. Siguiendo las recomendaciones de los documentos SET y GAISE II, creemos necesario orientar la formación de los futuros docentes de educación primaria hacia experiencias que les permitan aprender, enseñar y actuar conforme a la esencia de la estadística, lo cual incluye poner de relieve la importancia del contexto en esta disciplina.

Uno de los problemas a los cuales se enfrenta la estadística como contenido de aprendizaje es que forma parte del currículo de matemáticas, por lo que su enseñanza está a cargo de profesores especialistas en matemáticas y está orientada por procesos más cercanos al pensar matemático que al estadístico (Weiland, 2019). Por otra parte, Zapata-Cardona (2016) expone la problemática que genera la dicotomía entre el conocimiento estadístico escolar y el mundo de los estudiantes, enfatizando que la enseñanza de la estadística suele darse de manera fragmentada, focalizada en la enseñanza de procedimientos y desconectada del contexto en el cual se produce dicho conocimiento.

Por todo lo anteriormente expuesto y partiendo de nuestra experiencia como docentes, consideramos que el futuro profesorado debería desarrollar habilidades que le permitiesen ser consumidor y productor de datos en la sociedad actual. Esto implica que los docentes deberían comprender y usar conceptos y procedimientos estadísticos (Garfield y Ben-Zvi, 2008), ser capaces de explicar por qué y cómo se conectan dichos conceptos (del Mas, 2002) y saber cuándo y por qué utilizar determinados procedimientos (Garfield y Ben-Zvi, 2008). Estas competencias deberían desarrollarse en situaciones de aprendizaje que involucrasen un contexto relevante y cercano al estudiantado puesto que “la estadística requiere un tipo de pensamiento diferente, porque los datos no son sólo números, son números con un contexto” (Cobb y Moore, 1997, p.801).

Partiendo del hecho de que muchas de las tareas que se presentan al estudiantado solo involucran cálculos o procedimientos mecánicos descontextualizados, Weiland (2016) propone considerar el contexto en las tareas estadísticas, ya que el contexto es relevante tanto

para la enseñanza de conceptos y procedimientos estadísticos, como para promover la formación de los docentes como ciudadanos y ciudadanas. Los docentes deberán ejercer su ciudadanía dentro y fuera del aula y deberán promover la formación ciudadana de sus futuros estudiantes. Esta mirada nos ha llevado a alinearnos con los planteamientos de la estadística cívica (ProCivicStat, 2018), la cual plantea el diseño de actividades que permitan abordar temáticas sociales en el aula. De esta forma, el futuro profesorado puede interpretar la estadística como una herramienta que le permite tomar decisiones en su vida cotidiana, cuestionar las estructuras de poder y actuar para cambiar el (su) mundo (Lesser, 2007). Así, siguiendo a Weiland (2017) consideramos que la formación de los docentes de primaria debe generar oportunidades para que aprendan a leer el mundo a través de la estadística, utilizando las estadísticas como un lente que permite una nueva visión del mundo. También debe generar oportunidades para que aprenda a escribir el mundo a través de la estadística, no solo produciendo y analizando datos, sino también utilizando la estadística para actuar y cambiar el contexto descrito por los datos.

Promover este enfoque de la enseñanza de la estadística en la formación del profesorado requiere conocer e identificar cuál es la forma en que “hacen” estadística las personas que ingresan a estos programas de formación. Cuando el estudiantado ingresa al Grado de Educación Primaria trae consigo conocimientos de estadística, así como una manera de entender y utilizar la estadística. Conocer esta estructura de conocimiento estadístico puede orientarnos en el diseño y la mejora de la docencia. Insistimos en que no solo nos interesa qué saben y cómo utilizan conceptos y procedimientos estadísticos, sino también de qué forma utilizan la estadística para resolver cuestiones que se plantean, tanto en el aula como fuera de ella. Conocer y caracterizar la manera en que razonan y piensan estadísticamente nos aporta información no solo para abordar errores, tanto conceptuales como procedimentales, sino también para diseñar actividades de enseñanza más cercanas a la propia naturaleza de la estadística que les permitan para ampliar y consolidar sus conocimientos.

Con tal de conocer cómo opera el conocimiento estadístico de quienes ingresan al Grado de Educación Primaria, diseñamos dos instrumentos. El primero de ellos les sitúa en una posición de productores de datos, puesto que deben recoger sus propios datos para resolver una pregunta de investigación. En el segundo, deben tomar una postura de

consumidores de datos, planteándose preguntas a partir de representaciones y datos que provienen de una fuente externa y que abordan temáticas sociales. Siguiendo los lineamientos del documento SET, ambas actividades basan su diseño en el ciclo de investigación estadística de Wild y Pfannkuch (1999). En la primera los estudiantes trabajan con datos de primer orden y en la segunda trabajan con datos de segundo orden que incorporan temáticas propias de la estadística cívica. La parte empírica de la tesis que presentamos en esta memoria consistió en desarrollar ambas actividades con un grupo de estudiantes que iniciaban su formación como docentes de educación primaria. Así, recogimos los datos que nos permitieron dar respuesta al objetivo general de la tesis, es decir caracterizar, desde la perspectiva del sentido estadístico, el conocimiento estadístico inicial de un grupo de futuros docentes de educación primaria cuando desarrollan un ciclo de investigación estadística.

1.2. Conocimiento estadístico de los docentes de educación primaria en formación

Algunas investigaciones abordan el conocimiento estadístico del futuro profesorado de primaria en relación a conceptos elementales de la disciplina. Así, Godino et al. (2008) en una investigación desarrollada con un grupo de estudiantes para maestro que habían hecho un curso previo de estadística descriptiva de 20 horas, observaron que la mayoría de ellos al desarrollar un problema sobre aleatoriedad construyeron tablas de frecuencias, elaboraron un gráfico incorrecto o no elaboraron ningún gráfico y calcularon la media, pero sin llegar a ninguna conclusión a partir de dicho cálculo. Por otra parte, Estrada et al. (2004) para evaluar el conocimiento de futuros docentes de primaria utilizaron un cuestionario sobre conceptos estadísticos elementales para la enseñanza de la estadística en educación primaria. Estos autores observaron que los futuros docentes tienen problemas para identificar y reconocer el concepto de valor atípico, para reconocer la posición de medidas de centralización en una muestra asimétrica y confunden los conceptos de correlación y causalidad. Anasagasti y Berciano (2012) encontraron resultados similares cuando evaluaron el conocimiento inicial sobre conceptos básicos de estadísticas mediante un cuestionario. Entre sus resultados destacan el hecho de que los estudiantes son capaces de leer gráficos, pero sin interpretarlos,

y que son capaces de calcular la media, pero no logran comprender el concepto. Constatan también que son habituales los errores de comprensión del concepto de dispersión, y las dificultades para identificar medidas de centralización en una distribución asimétrica.

Arteaga y sus colaboradores han investigado profundamente el conocimiento del profesorado de primaria en formación en torno a gráficos estadísticos (Arteaga, 2008; Arteaga et al., 2011; Díaz-Levicoy et al., 2018). Los participantes en la investigación de Arteaga et al. (2015) eran estudiantes de segundo año del grado de educación primaria y habían cursado 20 horas de estadística descriptiva el curso anterior. Desarrollaron un proyecto en torno a un experimento aleatorio, en base al cual debían recolectar datos, comparar distribuciones y generar conclusiones para responder a una pregunta dada previamente. A partir del análisis cualitativo de los informes escritos entregados por los grupos de estudiantes, Arteaga et al. (2015) observaron que la mayoría construyeron y utilizaron gráficos para desarrollar la tarea, pese a que esta no lo solicitaba. Además, la mayoría de estudiantes construyeron gráficas con un alto nivel de complejidad semiótica, produciendo gráficos separados o juntos para comparar distribuciones. En cuanto a la lectura de gráficos, al plantear sus conclusiones, el 30% de estudiantes no hizo referencia a los gráficos que habían construido. Solo un 21% de los estudiantes alcanzaron un nivel de lectura más allá de los datos que involucra la comparación de medias, moda y mediana y la comparación de la dispersión entre distribuciones, sin embargo, no conectaron los conceptos de medidas de centralización y dispersión. En este mismo estudio, Arteaga et al. (2015), los autores observaron que la mayoría de los grupos no generaron conclusiones, o bien, generaron conclusiones incorrectas, mientras que las conclusiones que se generaron fueron una lectura literal de los datos. A partir de una prueba chi-cuadrado, Arteaga et al. (2015) concluyeron que la construcción de gráficas ayuda a la generación de conclusiones correctas y que en presencia de un gráfico de alta complejidad semiótica los estudiantes también generaron conclusiones correctas. Siguiendo en el mismo contexto, Arteaga et al. (2016) identificaron los errores que comete un grupo de estudiantes del grado de educación primaria cuando construyen gráficos estadísticos. En este estudio detectaron que más de la mitad de los estudiantes construyeron gráficos con algún tipo de error: errores en las escalas de los gráficos, falta de proporcionalidad entre las frecuencias, utilización de gráfico no adecuado

para los datos, e intercambio de los valores de la variable y su frecuencia en los ejes del gráfico, entre otros.

1.3. Proyectos e investigaciones estadísticas en la formación inicial docente

Mientras que en el apartado anterior hemos revisado algunas investigaciones que abordan el conocimiento estadístico de los futuros docentes de primaria en relación a conceptos elementales de la disciplina, en este nos centramos en una forma particular que puede tomar la formación en estadística de los docentes: el desarrollo de proyectos e investigaciones estadística.

Entre los estudios que caracterizan el conocimiento del futuro profesorado de primaria cuando desarrollan investigaciones estadísticas nos encontramos el trabajo de Santo y da Ponte (2013). Dichos autores estudiaron de qué forma interpretaban las medidas de centralización un grupo de estudiantes para maestros en Portugal, observando que la mayoría de ellos no interpretaron las medidas de centralización que habían utilizado. En contraposición, aquellos grupos que interpretaron las medidas de centralización a partir del contexto en que desarrollaron su investigación, presentaron una comprensión adecuada de estos indicadores estadísticos. Por otro lado, Rivas et al. (2018, 2019a, 2019b) propusieron a un grupo de maestros en formación el desarrollo de un proyecto que implicaba analizar datos. En sus estudios observaron que el desarrollo de este tipo de proyectos estadísticos durante la formación del profesorado permite contextualizar conceptos de estadística descriptiva. Además, Rivas et al. (2019b) observaron que el uso de tecnologías, en este caso la hoja de Excel, resultaba un proceso complejo para los futuros docentes, ya que estos tenían un bajo conocimiento no solo de los conceptos estadísticos implicados, sino también del lenguaje y del uso de este programa. Por otra parte, en Rivas et al. (2018) identificaron que, si bien los futuros docentes lograron calcular medidas de centralización y dispersión y diseñaron gráficos de barra mediante la herramienta Excel, no lograron profundizar en su razonamiento estadístico sobre estos conceptos.

Por otro lado, Anasagasti y Berciano (2016, 2017) diseñaron y desarrollaron un módulo de enseñanza con un grupo de estudiantes en formación del grado de educación primaria en base a la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Este módulo inicia con clases de teoría y ejercitación sobre conceptos básicos estadísticos, para luego dar paso a que los futuros docentes planteen y resuelvan sus propias preguntas de investigación, mediante el diseño, recolección, análisis e interpretación de sus resultados, además de presentar sus conclusiones frente al curso. Después de desarrollar este módulo, Anasagasti y Berciano (2016) analizaron las respuestas del estudiantado al evaluar el desarrollo del módulo. Entre los resultados, destacaron que el alumnado consideró el proceso de investigación atractivo y motivador, ya que les permitió vivenciar una experiencia de aula poco común en el contexto de la enseñanza de la estadística. Además, los autores resaltan que este tipo de actividades promueve la competencia comunicativa del estudiantado puesto que tienen que comunicar sus conclusiones. Siguiendo esta línea, Anasagasti et al. (2022) presentaron un estudio de caso con tres estudiantes que desarrollaron el módulo previamente descrito donde analizaron sus percepciones respecto a la metodología ABP, el desarrollo de su competencia estadística y evolución de su actitud hacia la estadística. Con respecto al ABP, los estudiantes destacaron el hecho de utilizar la estadística en contexto reales, puesto que les permitió ver la utilidad de la disciplina. Junto con esto, los autores observaron que, previo al desarrollo del proyecto, los estudiantes tenían una baja percepción de su competencia estadística, y presentaban una actitud no positiva hacia la estadística. Según los autores, esto podría deberse a la experiencia previa respecto a la estadística que podría haber sido una enseñanza de forma mecanizada.

Son escasas las investigaciones en las que se caracteriza qué hace el futuro profesorado de primaria cuando desarrolla un proyecto o investigación estadística. La mayoría de las investigaciones sobre la implementación de proyectos estadísticos durante la formación docente, al caracterizar lo que hacen los futuros docentes, por un lado, suelen involucrar proyectos con preguntas previamente establecidas y, por otro, suelen centrarse en el proceso de análisis de datos, es decir, el cálculo de estadísticos y la construcción de gráficas. Sin embargo, González y Chamoso (2014) caracterizaron lo que hace un grupo futuros docentes de primaria cuando desarrolla un ciclo de investigación. Esto autores observaron que algunos grupos tuvieron dificultad para plantear una pregunta de

investigación, diseñaron diversos instrumentos de recolección de datos, usaron medidas de centralización para el análisis de sus datos y generaron conclusiones esencialmente descriptivas. Por otro lado, Frieschmeier y Leavy (2019, 2020) caracterizaron, calificaron y compararon las preguntas que plantean futuros docentes de primaria de Alemania e Irlanda frente un conjunto de datos preexistente durante tres fases de evaluación. Durante la primera fase, el estudiantado trabajó en parejas planteando una pregunta que podría motivar una investigación a partir de los datos entregados. En la segunda fase se reunieron dos parejas a revisar la pregunta plantea de la pareja opuesta, mientras que la tercera fase involucró la retroalimentación por parte del profesor sobre la pregunta planteada por cada pareja. A partir de investigaciones previas, los autores diseñaron unos criterios para evaluar la calidad de las preguntas planteadas por los estudiantes. Observaron que, en una primera instancia, las preguntas planteadas eran significativas e interesantes para los estudiantes, pero poco claras respecto a las variables involucradas en las preguntas. Por otro lado, la mayoría de los grupos logró dar respuesta a la pregunta con los datos entregados o bien recogiendo nuevos datos. En conjunto, las preguntas en su mayoría planteaban una visión global de los datos y no la observación de casos particulares. Además, los autores observaron una evolución positiva en la calidad de las preguntas después de las tres fases de retroalimentación.

Vemos pues que son escasos los estudios en los que se caracteriza de qué forma los futuros docentes de primaria desarrollan un proyecto o una investigación estadística. Además, la mayoría de ellos suelen involucrar proyectos con preguntas previamente establecidas y/o centran la caracterización de lo que hacen los futuros docentes en el proceso de análisis de datos, es decir, el cálculo de estadísticos y la construcción de gráficas. De esta forma, nuestra investigación contribuye a cubrir un vacío en el campo, en tanto que nos interesa caracterizar de qué forma los docentes de primaria en formación abordan un ciclo de investigación estadística (Wild y Pfannkuch, 1999) centrándonos en la totalidad del desarrollo y no únicamente en la fase de análisis de datos. Por otra parte, trabajamos con dos modelos de actividad. La primera de ellas requería que los futuros docentes establecieran su propia pregunta de investigación y desarrollaran un proceso de recolección y análisis de datos para responderlas. En la segunda, frente a un paquete de datos preexistente, los futuros docentes debían plantear preguntas para luego responderlas a partir de los datos entregados.

1.4. Educación estadística, contexto social y formación inicial docente

El rol social de la estadística es algo inherente a su naturaleza. Sin embargo, tanto en el contexto escolar como en el universitario, la enseñanza de la estadística suele darse como un proceso mecanizado, focalizado en cálculos de estadísticos y la construcción y lectura de gráficos, sin un contexto relevante para quienes aprenden. Poco a poco, se han comenzado a desarrollar investigaciones en la formación del profesorado que involucran gráficos o información estadística presentes en medios de comunicación. Además se está empezando a estudiar de qué forma los futuros docentes analizan datos estadísticos que provienen de bases de datos reales y que abordan temáticas sociales relevantes para actualidad. Molina-Portillo et al. (2021) evaluaron el nivel de lectura de un grupo de futuros docente de primaria que se enfrentaron a gráficos provenientes de medios de comunicación que contenían algún error. En particular, encontraron que los gráficos utilizados generaban una dificultad implícita para el estudiantado. En cuanto a los niveles de lectura, observaron que la mayoría alcanzó solo una lectura directa de los gráficos y un porcentaje muy bajo de estudiantes logró leer detrás de los datos. Así mismo, Molina-Portillo et al. (2020) evaluaron la postura crítica de estos estudiantes frente a dichos gráficos. Observaron una falta de postura crítica en la lectura de gráficos que presentaban sesgo, y dificultades en la lectura cuando la información solicitada no se encontraba de manera explícita en las representaciones que debían leer. Además, independientemente de la tipología del gráfico que debían leer, los futuros docentes evidenciaron carencia de conocimientos.

Por otro lado, en su estudio Biehler et al. (2018) entrevistaron a cuatro estudiantes del grado de educación primaria cuando desarrollan una tarea sobre razonamiento estadístico en el contexto de la estadística cívica. Los participantes en su estudio partieron de un modelo estadístico inicial sobre las hospitalizaciones en Alemania, para luego analizar un conjunto de datos sobre esta temática, mediante el software TinkerPlot, y contrastar el modelo inicial con el que ellas generaron. Los autores observaron que el conocimiento contextual de las estudiantes determina el tipo de análisis que desarrollan mediante diferentes tomas de decisiones que se ven condicionadas por su conocimiento sobre el contexto. Junto con esto,

esta investigación revela la necesidad de abordar el conocimiento del contexto como un dominio importante en la formación del futuro profesorado cuando se trabaja en el contexto de la estadística cívica.

En cuanto a la formación de profesores de secundaria, Martínez-Castro y Zapata-Cardona (2021) caracterizaron el pensamiento estadístico de un grupo de profesores en formación cuando abordaban una temática de crisis climática en Colombia. Las autoras caracterizaron los tipos de pensamiento estadístico fundamental propuestos por Wild y Pfannkuch (1999) y concluyeron que la propuesta de Wild y Pfannkuch (1999) puede contribuir al desarrollo de la ciudadanía crítica, ya que permitió a los participantes en su estudio conectar ideas estadísticas con su conocimiento sociopolítico de la temática abordada. Además, Martínez-Castro y Zapata-Cardona (2021) sugieren la necesidad de que los programas de formación del profesorado permitan trabajar, conectar y lograr un equilibrio en sus instrucciones entre el conocimiento estadístico y el conocimiento sobre el contexto.

En la línea de los estudios revisados en este apartado, en la investigación que desarrollamos en esta tesis doctoral incorporamos la utilización de datos con una marcada componente social en la segunda actividad desarrollada como instrumento para obtener datos empíricos.

II. Posicionamiento teórico

En este capítulo se presentan los referentes teóricos que articulan la tesis que presentamos, organizándolos en tres secciones. En la primera de ellas, establecemos los referentes relativos a los objetivos de la educación estadística en la formación del profesorado y aquellos que nos permiten establecer la idea de conocimiento estadístico inicial a partir del concepto conocimiento matemático fundamental. En la segunda sección, establecemos la noción de sentido estadístico, articulándola alrededor de las ideas de alfabetización estadística, razonamiento estadístico y pensamiento estadístico. El ciclo de investigación estadística es la primera dimensión que propusieron Wild y Pfannkuch (1999) para caracterizar el pensamiento estadístico, lo que nos permite organizar el estudio empírico desarrollado para la tesis. En la tercera sección abordamos educación estadística cívica para acabar posicionándonos en el marco de la estadística cívica.

2.1. Conocimiento estadístico inicial de los futuros docentes de primaria

En el primer apartado de esta sección, revisamos algunas orientaciones y requerimientos presentes en distintos marcos sobre la formación inicial y continua del profesorado en relación con la educación estadística que sustentan nuestro posicionamiento al considerar los objetivos de dicha educación. A partir de este posicionamiento, surge de la necesidad práctica de clarificar cuál es el punto de partida para conseguir los logros que establecen dichos marcos. Es decir, resulta necesario identificar el conocimiento estadístico que traen consigo los estudiantes que inician su formación como docentes de primaria. Por su parte, esta necesidad práctica está respaldada a nivel teórico por la idea de *conocimiento matemático fundamental* como referente para establecer este *conocimiento estadístico inicial*. Por ello, empezamos el segundo apartado de esta sección revisando distintos modelos sobre el conocimiento del profesor de matemáticas. Estos modelos de conocimiento centran su estudio y concreción durante la formación del profesorado o bien en profesores expertos

en la materia que enseñan. Dado que nuestro interés es el conocimiento inicial en estadística, recurrimos al concepto de *conocimiento matemático fundamental* que presentamos y analizamos para concluir esta sección.

2.1.1. Objetivos de la educación estadística en la formación del profesorado

Considerando aquellos aspectos necesarios para la formación de docentes que enseñará estadística, Franklin et al. (2015) desarrollan el documento *Statistical Education of Teachers* (SET) donde plantean seis recomendaciones generales para la preparación de docentes, tanto en formación como en ejercicio (ver Tabla 1). Las recomendaciones 1 a la 4 hacen referencia a las formas en que el profesorado debiese aprender. La recomendación 5 apunta a la responsabilidad que tienen las personas responsables de la formación docente sobre la competencia estadística del profesorado que enseñará estadística. La recomendación 6 aborda la necesidad de involucrar las personas que se dedican profesionalmente a la estadística en la preparación de la enseñanza de la estadística en diferentes contextos educativos.

Tabla 1. Recomendaciones generales para la formación del profesorado que enseñará estadística (Franklin et al., 2015).

<p>Recomendación 1: El futuro profesorado debe aprender estadística de tal forma que les permita desarrollar una profunda comprensión conceptual de la estadística que van a enseñar. Por ello, los cursos para de formación docente deben permitirles examinar en profundidad la estadística que van a enseñar y desde la perspectiva del docente.</p> <p>Recomendación 2: El futuro profesorado en sus cursos debe participar regularmente en el proceso de resolución de problemas estadísticos –formular preguntas estadísticas, recoger datos, analizarlos e interpretar los resultados.</p> <p>Recomendación 3: Es necesario desarrollar oportunidades sólidas de desarrollo profesional para mejorar la comprensión de la estadística por parte del profesorado en activo, basadas en la recomendación 1 y 2.</p> <p>Recomendación 4: El profesorado debe desarrollar no sólo el conocimiento del contenido estadístico, sino también la capacidad de trabajar de la forma característica de la disciplina, es decir, desarrollar su pensamiento estadístico.</p>
--

Recomendación 5: La formación de profesores de estadística debe llevarse a cabo en colaboración con el profesorado de educación estadística, educación matemática, estadística y matemáticas.

Recomendación 6: La educación matemática, incluida la educación estadística de los profesores, puede reforzarse en gran medida mediante el crecimiento de una comunidad de educación estadística que incluya a los estadísticos como uno de los muchos grupos comprometidos a trabajar juntos para mejorar la instrucción estadística en todos los niveles y para elevar los estándares profesionales en la enseñanza.

En particular, para el caso de la formación inicial y continua del profesorado de primaria, Franklin et al. (2015) proponen tres objetivos:

1. Desarrollar el conocimiento del contenido y el razonamiento estadístico necesario para implementar y enseñar los contenidos correspondientes a la educación primaria, junto con el conocimiento del contenido sobre estadística de la educación secundaria.
2. Desarrollar una comprensión de cómo los conceptos estadísticos de la educación secundaria se conectan y construyen a partir de los enseñados en la educación primaria, junto con comprender como se conectan los conocimientos estadísticos de la educación primaria con otras asignaturas de esta etapa educativa.
3. Desarrollar un conocimiento pedagógico del contenido necesario para la enseñanza de la estadística.

2.1.2. Conocimiento estadístico inicial

Tal como decíamos en la introducción de esta sección, para alcanzar los logros definidos más arriba resulta necesario conocer cuál es el punto de partida de los estudiantes que inician su formación como docentes de primaria en cuanto a la estadística. Denominamos este conocimiento como conocimiento estadístico inicial haciendo un paralelismo con la idea de conocimiento matemático inicial (Gorgorió et al., 2021) que se establece tomando como referente el *conocimiento matemático fundamental* (Gorgorió y Albarracín, 2019). Para comprender el concepto de *conocimiento matemático fundamental* (CMF), surge la necesidad de hacer un recorrido por los distintos marcos de conocimiento para la enseñanza

de las matemáticas. Esto nos permitirá comprender la naturaleza y necesidad de definir el CMF y cómo este se relaciona con nuestra investigación.

Shulman (1986, 1987), a partir de la discusión y el estudio de clases de profesores noveles y expertos establece un modelo de la estructura del conocimiento necesario para la enseñanza. Shulman (1986) explora el conocimiento que debe tener el profesorado, proponiendo tres categorías: conocimiento del contenido de la materia, conocimiento pedagógico del contenido y conocimiento del currículo. Más tarde, en Shulman (1987) define un modelo llamado *Base de conocimiento para la enseñanza*, que considera las tres categorías de conocimiento establecidas en Shulman (1986), junto con otras cuatro categorías: *Conocimiento pedagógico general*, referente a principios y estrategias del manejo de aula; *Conocimiento de los estudiantes y características*; *Conocimiento del contexto educacional*, respecto al aula, colegio, comunidad, cultural y; *Conocimiento de la finalidad, propósito y valores de la educación, así como sus fundamentos filosóficos e históricos*.

Además, Shulman (1987) presenta cuatro fuentes principales para la base de conocimiento para la enseñanza:

- Erudición en contenidos disciplinares: conocimiento del contenido – El conocimiento, la comprensión, la habilidad y la disposición que deben aprender los escolares sobre el contenido a enseñar.
- Estructura y materiales educativos – documentos curriculares, materiales para la evaluación, reglas, jerarquías y roles institucionales, organización entre profesores, agencias gubernamentales; mecanismos gubernamentales de gobernanza y financiamiento.
- Erudición en educación formal – conjunto de estudios sobre la comprensión del proceso de escolarización, enseñanza y aprendizaje.
- Sabiduría de la práctica.

Siguiendo el trabajo de Shulman (1986; 1987), Rowland et al. (2003) se propusieron identificar las formas en que se manifestaban los conocimientos del contenido matemático de los estudiantes cuando realizaban prácticas de enseñanza durante su formación como profesores. Basándose en el conocimiento del contenido y conocimiento pedagógico del contenido propuesto por Shulman (1987) y a partir de una base empírica (observación de

videos de clases de estudiantes del grado de educación primaria), generaron un marco conceptual *el cuarteto de conocimiento*. El cuarteto de conocimiento se presenta como una herramienta para pensar en las formas en que el conocimiento de la materia entra en juego en el aula. El cuarteto de conocimiento está formado por: *fundación*, conocimientos, creencias y comprensión del contenido adquirido en el proceso de formación; *transformación*, conocimiento en acción demostrado a la hora de planificar y enseñar un contenido; *conexión*, decisiones que se toman para generar una coherencia en el proceso de enseñanza y aprendizaje y; *contingencia*, habilidad de responder a eventos inesperados en el aula.

Continuando con el trabajo de Shulman (1986, 1987), Ball et al. (2008) ponen de relieve las tareas que implica la enseñanza de las matemáticas y las exigencias matemáticas que requieren estas tareas. Es decir, su modelo de conocimiento no se centra en el docente, sino en su práctica. A partir del análisis de videos y documentos de una clase de tercer grado durante todo un año académico, definen el dominio *conocimiento matemático para la enseñanza*, refinando las componentes de *conocimiento del contenido* y *conocimiento pedagógico del contenido* propuestas por Shulman (1986). Para el *Conocimiento del contenido* proponen: el *conocimiento común del contenido* – habilidades y conocimiento matemático utilizado en ámbitos distintos de la enseñanza– *Conocimiento especializado del contenido* – habilidades y conocimiento matemático únicamente para la enseñanza –; *Conocimiento del horizonte* – conciencia de cómo se relacionan los temas matemáticos a lo largo del currículo. Mientras que para el *Conocimiento pedagógico del contenido* proponen: el *Conocimiento de los contenidos y de la enseñanza*; *Conocimiento de los contenidos y de los alumnos* – conocimiento sobre las concepciones y errores de los estudiantes frente a un contenido – y *Conocimiento del currículo*.

Años más tarde, Carrillo et al. (2018) proponen el modelo llamado *conocimiento especializado del profesor de matemáticas*, a partir del trabajo desarrollado por Shulman (1986) y de los dominios propuesto por Ball et al. (2008) *sobre conocimiento especializado del contenido*. Este modelo surge de la revisión de literatura e investigación empírica con profesores expertos, con la finalidad de refinar los dominios de conocimiento especializado del contenido y conocimiento pedagógico del contenido, poniendo de relieve que estos conocimientos están ligados intrínsecamente a la disciplina a enseñar. Así, definen la

categoría de *conocimiento matemático* donde incluyen: el *conocimiento de los temas*; *conocimiento de la estructura de las matemáticas* y el *conocimiento de las prácticas en matemáticas*. Mientras que para el *conocimiento pedagógico del contenido* proponen: *conocimiento de las características del aprendizaje de las matemáticas*; *conocimiento de la enseñanza de las matemáticas* y *conocimiento de las normas de aprendizaje de las matemáticas*. Además, incorporan un sub-dominio relativo a las *creencias respecto a las matemáticas, su aprendizaje y enseñanza*.

La Figura 1 muestra un resumen de los modelos de conocimiento para la enseñanza y cómo se relacionan entre ellos.

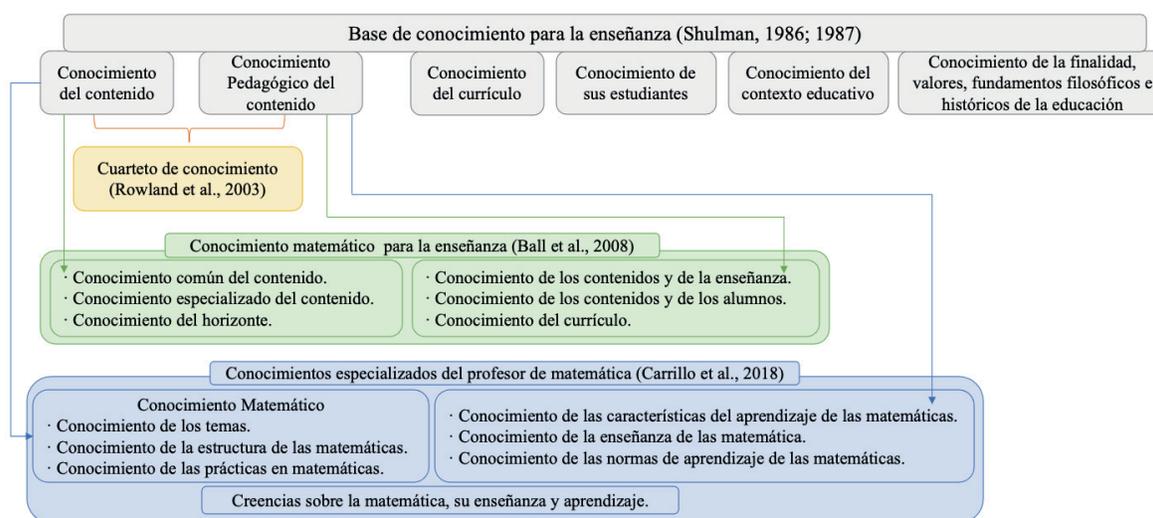


Figura 1. Resumen y relación entre los distintos modelos de conocimiento para la enseñanza.

Resulta importante destacar que estos modelos son una propuesta del conocimiento que el profesorado que enseñará matemática debe poseer para una enseñanza efectiva de esta. Contiene el conocimiento que se espera que el profesorado desarrolle durante su formación y que posea una vez egresado de la carrera. Durante su práctica docente, deberá continuar desarrollándolo y perfeccionándolo. De esta forma, estos modelos pueden servir, por ejemplo, para organizar los programas curriculares de formación de profesorado. Sin embargo, estos modelos no abordan el problema práctico de cómo hacerse cargo del “espacio” entre el ingreso a los programas de formación docente y las propuestas de

formación durante la formación. A partir de esta problemática, surge el concepto de *conocimiento matemático fundamental*, definido como “el conocimiento disciplinar en matemáticas necesario para seguir con aprovechamiento las materias de matemáticas y de didáctica de las matemáticas, tomando en cuenta los requerimientos de la práctica profesional y las competencias matemáticas propias de la Educación Primaria” (Castro et al., 2014, p. 234). Gorgorió y Albarracín (2019) exponen que:

el CMF (conocimiento matemático fundamental) sería el conocimiento disciplinar inicial deseable a partir del cual el estudiante, a través de los cursos de matemáticas y su didáctica y de las prácticas, construiría el conocimiento del contenido matemático y el conocimiento pedagógico del contenido necesario para su práctica. El CMF es el conocimiento disciplinar que los profesores en las facultades tomamos como punto de partida en nuestra docencia (p. 115-116).

Siguiendo esta línea, dado que quienes ingresan a los programas de formación de maestro han tenido formación en matemáticas durante su escolarización obligatoria, se esperaría que trajeran consigo el conocimiento suficiente para aprovechar desde el primer momento de su formación los cursos de matemáticas y su didáctica. Sin embargo, en la práctica, diversas investigaciones en el marco de este modelo (Gorgorió y Albarracín, 2019; Gorgorió et al., 2021) pusieron de manifiesto que existe una distancia entre el *conocimiento matemático inicial*, es decir, aquel conocimiento matemático que explicitan quienes ingresan a los programas de formación de maestros, y el *conocimiento matemático fundamental*.

En el contexto del desarrollo de una prueba que permitiera evaluar los conocimiento y competencias lógico-matemáticas al inicio de los programas del Grado de Educación Primaria en Cataluña, Gorgorió et al. (2017), junto a un grupo de expertos, proponen una concreción del *conocimiento matemático fundamental* a través de diversos conocimientos y habilidades para distintos ámbitos de la matemática: numeración y cálculo; relaciones y cambios; espacio y forma; medida; estadística y azar. En particular, para este último ámbito establecen que el *conocimiento matemático fundamental* se concreta a través de “la capacidad de interpretar, analizar, obtener conclusiones y hacer predicciones a partir de datos estadísticos; de interpretar y construir gráficas estadísticas; de interpretar y calcular medidas de centralización y comprender el significado de azar” (Gorgorió et al., 2017, p. 61). Así, esta propuesta establece cuales serían los conocimiento y habilidades necesarias que las personas que quieren formarse como docentes de primaria deberían al inicio de los programas

de formación. En particular, tener este conocimiento les permitiría sacar provecho de aquellas partes de las materias de matemáticas y su didáctica relativas a la educación estadística

Por todo ello, en esta tesis, desde una perspectiva teórica pretendemos contribuir a la caracterización de este conocimiento matemático inicial, centrándonos en particular en el conocimiento estadístico inicial, en el contexto de un programa de formación de docentes de primaria. Desde un punto de vista práctico, caracterizar dicho conocimiento inicial permitiría generar estrategias docentes para acortar las posibles brechas existente respecto al conocimiento matemático fundamental.

A continuación, exponemos lo que entendemos por sentido estadístico y sus elementos constituyentes, puesto que en esta tesis lo tomamos como punto de partida para sustentar el diseño empírico desarrollado para caracterizar el conocimiento estadístico inicial de los estudiantes que acceden al grado de Educación Primaria.

2.2. Sentido estadístico

El concepto de *sentido estadístico* es acuñado por Batanero (2013), definiéndolo como un modelo compuesto por tres componentes que engloban otros conceptos previamente estudiados en la literatura como son los de cultura y pensamiento o razonamiento estadístico. En particular, Batanero (2013) propone un modelo para el sentido estadístico que involucra tres componentes: (1) comprender las ideas estadísticas fundamentales propuestas por Burrill y Biehler (2011) – datos, gráficos, variación, distribución, asociación y correlación, probabilidad y muestreo e inferencia –, (2) poseer habilidades para el análisis de datos y (3) razonar estadísticamente. Siguiendo esta línea, Batanero et al. (2013) establecen que el sentido estadístico corresponde a la unión de la cultura y el razonamiento estadístico, donde la cultura estadística implica la comprensión de las ideas estadísticas fundamentales, mientras que “el razonamiento estadístico permite tomar decisiones adecuadas o efectuar predicciones a partir de datos y en presencia de incertidumbre” (p. 8). En este proceso de definición del concepto sentido estadístico, Batanero (2013) y Batanero et al., (2013) definen el concepto *cultura estadística* a partir de la idea de *statistical literacy* (Gal, 2002), mientras que para el concepto de *razonamiento estadístico* basan su definición en la de *statistical thinking* (Wild

y Pfannkuch, 1999). Sin embargo, siguiendo la postura de Sharma (2017), consideramos importante ser consistentes con el uso del lenguaje y las definiciones de los conceptos alfabetización estadística (*statistical literacy*) en lugar de cultura estadística, razonamiento estadístico (*statistical reasoning*) y pensamiento estadístico (*statistical thinking*). Distinguir entre estos conceptos resulta relevante para poder hacerlos operacionales en los contextos educativos, y facilitar su desarrollo en base a las características que los distinguen.

En esta tesis entendemos el *sentido estadístico* como la amalgama entre alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico (Ubilla, 2019). De esta forma, el sentido estadístico involucra la unión y la interacción de estas tres habilidades, donde cada una de ellas tienen una naturaleza distinta. Siguiendo a Garfield et al. (2010) consideramos que existe una jerarquía en estas tres habilidades, pero que a su vez las de orden superior se construyen en base a las de rango menor. Es decir, el desarrollo de razonamiento estadístico se produce sobre la base de alfabetización estadística, mientras que el pensamiento estadístico incluiría tanto la alfabetización como razonamiento estadístico.

A continuación, presentamos las características y los elementos constituyentes de la alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico.

2.2.1. Alfabetización estadística

Wallman (1993) define el concepto de alfabetización estadística como la habilidad para comprender y evaluar críticamente los resultados estadísticos presentes en nuestra vida cotidiana, y para apreciar las contribuciones que el pensamiento estadístico puede hacer en el ámbito público y privado, en nuestras decisiones personales y profesionales. Esta definición surge de la preocupación de la autora por una serie de ideas erróneas sobre el quehacer y el rol de la estadística en la sociedad, y la necesidad de poner de manifiesto que la alfabetización estadística debe ser una habilidad de toda la población que permitiría enriquecer a la sociedad.

Entre los marcos referenciales que permiten caracterizar la alfabetización estadística, encontramos el trabajo desarrollado por Watson y sus colaboradores en torno a la alfabetización estadística en el ámbito escolar. Watson (1997) estableció tres niveles de jerarquía de las habilidades requeridas para interpretar información estocástica presente en

la sociedad, en particular, aquella información presente en formato de reportes: (a) la comprensión básica de terminología referente a la probabilidad y estadística, (b) la comprensión del lenguaje y conceptos estocásticos presentes en contextos de debate sobre temas sociales y (c) una actitud cuestionadora para rebatir afirmaciones sin una base estadística adecuada, mediante el uso de conceptos estadísticos más sofisticados. Continuando su trabajo, Watson y Callingham (2003) establecieron la noción de alfabetización estadística como un constructo jerárquico estableciendo niveles de gradación. A partir del estudio de las respuestas a un cuestionario por parte de más de 3.000 estudiantes de tercer a noveno grado, propusieron entender la alfabetización estadística como un constructo unidimensional. Establecieron que, en función de las respuestas de los estudiantes, era posible identificar seis niveles de comprensión asociados al tipo de tarea que habían utilizado en el cuestionario. Así, identificaron niveles según la interacción entre los estudiantes y la tarea:

1. Idiosincrático: relación individual con el contexto de la tarea; uso lógico de los conceptos; habilidades matemáticas básicas relacionadas con el conteo o lectura de valores en una tabla.
2. Informal: relación informal con el contexto, uso de creencias intuitivas no estadísticas; cálculos básicos y de un solo paso sobre tablas, gráficos y azar.
3. Inconsistente: relación selectiva con el contexto; reconocimiento apropiado de conclusiones, pero sin justificación; uso cualitativo en vez de cuantitativo de la estadística.
4. Consistente no crítico: relación adecuada, pero no crítica con el contexto; uso variado de la terminología estadística; apreciación de la variabilidad en entornos de azar; habilidades referentes a la media, probabilidades y gráficos simples.
5. Crítico: relación crítica y cuestionadora en diferentes contextos; uso correcto de terminología; interpretación cualitativa del azar y apreciación de la variación.
6. Matemática crítica: relación crítica con el contexto, cuestionándolo; necesidad de incertidumbre al hacer predicciones; interpretación de aspectos sutiles del lenguaje estocástico.

Watson y Callingham (2003) establecen una relación entre el marco referencial que Watson (1997) había definido para la alfabetización estadística en relación con las habilidades requeridas para interpretar información estocástica presente en la sociedad y los niveles de alfabetización estadística presentados en Watson y Callingham (2003). Esta correspondencia queda descrita en la Figura 2.

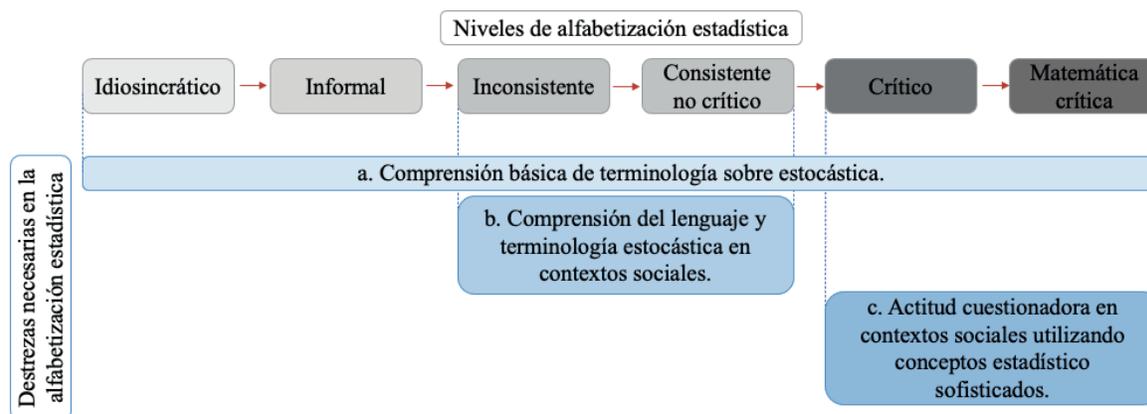


Figura 2. Relación entre las características asociadas a las destrezas presentes en la alfabetización estadística y sus niveles de comprensión.

Por otro lado, partiendo de la necesidad de la alfabetización estadística de la ciudadanía, Gal (2002) propone un modelo para comprender la alfabetización estadística en la población adulta. Basando su trabajo en lo expuesto por Wallman (1993) y Watson (1997), define la alfabetización estadística como la capacidad de las personas de interpretar y evaluar críticamente la información estadística presente en diferentes contextos, además de la capacidad de discutir y comunicar reacciones frente a información estadística. A partir de estas características, propone un modelo para caracterizar la alfabetización estadística en contextos de lectura de información, es decir, cuando las personas son consumidores de datos e información estadística. Este modelo está compuesto por elementos de conocimiento – habilidades de alfabetización en general, conocimiento estadístico, conocimiento matemático, conocimiento del contexto, conocimiento de preguntas críticas – y elementos disposicionales – creencias y actitudes, postura crítica.

Entre los elementos de conocimiento, las habilidades de alfabetización generales se concretan en aquellas destrezas necesarias para la comprensión de mensajes estadísticos

presentes en distintos formatos como textos escritos, orales, gráficos y tablas. En particular, aquella persona que recibe un mensaje estadístico debe ser capaz de decodificar las afirmaciones y representaciones presentes él, y ser capaz de comunicar de forma escrita u oral su opinión o respuesta a dicho mensaje. Esto incluye la *document literacy* que implica que las personas deben ser capaces de identificar, interpretar y usar información dada en listas, tablas, índices y gráficos (Gal, 2002). En cuanto al conocimiento matemático, Gal (2002) expone la necesidad de que las personas comprendan los procesos matemáticos que se encuentran detrás de la estadística. Por otro lado, Gal (2002) propone cinco bases necesarias para el desarrollo del conocimiento estadístico (p. 10):

1. Comprensión de por qué los datos son necesarios y cómo son producidos.
2. Familiarización con terminología básica e ideas relacionadas con la estadística descriptiva.
3. Familiarización con terminología básica e ideas relacionadas con representaciones gráficas y tabulares.
4. Comprensión de nociones básicas de probabilidad.
5. Comprensión sobre cómo se han generado las conclusiones e inferencias estadísticas.

Dado que Gal (2002) profundiza en los contextos de lectura de mensajes, en relación con el conocimiento del contexto, afirma que las personas deben poseer un conocimiento del “mundo” en el cual se presentan y generan los mensajes estadísticos. Este conocimiento requiere identificar cómo se diseñó el proceso que permitió obtener el mensaje, con la finalidad de poder comprender las implicaciones de dicho mensaje en el contexto particular en que se presenta. Este conocimiento del contexto está fuertemente relacionado con el último elemento llamado conocimiento de preguntas críticas, puesto que la capacidad de cuestionar el mensaje en sí, así como su proceso de construcción, permitiría una comprensión acabada de lo que quiere realmente transmitir el mensaje.

Por otro lado, entre los elementos disposicionales, Gal (2002) destaca que una persona alfabetizada estadísticamente puede reaccionar de manera interna o externa frente a mensajes estadísticos. Internamente podría reflexionar y cuestionar diferentes aspectos de los mensajes estadísticos que lee, mientras que externamente podría comunicar estas preocupaciones y compartirlas con otras personas con tal de generar ambientes en que se cuestionara la estadística presente, implícita o explícitamente, en dichos mensajes. Gal (2002) afirma que estos procesos surgen dada la existencia de ciertas disposiciones. La postura crítica involucra

una actitud cuestionadora frente a mensajes estadísticos, la cual puede verse beneficiada del conocimiento de preguntas críticas. Por otro lado, las creencias son ideas personales u opiniones sobre un tema en particular, a menudo influenciadas por temas culturales y toma tiempo desarrollarlas, son estables y tienen un componente cognitivo que hace que resulte difícil modificarlas. Las actitudes tienen un componente emocional, ya que se han desarrollado por la internalización de respuestas positivas o negativas a ciertos fenómenos.

En resumen, la alfabetización estadística es una habilidad necesaria para comprender, evaluar y reaccionar críticamente a la información estadística presente en contextos tanto privados como públicos. Dependiendo de la intensidad y forma en que interactúan distintos tipos de conocimientos y disposiciones puede manifestarse de distintas formas tal como muestra la figura presentada anteriormente (Figura 2).

2.2.2. Razonamiento estadístico

Según Garfield y Ben-Zvi (2008) la alfabetización estadística proporciona los cimientos para el desarrollo del razonamiento y del pensamiento estadístico. Garfield (2002) señalaba como problemático para la educación estadística el poco consenso sobre el significado atribuido al razonamiento estadístico y sobre la diferencia entre razonamiento estadístico y el pensamiento estadístico. Siguiendo la propuesta de Garfield y Gal (1999), Garfield (2002) define el razonamiento estadístico como la forma en que las personas razonan con ideas estadísticas y dan sentido a la información estadística, lo cual involucra interpretar diferentes tipos de representaciones estadísticas. Continuando en la búsqueda de una definición de este concepto, Garfield y Ben-Zvi (2008) complementan la definición de Garfield y Gal (1999) adicionando que el razonamiento estadístico implica el ser capaz de conectar un concepto con otro o combinar ideas sobre datos y azar. Además, implica comprender y ser capaz de explicar procedimientos estadísticos e interpretar resultados estadísticos. Así, Garfield y Ben-Zvi (2008) entienden el razonamiento estadístico como un conjunto de representaciones mentales de los conceptos estadísticos y las conexiones entre ellos.

Por otro lado, Gal y Garfield (1997) proponen 8 objetivos con ideas básicas que las personas deberían conocer cuando comienzan a estudiar estadística puesto que propiciarían el desarrollo del razonamiento estadístico. Estos objetivos son: (1) Entender el propósito y la

lógica de las investigaciones estadísticas; (2) Comprender el proceso de una investigación estadística; (3) Dominar las habilidades propias de los procedimientos estadísticos; (4) Comprender las relaciones matemáticas subyacentes a la estadística; (5) Comprender la probabilidad y el azar; (6) Desarrollar habilidades de interpretación y alfabetización estadística; (7) Desarrollar la habilidad de comunicar estadísticamente y (8) Desarrollar disposiciones estadísticas útiles. Garfield (2002) presenta una serie de razonamientos erróneos detectados por psicólogos y educadores. Entre las ideas erróneas aparece la noción de *promedio*, que se confunde con la mediana, considerando además que el promedio siempre es el mejor representante de un conjunto de datos. La noción de *muestra* también genera ideas erróneas puesto que se considera como una buena muestra aquella que abarca un alto porcentaje de la población.

Garfield (2002) también presenta una lista de tipos de razonamiento estadístico relativos a distintas temáticas, que sería deseable que los estudiantes desarrollaran (ver Tabla 2).

Tabla 2. Tipos de razonamientos deseables en el estudiantado identificados por Garfield (2002)

Tipos correctos de razonamientos sobre ...
<i>los datos</i> reconociendo y categorizando variables según su naturaleza y cómo se conectan con su representación y/o medida,
<i>la representación de los datos</i> comprendiendo la forma de las representaciones y cuan adecuadas son,
<i>las medidas estadísticas</i> comprendiendo las diferentes funciones de las medidas de centralización, dispersión y posición y cómo se conectan,
<i>la incertidumbre</i> utilizando correctamente las ideas de azar, casualidad y probabilidad para juzgar situaciones inciertas,
<i>la muestra</i> conociendo su relación con la población y cuán representativa puede ser de esta,
<i>la asociación</i> interpretando la relación entre dos variables y que dicha relación no implica causalidad.

En complemento a los tipos de razonamiento estadístico que Garfield (2002) presenta como deseables, Zieffler et al. (2008) sugieren el concepto de *razonamiento inferencial informal* (RII) para referirse a la forma en que los estudiantes utilizan su conocimiento estadístico informal para crear argumentos que soporten inferencias sobre poblaciones desconocidas a través de la observación de muestras de dicha población. Estos autores establecen que el *razonamiento inferencial informal* es un proceso que incluye razonar sobre: posibles características de la población a partir de una muestra de datos; posibles diferencias entre dos poblaciones basándose en las diferencias observadas en dos muestras de los datos; si una muestra o estadístico es posible dada una afirmación particular. El marco del *razonamiento inferencial informal* se basa en la idea de *conocimiento informal* entendido como aquel conocimiento del mundo real y cotidiano que los estudiantes traen consigo a las clases. Estaría basado en sus experiencias fuera de la escuela y en aquel conocimiento menos formalizado sobre diferentes temas que es resultado de haber participado previamente en instrucciones formales sobre estos (Zieffler et al., 2008). Junto con esto, incorporan la idea de *razonamiento informal* (Voss et al., 1991) que sería aquel razonamiento que ocurre de una forma no deductiva en situaciones cotidianas que involucran toma de decisiones.

Así, el marco del *razonamiento inferencial informal* (Zieffler et al., 2008) se caracteriza por:

1. Hacer juicios, afirmaciones o predicciones en relación con una población basándose en una muestra, pero sin usar procedimientos estadísticos formales.
2. Aprovechar, utilizar e integrar conocimientos previos, por ejemplo, conocimientos formales sobre conceptos estadísticos y conocimientos informales sobre inferencia.
3. Articular argumentos basados en evidencias para hacer juicios, afirmaciones o predicciones sobre una población en base a muestras.

Una vez caracterizado el razonamiento estadístico y qué tipos de razonamiento serían deseables en el estudiantado, resulta necesario esclarecer en qué consiste el pensamiento estadístico, cómo se relaciona con los conceptos de alfabetización y razonamiento estadístico y cómo podría favorecerse su desarrollo a través de actividades de enseñanza en distintos contextos.

2.2.3. Pensamiento estadístico

En su esfuerzo por dar una respuesta a la pregunta *¿qué es el pensamiento estadístico?*, Wild y Pfannkuch (1999) desarrollaron una investigación de carácter cualitativo, entrevistando a un grupo de estudiantes de estadística y estadísticos profesionales, con la finalidad de comprender e identificar elementos característicos de la complejidad del pensamiento estadístico. Incorporaron también una revisión de literatura y consideraron su propia experiencia en esta área de conocimiento. A partir de este estudio, propusieron un marco para el pensamiento estadístico en la investigación empírica que incluye cuatro dimensiones que describimos a continuación.

La primera dimensión que propusieron Wild y Pfannkuch (1999) para caracterizar el pensamiento estadístico en contextos de investigaciones empíricas es el ciclo de investigación estadística. Llamado en inglés *PPDAC cycle*, caracteriza cinco fases que se deben seguir para el desarrollo de problemas estadísticos: Problema, Plan, Datos, Análisis, Conclusiones. Pfannkuch y Wild (2000) expusieron que para la estadística profesional resulta crucial distinguir entre aquel problema que inicia el ciclo de investigación y el problema que los clientes presentan a los estadísticos profesionales. Uno de los primeros pasos para abordar el *problema* consiste en la observación y comprensión del contexto en se inserta el problema. A esta primera aproximación, le sigue la definición de la problemática. El establecimiento de la problemática suele ser un proceso complejo, ya que requiere pasar por una reducción del problema y hacerlo atacable y alcanzable mediante las herramientas estadísticas que se posean. Durante las fases de *planificación* y obtención de los *datos*, Pfannkuch y Wild (2000) destacaron la necesidad de diferenciar claramente entre “características” y “variables”: “La “característica” es una idea intuitiva sobre una propiedad del sistema o de la unidad considerada, mientras que una variable es un intento de medir la característica” (p. 141). Para esta fase, los autores señalaron la importancia de anticipar posibles problemas durante el diseño e implementación de recogida de datos. Señalaron también la importancia de la *limpieza de los datos*, un proceso que comienza con la identificación de datos atípicos, para pasar a comprobar la validez de estos datos a partir de otras fuentes, y finalmente tomar una decisión sobre qué hacer con esos datos atípicos. En cuanto al proceso de *análisis*, Pfannkuch y Wild (2000) afirmaron que gran parte del pensamiento estadístico se basa en una buena

comprensión de cómo utilizar los gráficos. Además, destacaron que resulta esencial considerar el contexto al interpretar los gráficos, para luego poder decidir qué modelo matemático o estadístico utilizar. Entre el proceso de análisis de los datos y la generación de conclusiones, estos autores sugirieron hacer una revisión crítica de los modelos utilizados, y de la comprobación de suposiciones previas al análisis. Por último, Pfannkuch y Wild (2000) expusieron que algunas *conclusiones* se generan durante el proceso de análisis (lo que lleva a tomar decisiones sobre este proceso). Afirmaron además que la generación de conclusiones no se corresponde a un proceso lineal, ya que puede resultar necesario volver a la pregunta y a los objetivos de investigación al generar conclusiones durante el proceso de análisis.

Wild y Pfannkuch (1999) establecieron una segunda dimensión para caracterizar el pensamiento estadístico: “los tipos de pensamiento”, diferenciando entre el pensamiento general y el pensamiento estadístico fundamental. Entre los tipos de pensamiento general se encuentran aquellos relativos a la generación de estrategias, la búsqueda de explicaciones, la modelización y la aplicación de técnicas. Mientras que entre los tipos de pensamiento estadístico fundamental se encuentran: a) el reconocimiento de la necesidad de datos para dar respuesta a una problemática; b) el proceso de transnumeración, que se caracteriza por reconocer la necesidad de cambiar el formato de los datos con el objetivo de comprenderlos; c) la consideración de la variabilidad, reconociéndola, midiéndola y explicándola; d) el razonamiento con modelos estadísticos; y e) la integración de la estadística y el contexto.

La tercera dimensión que los autores consideraron es el ciclo de interrogación. Corresponde a un proceso continuo de cuestionamiento cuando se resuelven problemas estadísticos. El ciclo de interrogación implica: a) generar posibles caminos para resolver un problema; b) buscar información, tanto interna como externa; c) interpretar la información, leyendo, traduciendo, resumiéndola, comparándola y conectándola con los datos; d) criticar el proceso tomando referencias internas y externas para la comparación; y e) juzgar la información decidiendo qué creer, qué descartar y qué continuar investigando.

Por último, la cuarta dimensión que describe el pensamiento estadístico (Wild y Pfannkuch, 1999) corresponde a las disposiciones. Las disposiciones relativas al pensamiento estadístico son características personales que debiesen estar presentes durante el proceso de resolución de problemas estadísticos. Entre otras se refieren a disposiciones como: a) la curiosidad y concienciación, dándole importancia a la generación de preguntas; b) la

imaginación, para la generación de modelos mentales sobre el fenómeno estudiado; c) el escepticismo, que se refleja en la constante búsqueda de fallos lógicos y fácticos a medida que adquirimos más información de un fenómeno.

El proyecto *International Data Science in School Project* (IDSSP), desarrollado por informáticos y estadísticos, generó el *Curriculum Framework for Introductory Data Science* (International Data Science in School Project [IDSSP], 2019) proponiendo ideas para el diseño de actividades en cursos introductorios de ciencia de datos. En particular, presentan el *ciclo de aprendizaje a partir de los datos* (Figura 3) que sitúan como organizador del aprendizaje de la ciencia de datos.



Figura 3. Ciclo de aprendizaje a partir de los datos (IDSSP, 2019, p. 8)

Así, notamos que el ciclo de aprendizaje a partir de los datos (IDSSP, 2019) presenta semejanzas con el ciclo de investigación propuesto por Wild y Pfannkuch (1999), sin embargo, surgen en contextos diferentes. El ciclo de investigación tiene como finalidad describir la forma en que las personas que se dedican a la estadística piensan cuando resuelven problemas estadísticos, mientras que el ciclo de aprendizaje a partir de los datos surge de la necesidad de guiar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia de los datos en los últimos cursos de la escolaridad obligatoria y los primeros en la universidad.

Por su parte, Chance (2002) presentó algunas ideas respecto a cómo diferenciar el pensamiento estadístico de la alfabetización y del razonamiento estadístico. Chance (2002) expuso que una característica única del pensamiento estadístico es la capacidad de ver el proceso de resolución de problema “como un todo”. Esto incluye preguntarse constantemente el porqué de las posibles relaciones presentes en los datos, el significado de la variabilidad,

y la capacidad de explorar más allá de los datos mediante la generación de nuevas preguntas. Esta autora destacó que el pensamiento estadístico permite a las personas ir más allá de aquello que se enseña en las clases y destaca la espontaneidad de plantearse preguntas en contextos específicos. A partir de esto, Chance (2002) expuso que era necesario promover experiencias y ejemplos en las clases para que el estudiantado pudiera aprender a pensar estadísticamente. A partir de esto, planteó una lista de hábitos de pensamiento que se podrían enseñar:

1. Reflexionar sobre cuál es la mejor forma de obtener datos relevantes y con sentido para responder a la pregunta planteada.
2. Reflexionar constantemente sobre las variables involucradas en el problema y curiosidad sobre posibles caminos de análisis de estas variables.
3. Visualizar el proceso completo de resolución de problemas, revisando constantemente cada fase.
4. Mantener el escepticismo sobre los datos obtenidos a lo largo de todo el proceso.
5. Considerar la relación de los datos con el contexto e interpretar las conclusiones en términos no estadísticos.
6. Pensar más allá de lo que presentan los libros de texto.

Así, Chance (2002) expuso que podemos tener evidencias del pensamiento estadístico del estudiantado cuando alguno de estas formas de pensamiento surge espontáneamente durante la resolución de problemas, sin la ayuda o guía de quien está enseñando.

Para concluir esta sección, volvemos a la idea de sentido estadístico (Batanero, 2013; Batanero et al., 2013, Ubilla, 2019) planteada en su inicio una vez hemos revisado los tres elementos que la conforman. Establecimos al inicio de la sección que en esta tesis entendemos el *sentido estadístico* como la amalgama entre alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico (Ubilla, 2019). De acuerdo con Garfield et al. (2010), consideramos que alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico siguen un orden jerárquico, estando situado el pensamiento estadístico en un orden superior. Por otra parte, Garfield et al. (2010), con el propósito de guiar el diseño de actividades que permitan desarrollar y/o evaluar la alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico presentan una lista de

acciones asociadas a cada una de ellas (ver Figura 4). Así, vemos que, de alguna forma, el pensamiento estadístico subsume la alfabetización y el razonamiento estadístico.

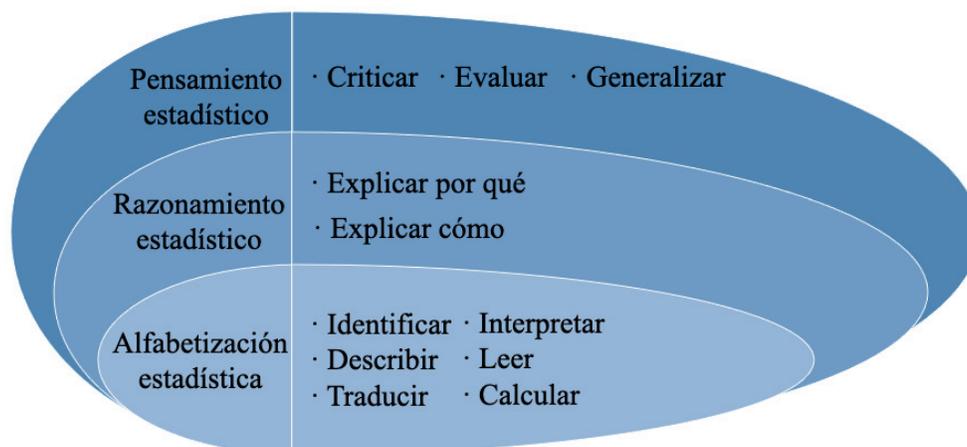


Figura 4. Sentido estadístico entendido desde la inclusión jerárquica de alfabetización, razonamiento y pensamiento estadísticos (Ubilla y Gorgorió, 2021, p. S111)

2.3. Educación estadística cívica

Decir de alguien que tiene sentido estadístico significa que es capaz de utilizar conceptos y procedimiento estadísticos para razonar y pensar estadísticamente en la resolución de problemas. La idea de sentido estadístico permite comprender los objetivos de la educación estadística, puesto que aporta claridad sobre qué componentes debemos tener en cuenta para el diseño de actividades que promuevan el desarrollo de la alfabetización, el razonamiento y/o el pensamiento estadístico (en su conjunto o por separado). Sin embargo, desde una perspectiva crítica, entendemos la enseñanza de la estadística como un proceso que debe llevar a los estudiantes no solo a desarrollar su sentido estadístico, sino también, a utilizar ese sentido estadístico para criticar y cuestionar injusticias sociales.

Cobb y Moore (1997, p. 801) expusieron que "data are not just numbers, they are numbers with a context". Weiland (2016) propone tres niveles de interacción entre el desarrollo de una tarea y su contexto. En un nivel bajo, el contexto puede ser fácilmente intercambiado por otro, sin afectar el desarrollo de la tarea, mientras que en un nivel superior la tarea requiere que los estudiantes razonen y piensen estadísticamente para aprender más sobre su contexto. Por lo tanto, al papel del contexto en el diseño de actividades de estadística

tiene una especial relevancia. El contexto no es un añadido al problema que se quiere resolver, sino un elemento central que se quiere comprender y sobre el cual tomar decisiones, poniendo en juego el sentido estadístico. Resolver problemas sobre contextos reales puede contribuir al desarrollo del razonamiento y pensamiento estadístico (Zapata-Cardona y Marrugo, 2019). Por un lado, razonar estadísticamente implica ser capaz de comprender un proceso estadístico e interpretar resultados estadísticos en contexto. Por otro, el pensamiento estadístico requiere la comprensión de las grandes ideas de la estadística, pero también desarrollar investigaciones estadísticas en contexto.

Desde un punto de vista práctico, Zapata-Cardona (2016) reflexionó sobre la enseñanza de la estadística desde una perspectiva crítica. Propuso que las investigaciones estadísticas fuesen un eje central en la enseñanza de la estadística, puesto que son un “proceso investigativo que tiene lugar cuando los estudiantes exploran y comprenden dilemas sociales e intentan reaccionar de manera crítica frente ellos” (p. 32). La propuesta de Zapata-Cardona (2018) tiene por objetivo educar para la ciudadanía crítica y entiende a los estudiantes como sujetos sociales, buscando despertar en ellos la responsabilidad por los fenómenos sociales. La autora considera que muchas veces se diseñan tareas que siguen un proceso investigativo pero que su foco sigue siendo el aprendizaje de conceptos estadísticos, más que razonar o pensar estadísticamente, y que rara vez el desarrollo de estas investigaciones pretende el desarrollo de una ciudadanía crítica. En esta línea, el proyecto ProCivicStat (2018) propuso una nueva disciplina llamada *estadística cívica* (civic statistics) para promover en contextos educativos el trabajo con estadísticas sobre fenómenos sociales.

Frente al incremento de la presencia de datos complejos en los medios de comunicación, y del uso del mantra “políticas basadas en evidencia” que muchos políticos utilizan para convencer a la sociedad, Ridway et al. (2013) expusieron la necesidad de reflexionar sobre la educación estadística. Hoy en día, la ciudadanía puede acceder de manera rápida a conjuntos de datos abiertos, así como a webs semánticas, portales que permiten al usuario trabajar en grandes bases de información sobre un tema en particular. Por ello, Ridway et al. (2013) plantearon la necesidad de resignificar el concepto de alfabetización estadística en estos contextos. Para ello, propusieron nuevos componentes de la alfabetización estadística para trabajar en webs semánticas y/o datos abiertos. Dichos componentes abarcan: a) comprender de qué forma distintos agentes utilizan los mismos

términos (por ejemplo, “pobreza” o “crimen”) pero midiéndolos de manera diferentes; b) evaluar críticamente las fuentes de información y la fiabilidad de los datos; c) comprender cómo se han medido los indicadores; d) ser capaz de decodificar y comprender representaciones novedosas; y e) ser capaz de interpretar correctamente datos multivariados.

Desde un punto de vista curricular, aparecen dos desafíos clave. Por un lado, garantizar que los estudiantes se comprometan y desarrollen las distintas fases de la resolución de problemas estadísticos. Por otro, hacer que los estudiantes sean conscientes de los usos actuales de los distintos métodos estadísticos que afectan directamente a sus vidas (Ridway, 2016). A partir de esto, Ridway (2016) planteó integrar en la enseñanza de la estadística lo siguiente: a) datos abiertos – corresponden a aquellos que fueron creados con un propósito determinado, a partir de una medición clara y bien definida, usualmente multivariados para los que población muestreada es conocida –, b) el *big data* – datos que surgen de forma natural a partir de un sistema, tienen un gran volumen por lo que no suelen almacenarse, suelen recogerse en tiempo real – y c) la visualización de datos/periodismo de datos – publicaciones o artículos visualmente ricos, a menudo interactivos en los que las infografías tienen gran protagonismo y el texto suele estar abreviado. Junto con esto, sugirieron dar espacio en las clases de estadística a los datos abiertos, introducir datos multivariados desde edades tempranas, enseñar sobre y con gráficos interactivos, enseñar sobre y con tecnologías familiares, y utilizar múltiples fuentes de datos.

Siguiendo esta línea, Schiller y Engel (2016) propusieron un módulo de enseñanza llamado *Cuestionamiento crítico de declaraciones basadas en datos* (critical questioning of data-based statements [CQS]) que integra conocimiento estadístico y contextual, además de combinar preguntas y pensamiento crítico. Este módulo tiene como objetivo enseñar a los estudiantes a reconocer: a) qué información de las declaraciones es importante tener para poder interpretarlas correctamente; b) que cada paso de la producción, comunicación y el consumo de información está influenciado por cuestiones subjetivas que pueden derivar en diferentes interpretaciones; y c) la diferencia entre la naturaleza de la información y una opinión. Además, Engel (2017) expuso que la educación estadística en los niveles secundario y terciario debe hacerse cargo de abordar la comprensión de fenómenos multivariados y fomentar el pensamiento con datos complejos. En cuanto a los fenómenos multivariados, este autor señaló que la enseñanza debe lograr que los estudiantes entiendan que los fenómenos

sociales no ocurren en escenarios simples, por lo que comprenderlos requiere ser consciente de cómo las variables se relacionan o se afectan mutuamente. A partir de esto, destacó que dar sentido a datos multivariados no necesariamente requiere de un conocimiento avanzado de procedimientos estadísticos multivariados, sino que podría bastar con conocer ciertos sesgos y paradojas comunes en esta área. Por otro lado, Engel (2017) expuso que en las páginas web los datos presentados suelen aparecer en un formato diferente al que tradicionalmente se utiliza en las clases. Mientras que los datos en las clases tradicionales son números sin contexto, los datos que provienen de la web pueden aparecer bajo diferentes formatos, desde imágenes hasta sonidos. Esto lleva a la necesidad de enseñar los procesos de limpieza, transformación y reestructuración estadística de datos complejos.

Por su parte, Gould (2017) expuso que el acceso a bases de datos y a información presentada en diferentes formatos lleva a los estudiantes a asumir un rol tanto de productores como de consumidores de datos. Esto implicaría ampliar la noción de alfabetización estadística, puesto que los datos forman parte del día a día de las personas, y el rol y naturaleza de los datos ha cambiado. Continuando con esta idea, Gal y Ograjenšek (2017) revisaron la idea de alfabetización estadística, presentando un modelo de seis elementos para dar respuesta a la pregunta *¿cuáles son los aspectos básicos que la ciudadanía debería conocer sobre las estadísticas oficiales?* Según Gal y Ograjenšek (2017) la respuesta a esta pregunta implicaría que la persona: (1) conoce las bases del sistema de estadísticas oficiales y cómo funcionan; (2) entiende los aspectos básicos de los indicadores estadísticos, identificando su construcción y reconociendo su significado; (3) sabe que existen diversas técnicas estadísticas; (4) es consciente de que hay diversos métodos de investigación y fuentes de datos; (5) sabe que existen estadísticas oficiales y tiene habilidades para acceder a informes estadísticos; (6) entiende la naturaleza y la complejidad de las estadísticas sobre la sociedad. En particular, este último conocimiento hace alusión a la complejidad de las visualizaciones y representaciones sobre temáticas sociales, complejidad que es inherente a la estadística cívica.

Nicholson et al. (2018) definen la estadística cívica como un conjunto de “estadísticas y pruebas cuantitativas sobre fenómenos sociales clave que impregnan la vida cívica, como la migración, el cambio demográfico, la delincuencia, el empleo y la pobreza” (p. 2). La estadística cívica surge en la intersección de la estadística y la educación cívica. Es una rama

de las ciencias sociales que tiene por objetivo educar a las ciudadanas y los ciudadanos del futuro sobre la información estadística presente en diferentes contextos sociales, con el objetivo de impulsar la participación y compromiso en sociedades democráticas (Engel et al., 2021).

En particular, los documentos y materiales propios de la estadística cívica tienen seis características distintivas puesto que contemplan (ProCivicStat, 2018):

1. *Fenómenos multivariados*. Los datos sobre fenómenos sociales usualmente no se presentan de manera aislada; su descripción y comprensión involucra otras variables que están correlacionadas, interactúan entre ellas, o tienen relaciones no lineales unas con otras.
2. *Datos agregados*. Las estadísticas sobre los fenómenos sociales a menudo no se refieren a variables continuas en bruto, sino que implican datos agrupados de diversas maneras; a veces en grupos nominales a partir de variables cualitativas (por ejemplo, hombres frente a mujeres) o formando niveles ordinales (por ejemplo, educación primaria, secundaria o terciaria).
3. *Datos dinámicos abiertos a interpretación*. Los documentos y materiales propios de la estadística cívica no suelen ser el resultado de un único proceso de recopilación de datos, sino que a menudo se basan en múltiples fuentes de datos. Diferentes personas pueden ofrecer resultados y mensajes diferentes en relación con el mismo fenómeno social, o pueden utilizar distintos indicadores o niveles de agregación para analizar y comunicar sus resultados.
4. *Textos enriquecidos*. Los proveedores de estadísticas oficiales son los principales productores de documentos y materiales para la estadística cívica, aportando una serie de productos como comunicados de prensa, resúmenes, informes analíticos o visualizaciones. Estos documentos y materiales suelen llegar al público a través de reportajes periodísticos en los medios de comunicación impresos y visuales.
5. *Diversidad de visualizaciones*. Dado que los datos y las conclusiones sobre los fenómenos sociales son multivariados, dinámicos y agregados, la descripción de su evolución a lo largo del tiempo, o su comparación entre bloques o grupos (por ejemplo, regiones o grupos sociales) requiere el uso de diversos tipos de representaciones.

6. *Contexto social.* Los documentos y materiales propios de la estadística cívica implican cuestiones de importancia social, en general o para grandes subgrupos de población. La interpretación de dichos materiales requiere prestar atención a un contexto más amplio, con frecuencia a nivel mundial.

Considerando la complejidad de los materiales utilizados por la estadística cívica y las características que los distinguen de los materiales utilizados en el currículo, en los libros de textos o en las clases de estadística, el proyecto ProCivicStat (2018) plantea un marco conceptual de conocimientos y habilidades necesarias para comprender, interpretar, evaluar y reaccionar críticamente a este tipo de materiales. Este modelo está compuesto por 11 facetas distintas, relacionadas entre ellas y agrupadas en tres dimensiones: compromiso y acción; conocimientos; y procesos habilitadores (Engel et al., 2021). La Tabla 3 muestra un resumen de la caracterización de estas facetas.

Tabla 3. Caracterización de las facetas que componen el marco de conocimiento y habilidades para la estadística cívica.

Dimensiones	Facetas	Características
Compromiso y acción	F1. Significado para la sociedad y la política	Formar una opinión sobre lo que podría y debería hacerse para abordar cuestiones políticas, basándose en evidencias.
	F2. Evaluación crítica y reflexión	Desarrollar y usar hábitos mentales de forma rutinaria que permitan cuestionar la veracidad de información estadística.
	F3. Disposiciones	Monitorear respuestas emocionales asociadas a la voluntad de participar en argumentos basados en pruebas. Dichas respuestas corresponden a una compleja red de motivaciones, creencias y actitudes.
Conocimientos	F4. Estadística y riesgo	Comprender las ideas clave de la estadística (Burrill y Biehler, 2011), la idea de riesgo a partir de la probabilidad y probabilidad condicional, y el <i>Big Data</i> .
	F5. Modelos, patrones y representaciones	Comprender que se pueden utilizar modelos cualitativamente diferentes para modelar un mismo fenómeno social complejo y criticar representaciones novedosas.

	F6. Metodología y procesos de indagación	Conocer distintos métodos de recolección de datos, tanto cualitativos como cuantitativos. Comprender las cuestiones éticas asociadas a la producción de datos y al uso de diversos métodos de investigación.
	F7. Ampliación sobre estadísticas oficiales	Comprender la estructura y el funcionamiento de las estadísticas oficiales.
	F8. Conocimiento cívico del contexto	Comprender el conocimiento cívico contextual que incluye datos como el tamaño de las poblaciones, el tamaño del PIB, la deuda nacional y los recursos; demografía; historia y geografía; política regional y geográfica.
Procesos habilitadores	F9. TIC y búsqueda	Comprender las técnicas analíticas adecuadas para acceder y analizar un gran volumen de datos no estructurados.
	F10. Núcleo cuantitativo	Comprender y usar recursos cuantitativos como el sentido numérico, la proporción, los porcentajes, las tasas y las fracciones.
	F11. Alfabetización y comunicación	Comunicar, entender y deconstruir los mensajes transmitidos en estas nuevas formas de comunicación.

Por último, en el marco de la estadística cívica, se proponen características clave que deben tener las actividades en las que los estudiantes trabajan con estadísticas sobre fenómenos sociales (ProCivicStat, 2018). Así, las actividades deben: 1) promover el compromiso con cuestiones sociales y desarrollar la comprensión crítica de las estadísticas; 2) utilizar datos y textos sobre fenómenos sociales de carácter multivariado y dinámico; 3) utilizar tecnologías que permitan visualizar e interactuar con los datos; 4) promover el desarrollo de habilidades en torno a la interpretación crítica de datos y textos; 5) incorporar evaluaciones formativas y sumativas que identifiquen la capacidad de investigar y comprender críticamente los datos. Así, la comprensión de estadísticas cívicas requiere del compromiso de todos quienes trabajen en ámbitos de la educación estadística y cívica.

III. Planteamiento del problema y objetivos de la investigación

La problemática que abordamos en esta tesis es la caracterización del conocimiento inicial en estadística de un grupo de futuros docentes de primaria. Al revisar qué investigaciones habían abordado la caracterización del conocimiento estadístico de futuros docentes, observamos que gran parte de los estudios desarrollados hasta el momento habían caracterizado el conocimiento estadístico de futuros profesores cuando resolvían cálculos y/o interpretaban descriptores estadísticos, o bien cuando construían y/o interpretaban gráficos estadísticos. Por otra parte, las investigaciones que se habían dedicado a caracterizar cómo abordan los futuros docentes investigaciones o proyectos estadísticos podían organizarse globalmente en dos grupos. En el primer grupo, situamos aquellas que se centran en una única fase del proceso, la mayoría de ellas en la fase de análisis de datos. El segundo grupo estaba formado por los estudios sobre cómo los futuros docentes desarrollan proyectos a partir de preguntas previamente establecidas.

Por otra parte, las investigaciones a las que tuvimos acceso al analizar los antecedentes de nuestra investigación se habían centrado en caracterizar el conocimiento estadístico de los futuros docentes una vez iniciado su proceso de formación, incluso después de haber seguido un módulo o unas clases de estadística. Sin embargo, nuestro interés se centra en el momento inicial de esta formación, puesto que nos preocupa de qué forma podemos enlazar los conocimientos con los que los estudiantes llegan a la formación docente y los objetivos que dicha formación pretende alcanzar.

A partir de esto, nos posicionamos en el marco del *conocimiento matemático fundamental* (Gorgorió y Albarracín, 2019) para abordar esta problemática. El concepto de *conocimiento matemático fundamental*, junto con su concreción, nos permitió establecer una primera idea sobre qué conocimiento estadístico deberían tener los futuros docentes de primaria para aprovechar de manera exitosa los cursos de matemáticas y su didáctica. Sin embargo, el *conocimiento matemático fundamental*, así definido, no necesariamente coincide con el *conocimiento matemático inicial* de las personas que ingresan los programas de

formación de docentes de educación primaria, entendiendo *conocimiento matemático inicial* como aquel conocimiento matemático que traen consigo. Así, haciendo un paralelismo con estos conceptos, *buscamos caracterizar el conocimiento estadístico inicial de un grupo de estudiantes del Grado de Educación Primaria* con tal de identificar aquel bagaje sobre estadística que trae consigo quienes inician su formación para llegar a ser docentes de primaria. A partir de este posicionamiento, surge de manera natural la pregunta ¿cuáles son nuestros referentes al caracterizar el conocimiento estadístico inicial?

Abordamos esta caracterización desde una doble mirada. Por una parte, tomamos como referentes las recomendaciones relativas a la formación en estadística de los futuros docentes. Por otra parte, consideramos los estudios que hemos presentado en nuestro posicionamiento teórico que contemplan como objetivo de la educación estadística el desarrollo del sentido estadístico (Ubilla, 2019). Por otra parte, distintos documentos curriculares que abordan la enseñanza y aprendizaje de la estadística en el contexto de la formación de docentes de primaria plantean la necesidad de estructurar el proceso formativo alrededor de la resolución de problemas estadísticos. La resolución de problemas estadísticos involucra, como mínimo el planteamiento de un problema o pregunta, la recolección y/o la consideración de datos, el análisis de datos y la interpretación de resultados. De esta forma, debíamos abordar el conocimiento estadístico como un constructo complejo, que no involucra solo conocer y comprender conceptos, sino también utilizarlos, razonar y pensar con ellos.

Al plantearnos caracterizar el conocimiento estadístico inicial de los futuros docentes, resultaba crucial tener presente el objetivo de su formación en estadística, esencialmente, el desarrollo de su sentido estadístico. Desde este punto de vista, las tareas que íbamos a presentar a los futuros docentes en nuestra investigación deberían permitirnos comprender y describir sus acciones, sus procesos de razonamiento y articulación de ideas en estadística, tomando como referente el objetivo final de su formación en estadística, el desarrollo de su sentido estadístico.

En esta tesis entendemos sentido estadístico (Ubilla, 2019) como la interacción entre las habilidades descritas como alfabetización estadística, razonamiento y pensamiento estadístico. A partir del posicionamiento expuesto en el capítulo anterior, consideramos que los profesores deben ser estadísticamente alfabetos, es decir, ser capaces de interpretar y

evaluar la información estadística, así como discutir o comunicar sus reacciones a esta información. El razonamiento estadístico debe ayudarles a tomar decisiones informadas sobre qué procedimientos estadísticos utilizar al resolver problemas. También esperaríamos que los futuros profesores sean capaces de pensar estadísticamente, es decir, deben poder explicar por qué surgen ciertos resultados o por qué son necesarios determinados conceptos estadísticos. Aunque la idea de sentido estadístico sugiere una interacción entre los conceptos de alfabetización estadística, razonamiento y pensamiento, los sitúa en un orden jerárquico, con el pensamiento estadístico en un nivel superior (Ubilla y Gorgorió, 2021a). Así, el pensamiento estadístico de alguna forma subsume la alfabetización estadística y el razonamiento estadístico. Por ello, al caracterizar el conocimiento estadístico inicial desde la perspectiva del sentido estadístico, podemos centrar nuestra atención en el pensamiento estadístico.

El *ciclo de investigación estadística* (CIE) es una de las dimensiones que caracteriza el pensamiento estadístico (Wild y Pfannkuch, 1999). Las actividades basadas en el ciclo de investigación estadístico son coherentes con las propuestas para trabajar la estadística en los programas de formación docente. Por lo tanto, podíamos inserirlas con naturalidad como propuestas de aula en la asignatura Matemáticas para maestros del Grado de Educación Primaria, lo cual nos iba a permitir recoger datos para nuestra investigación. Por otra parte, el ciclo de investigación estadística es una estructura a través de la cual quienes la desarrollan pueden explicitar su sentido estadístico tal como justificamos seguidamente.

En Ubilla (2019) estudiamos cómo interactúan los diferentes componentes del sentido estadístico en el desarrollo de un ciclo de investigación estadística. La Figura 5 muestra las cinco fases del ciclo de investigación, junto con sus correspondientes categorías (Ubilla, 2019). Esta figura muestra en el centro la percepción de la variabilidad como un elemento nuclear presente durante todo el ciclo de investigación. Por otro lado, el desarrollo de un ciclo de investigación estadística se requiere del conocimiento del contexto, mientras que los conceptos estadísticos son una base esencial para poder desarrollarlo. En color azul, se identifican distintos tipos de razonamiento estadístico. Por último, las líneas discontinuas alrededor de cada uno de los elementos y entre las distintas fases tienen como finalidad transmitir el mensaje de que el ciclo de investigación estadística no es un proceso unidireccional. Las líneas discontinuas sugieren también que cada una de las decisiones y

componentes de las fases condicionan el desarrollo de las siguientes. Esto conlleva a que cada vez que sea necesario, quien desarrolle un ciclo de investigación estadística debe ser consciente de que puede regresar a las fases previas con tal de generar coherencia en el proceso que está desarrollando.

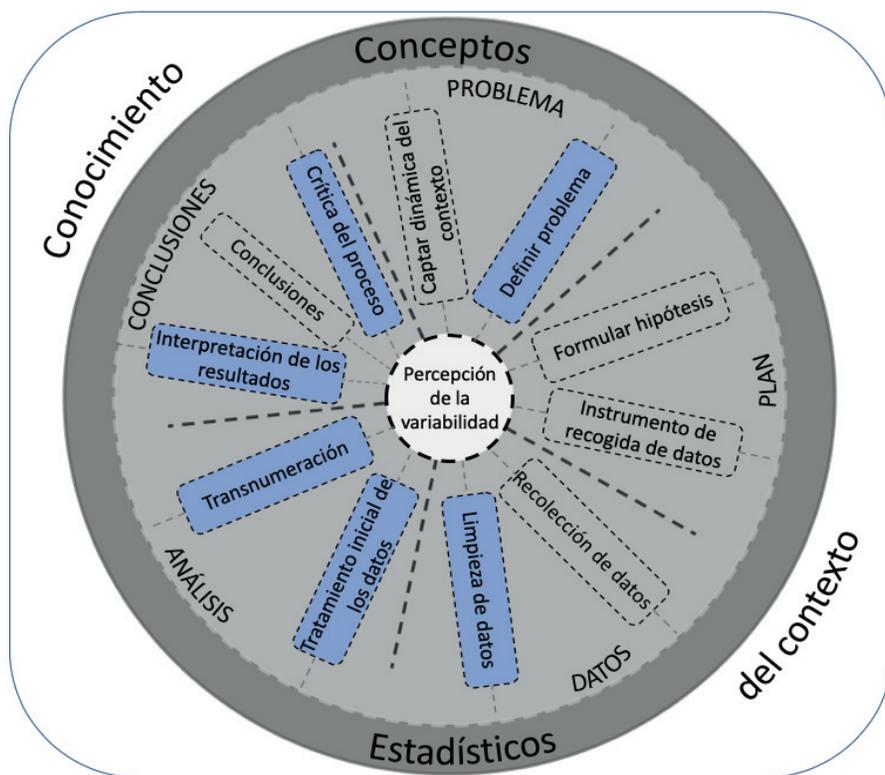


Figura 5. Componentes del sentido estadístico en un ciclo de investigación estadística (Ubilla, 2019, p. 591)

Por todo ello, en esta investigación consideramos el *ciclo de investigación estadística* como una estructura que nos permitiría organizar los instrumentos de recogida de datos para caracterizar el conocimiento estadístico inicial de los futuros docentes de educación primaria. De esta forma, la problemática planteada al inicio de este capítulo se concreta en el objetivo general de nuestra investigación:

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el conocimiento inicial en estadística de un grupo de futuros docentes de primaria cuando desarrollan un ciclo de investigación estadística.

Gould (2017) propuso que el futuro profesorado debía asumir tanto el rol de productores como el de consumidores de datos. Ser productores de datos implica trabajar con datos de primer orden, es decir, datos recolectados por los estudiantes. El ciclo de investigación estadística sitúa a los estudiantes en el rol de productores de datos. Ser consumidores de datos requiere trabajar con datos de segundo orden, es decir, datos recogidos por terceras personas con un propósito concreto. Además, ser consumidores de datos implica leer, interpretar, cuestionar y reaccionar frente a información estadística presente en diferentes contextos.

Por tanto, decidimos articular nuestra recogida de datos alrededor de dos actividades, estructuradas en base al ciclo de investigación estadística. La primera de ellas requeriría situarse en el rol de productores de datos, mientras que la segunda comportaría ser consumidores de datos. En la primera se manejarían datos de primer orden y en la segunda, datos de segundo orden. La combinación de las dos actividades nos iba a permitir caracterizar el conocimiento inicial sobre estadística de los futuros docentes en dos escenarios distintos, lo que iba a aportar información complementaria. Por otra parte, nuestro interés por fomentar el compromiso ciudadano de los futuros docentes en su contexto social comportó que los datos de segundo orden que íbamos a ofrecer a los participantes en el estudio situaran el ciclo de aprendizaje a partir de los datos que propusimos en el contexto de la estadística cívica.

De la doble interpretación de los futuros docentes como productores y como consumidores de datos y de nuestro interés por la estadística cívica, surgieron los dos objetivos específicos de esta tesis:

OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Caracterizar el conocimiento inicial en estadística de un grupo de futuros docentes de primaria cuando desarrollan un ciclo de investigación estadística con datos de primer orden.

OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Caracterizar el conocimiento inicial en estadística de un grupo de futuros docentes de primaria cuando desarrollan un ciclo de investigación estadística con datos de segundo orden en el contexto de la estadística cívica.

Considerar globalmente las acciones, los procesos de razonamiento y articulación de ideas explicitadas por los participantes cuando desarrollan un ciclo de investigación no solo como productores de datos sino también como consumidores de datos nos permitiría caracterizar el conocimiento inicial sobre estadística de los futuros docentes tal como se muestra en la Figura 6.

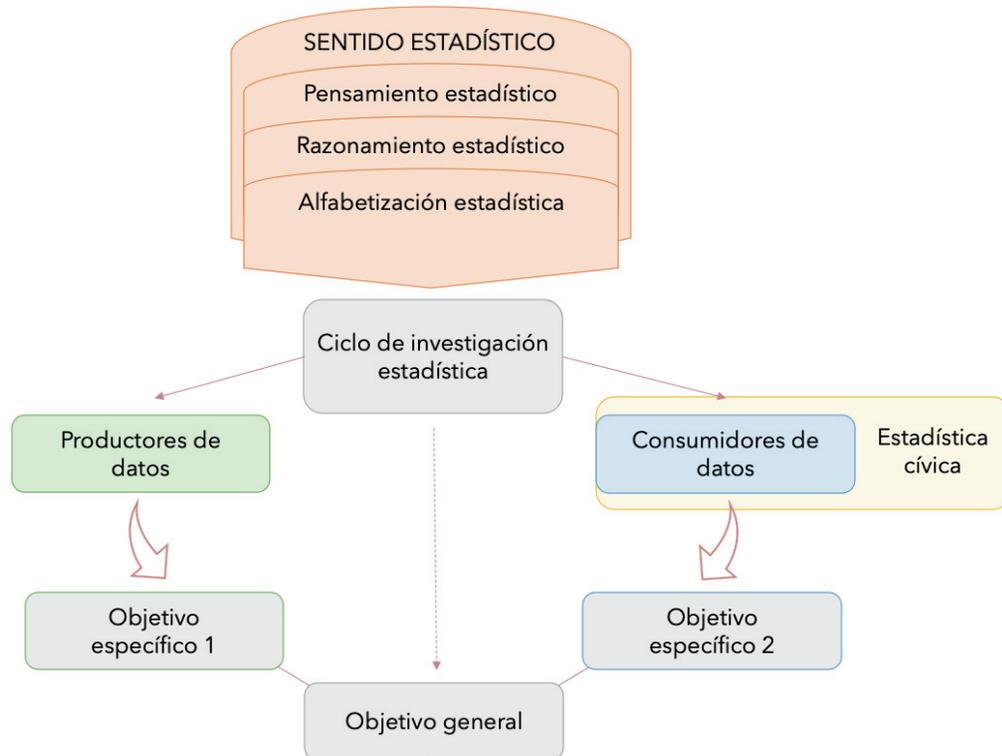


Figura 6. Relación entre el sentido estadístico, ciclo de investigación, roles de los futuros docentes y los objetivos de la tesis

IV. Métodos

Empezamos el capítulo presentando, en su primera sección, el diseño de la investigación desarrollada, mostrando de qué forma las distintas etapas del proceso se corresponden con los objetivos de la investigación. En la segunda sección, se presentan brevemente los instrumentos de recogida de datos (para más detalle ver Ubilla y Gorgorió (2021a) y Ubilla y Gorgorió (2021b) –, publicaciones que forman parte del compendio del compendio), y las decisiones tomadas al modificar el instrumento al pasar a la fase 2 de nuestra investigación. En la tercera sección presentamos brevemente los contextos en los que se recogieron los datos, las motivaciones para la selección de contexto y el proceso de recogida de datos, sin entrar a una descripción minuciosa puesto que quedan también descritas en las publicaciones que forman parte del compendio. Finalmente, en la cuarta sección presentamos la forma en que se abordó el análisis de datos obtenidos a partir de ambos instrumentos.

4.1. Diseño de la investigación

Nos situamos en un paradigma interpretativo, puesto que pretendemos comprender una realidad particular (Cohen et al., 2007). Abordamos nuestros objetivos desde un enfoque cualitativo cuando caracterizamos los datos, apoyándonos también en herramientas de la estadística descriptiva para interpretar los datos globalmente.

La investigación se desarrolla en tres etapas. Las dos primeras se corresponden con los dos objetivos específicos de la investigación. La tercera nos permite asegurar que los datos obtenidos en las dos primeras aportan información complementaria para el logro del objetivo general. Las etapas son:

- Etapa 1: Estudio de las acciones, los procesos de razonamiento y articulación de ideas de los participantes como productores de datos en el marco de un ciclo de investigación estadística. Esta etapa nos permite cumplir con el objetivo específico 1.
 - o Etapa 1.1: Diseñar, validar e implementar una actividad de aula basada en el ciclo de investigación estadística en la que los estudiantes de primer curso del grado de Educación Primaria deban situarse como productores de datos

- Etapa 1.2: Caracterizar los procesos de resolución que aparecen en los informes escritos de los participantes en el estudio cuando desarrollan la actividad basada en el ciclo de investigación estadística, recolectando sus propios datos.
- Etapa 2: Estudio de las acciones, los procesos de razonamiento y articulación de ideas de los participantes como consumidores de datos en el marco de un ciclo de investigación estadística en el contexto de la estadística cívica. Esta etapa nos permite cumplir con el objetivo específico 2.
 - Etapa 2.1: Rediseñar la actividad de aula basada en el ciclo de investigación estadística para situar a los participantes como consumidores de datos en el contexto de la estadística cívica.
 - Etapa 2.2: Caracterizar los procesos de resolución que aparecen en los informes escritos de los participantes en el estudio cuando desarrollan la actividad basada en el ciclo de investigación estadística partiendo de datos procedentes de una fuente externa.
- Etapa 3: Estudio de las diferencias y similitudes entre las acciones, los procesos de razonamiento y articulación de ideas explicitadas por los participantes en el desarrollo de un ciclo de investigación estadística desde el rol de productores y consumidores de datos.

4.2. Instrumentos de recogida de datos

Para el desarrollo de esta tesis doctoral se utilizaron dos instrumentos de recogida de datos correspondientes a las dos primeras etapas descritas más arriba. El primer instrumento se denomina “Respondiendo con datos nuestras preguntas”, el segundo “De un conjunto de datos a una noticia”. Ambos instrumentos se incorporaron como actividades de aula, en años académicos distintos, en el módulo de estadística del curso Matemática para Maestros del Grado de Educación Primaria de la Universitat Autònoma de Barcelona.

4.2.1. Respondiendo con datos nuestras preguntas

El primer instrumento de recogida de datos, *Respondiendo con datos nuestras preguntas* (Figura 7), estaba basado en las cinco fases que componen el ciclo de investigación propuesto por Wild y Pfannkuch (1999) y situaba a los participantes en el rol de productores de datos, puesto que ellos mismos debían recoger datos para dar respuesta a la pregunta que se habían planteado.

La actividad propuesta guiaba a los participantes a través de las cinco fases del ciclo: planteamiento de un problema; generación de un plan; recolección y de datos; análisis de los datos y generación de conclusiones. Al proponer esta actividad, agregamos al ciclo una sexta fase que denominamos *reflexión* (ver Imagen 2 y 3 en Ubilla, 2021, p. 65-66) puesto que consideremos que la capacidad de reflexión es un aspecto relevante para el desarrollo de un pensamiento estadístico. Esta actividad se implementó en dos contextos diferentes, sin modificación en su contenido, ya que el propósito era implementar el ciclo de investigación estadística tal como lo presentaron Wild y Pfannkuch (1999).

- | ACTIVIDAD: CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA |
|---|
| 1. Definan un tema de interés y una pregunta de investigación. |
| 2. Justifiquen la relevancia del tema a investigar y de la pregunta de investigación. |
| 3. Elaboren un instrumento de recogida de datos, justificando su construcción y las preguntas que lo conforman. |
| 4. Analicen los datos y expongan los resultados. |
| 5. Den una posible respuesta a la pregunta de investigación y establezcan conclusiones. |
| 6. Evalúen y reflexionen sobre todo el proceso identificando puntos fuertes y débiles. |

Figura 7. Instrumentos 1: Respondiendo con datos nuestras preguntas (Ubilla et al., 2021b, p. 6)

4.2.2. De un conjunto de datos a una noticia

Al igual que para el primer instrumento, la estructura de este segundo instrumento de recogida de datos sigue la pauta del ciclo de investigación estadística. Este segundo

instrumento surge de la reformulación del primero. Puesto que nos interesaba situar a los participantes como consumidores de datos, esta segunda actividad estaba planteada de tal forma que el ciclo partía de los datos que entregamos a los grupos junto con la pauta para el desarrollo de la actividad. A partir de los datos entregados, los participantes debían formular su pregunta de investigación y proceder a darle respuesta. Los datos, tablas y gráficos entregados procedían de la Eurostat, la Oficina Estadística de la Unión Europea, y de un estudio desarrollado por el Instituto Nacional de Estadística sobre “La vida de las mujeres y hombres en España”.

Entregamos la información organizada en cuatro temáticas sociales: trabajo y familia, educación y trabajo, hábitos y salud, y satisfacción con la vida. A partir de estos datos, la actividad requería que los participantes generaran preguntas de investigación que pudieran responderse mediante el análisis de los datos entregados, para finalmente comunicar los resultados y conclusiones a través de una noticia breve (para más detalles sobre la actividad ver Ubilla y Gorgorió (2021a)).

Además, esta segunda actividad se refinó a partir de implementarla en dos sesiones piloto con estudiantes de cuarto año del Grado de Educación Primaria de la UAB durante el curso académico 2018-19. A partir de sus comentarios sobre la actividad y la revisión de sus producciones escritas, se generó la versión final de la actividad que es la que mostramos a continuación en la Figura 8.

ACTIVIDAD: DE UNA BASE DE DATOS A UNA NOTICIA	
1.	Aproximación Comentad los datos de la tabla y los gráficos que se os han entregado ¿A qué hacen referencia? ¿Qué os sugieren?
2.	Identificación de variables ¿Qué variables identificáis en la tabla y los gráficos? ¿Qué valores toma cada una de las variables? ¿Qué tipo de variables son? ¿Por qué?
3.	Temática Estableced cuatro temáticas que puedan trabajarse con los datos entregados. Escoged una para trabajar durante la práctica y justificad su elección.
4.	Preguntas A partir de la temática escogida, haced una lista de preguntas que puedan responderse con los datos. Escoged una (o más de una) que vaya más allá de una lectura directa de los datos. Justificad vuestra elección.
5.	Plan ¿Cómo abordaréis el proceso para responder la pregunta planteada? Haced una lista de los pasos que vais a seguir, detallando las acciones necesarias para cada paso
6.	Datos Señalad las variables que utilizaréis para responder vuestra pregunta y de qué forma contribuirán a responderla. Si necesitáis una nueva variable, introducidla, definidla y señalad qué valores toma.
7.	Análisis Explicitad los cálculos hechos y por qué los hicisteis. Dibuja los gráficos que necesiten y expliquen por qué han escogido este tipo de representación.
8.	Resultados Escribid los resultados parciales de los diversos pasos que hechos hasta llegar a la respuesta a la pregunta que os habíais planteado.
9.	Conclusiones Interpretad los resultados obtenidos y redactad las conclusiones de vuestra investigación respondiendo así a la pregunta planteada.
10.	Reflexión Reflexionad sobre el proceso desarrollado. Identificad puntos fuertes y débiles y sugerencias para mejorarlos.
11.	Noticia En el seminario tenéis que presentar una noticia relacionada con vuestra práctica. La noticia debe tener título, subtítulo, recuadro de ideas básicas, fotografías y gráficos que la acompañen.

Figura 8. Instrumento 2: De una tabla de datos a una noticia (Ubilla y Gorgorió, 2021, p. S112)

4.2.3. Transición y comparación de instrumentos

En la publicación Ubilla (2021) planteamos una reflexión y discusión sobre las ventajas e inconvenientes de estas dos actividades, entendidas como actividades de aula. A continuación, justificamos por qué se diseñaron dos instrumentos que en su naturaleza son similares, puesto que ambos se basan en el ciclo de investigación, pero a la vez son diferentes en su estructura.

Ambos instrumentos están basados en el ciclo de investigación estadística puesto que, tal como hemos argumentado al establecer los objetivos, el ciclo nos permite recoger las evidencias del sentido estadístico manifestadas por los futuros docentes de educación primaria. Sin embargo, tienen una estructura distinta, diferentes características. Gran parte de la investigación que se ha desarrollado hasta el momento entorno al ciclo de investigación estadística en la formación del profesorado está vinculada al desarrollo de proyectos estadísticos. En dichos proyectos, por un lado, la pregunta de investigación está previamente establecida. Por otro, los estudiantes deben recoger sus propios datos a través de simulaciones o pequeñas encuestas, sin la necesidad de diseñar instrumentos de recogida de datos. En nuestro primer instrumento los estudiantes deben plantear la pregunta de investigación y diseñar el instrumento en que van a recoger sus propios datos.

El segundo objetivo específico de esta tesis era caracterizar el conocimiento inicial en estadística de un grupo de futuros docentes de primaria cuando desarrollaban un ciclo de investigación estadística con datos de segundo orden en el contexto de la estadística cívica. Para lograr el segundo objetivo necesitábamos generar un nuevo instrumento de recogida de datos. En particular, necesitábamos generar un instrumento en el que los estudiantes tomaran el rol de consumidores de datos, interactuando con información estadística presente en diferentes contextos y formatos (Gal, 2002). Desde el punto de vista del objetivo general de la tesis, trabajar con el ciclo de investigación estadística en el que los alumnos tomaban únicamente el rol de productores de datos no nos iba a permitir estudiar cómo se enfrentaban a representaciones y datos externos, ni tampoco saber cómo utilizarían la estadística para comprender y abordar temáticas sociales. Por otro lado, dada la naturaleza social de la estadística, consideramos relevante estudiar las acciones, procesos de pensamiento y articulación de ideas de los participantes en el estudio cuando desarrollaban un ciclo de investigación abordando temáticas sociales. Incorporar temáticas socialmente relevantes en el segundo instrumento nos llevó a considerar como base el trabajo desarrollado por el ProCivicStat (2018).

De esta forma, en el segundo instrumento los participantes actúan como consumidores de datos en una actividad basada en el ciclo de investigación en la que incorporamos representaciones e infografías que abordaban temáticas sociales, con algunas de las características propias de los materiales utilizados en la estadística cívica (ProCivicStat,

2018). Así, recogiendo datos con estos dos instrumentos nos iba a permitir caracterizar el sentido estadístico de los futuros docentes de primaria cuando se enfrentan a actividades que siguen una estructura coherente del ciclo de investigación estadística posicionándolos en dos roles diferentes, uno de generadores de datos y otro de consumidores de datos.

4.3. Obtención de datos

4.3.1. Participantes

Con los dos instrumentos diseñados se hicieron cuatro recogidas de datos como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Etapas, instrumentos, recogida de datos y participantes.

Etapas de la investigación	Instrumento	Contexto	Año académico	Participantes
Etapa 1	1	Curso Matemática para Maestros del Grado de Educación Primaria de la UAB	2017-18	134
		Curso Didáctica de las Matemáticas II de la carrera Pedagogía en Educación Básica de la PUC – Sede Santiago de Chile	2018-19	20
		Curso Didáctica de las Matemáticas I y II de la carrera Pedagogía en Educación Básica de la PUC – Sede Villarrica	2018-19	46
Etapa 2	2	Curso Matemática para Maestros del Grado de Educación Primaria de la UAB	2018-19	137

En esta tesis el grupo de población objeto de estudio son los estudiantes que inician el grado en Educación Primaria. Sin embargo, aprovechamos la oportunidad que se nos brindó para poder aplicar el primer instrumento de recogida de datos en dos instituciones

más, con un grupo de alumnos de Curso Didáctica de las Matemáticas II de la carrera Pedagogía en Educación Básica de la PUC – Sede Santiago de Chile y un grupo de alumnos de Curso Didáctica de las Matemáticas I y II de la carrera Pedagogía en Educación Básica de la PUC – Sede Villarrica. Al implementar el segundo instrumento nos centramos de nuevo en los estudiantes Curso Matemática para Maestros del Grado de Educación Primaria de la UAB.

La oportunidad que se nos brindó de recoger datos en Chile, nos permitió trabajar en dos grados universitarios con propósitos semejantes, pero con una estructura curricular diferente. Por otro lado, el grupo de participantes tenía una experiencia académica distinta con respecto a la estadística. En la UAB, trabajamos con estudiantes se encontraban en su primer año de carrera, con lo cual su base de conocimiento estadístico de partida para todo el grupo era el correspondiente la Enseñanza secundaria obligatoria. En la PUC las estudiantes habían cursado el semestre anterior una asignatura específica de estadística, que abordaba conceptos y procedimientos estadísticos sobre el análisis de datos (ver Ubilla et al. (2021b) para más detalles). Implementar el primer instrumento en la PUC nos permitiría profundizar en la comprensión del desarrollo del ciclo de investigación estadística en el contexto de la formación de docentes de primaria.

4.3.2. Recogida de datos

El proceso de recolección de datos se llevó a cabo en condiciones similares en ambas etapas y en los distintos contextos, implementándose los instrumentos como actividades integradas en la asignatura correspondiente. En el caso de la UAB, los dos instrumentos se insertaron como actividades en el bloque en que se trataba la estadística dentro de la asignatura Matemáticas para Maestros del Grado de Educación Primaria. Algo similar ocurrió en ambas sedes de la PUC, donde los instrumentos se integraron como actividades en los cursos Didáctica de las Matemáticas I y II de la carrera Pedagogía en Educación Básica. En todas las sesiones estuvieron presente los profesores de cada curso y la autora de esta tesis para asegurar que el desarrollo de la actividad cumpliera con las características necesarias de la implementación de un instrumento de recogida de datos.

La implementación del primer instrumento de recogida de datos en la UAB se llevó a cabo durante 4 sesiones de 90 minutos cada una. Durante la primera sesión se revisaron algunos conceptos estadísticos clave como representaciones estadísticas (gráficos, tablas de doble entrada y medidas de centralización), se reflexionó conjuntamente sobre la lectura y utilización de esas representaciones en algunos medios de comunicación. Durante las tres sesiones restantes, las estudiantes desarrollaron la actividad en 34 grupos de trabajo de entre 3 a 4 integrantes.

Por otro lado, en cada sede de la PUC, la actividad se desarrolló durante 4 sesiones de 80 minutos cada una siguiendo la misma estructura desarrollada en la UAB. La única diferencia se presenta en la primera sesión, puesto que en las dos sedes de la PUC se presentó a las estudiantes la estructura del ciclo de investigación estadística puesto que la asignatura en que se implementó el instrumento era una asignatura de didáctica. En la PUC, las estudiantes trabajaron en 6 grupos en la sede de Santiago y en 15 grupos en la sede de Villarrica todos los grupos conformados por 3 a 4 integrantes.

En todos los casos, los grupos debían generar un informe escrito a mano en el cual dieran respuesta a cada punto de la actividad. Se les permitió utilizar alguna herramienta tecnológica para, por ejemplo, la generación de gráficos, pero debían adjuntar el proceso llevado a cabo en los informes escritos. A partir de la implementación del instrumento 1 recogimos 55 informes escritos, que constituyen los datos para dar respuesta al objetivo específico 1 de nuestra tesis.

El instrumento 2 se implementó durante 6 sesiones de 90 minutos en la UAB. Durante la primera sesión, se revisaron tablas y gráficos provenientes de la base de datos de la Eurostat y noticias de periódicos relacionadas con los datos entregados a las estudiantes. Durante las sesiones 2, 3 y 4, los 34 grupos de trabajo, formados por 3 o 4 integrantes, desarrollaron la actividad. Durante la sesión 5 y 6 cada grupo presentó al resto del curso y a los profesores las noticias que habían generado y se discutió sobre la pertinencia de los conceptos y procedimientos estadísticos utilizados (ver detalles en Ubilla y Gorgorió, 2021a). Después de cerrar la actividad, cada grupo entregó un informe escrito. De esta forma, obtuvimos otro paquete de datos para nuestra investigación conteniendo 9 informes escritos para la temática educación y trabajo, 10 para la temática hábitos y salud, 9 para la temática trabajo y familia

y 10 para la temática satisfacción con la vida. Estos informes constituyen los datos que nos permitieron alcanzar el objetivo específico 2.

4.4. Análisis

Tal como se explicó en la sección anterior, los datos de esta tesis corresponden a los informes escritos por los distintos grupos de estudiantes al completar las dos actividades que constituyen nuestros instrumentos de recogida de datos. Debido a las características de nuestros datos, hicimos un análisis de contenido. A partir de los textos escritos, los analizamos, interrogándolos y reduciéndolos, tanto a partir de categorías preexistentes como de temas emergentes con el fin de probar o generar una teoría (Cohen et al., 2007). En los documentos publicados, en general, presentamos las categorías construidas, las definimos y entregamos ejemplos. Sin embargo, dadas las limitaciones de espacio de las publicaciones no pudimos entrar a especificar cómo se desarrolló el análisis. Por ello, a continuación, presentamos, para cada uno de los instrumentos, el proceso de análisis seguido.

4.4.1 Análisis de los ciclos de investigación

Para el análisis de los datos obtenidos con el primer instrumento utilizamos la herramienta Excel®. Se hizo una primera recogida de datos el curso académico 2017-18 en la UAB con el primer instrumento. A partir de estos datos generamos un sistema de categorías (Ubilla et al., 2019) que permite caracterizar los informes escritos de las estudiantes cuando desarrollan un ciclo de investigación estadística. Partiendo de este primer sistema de categorías, realizamos un análisis deductivo-inductivo de los informes escritos recogidos en ambas sedes de la PUC durante el curso 2018-19 también con el primer instrumento.

El análisis empezó siempre reduciendo los datos a unidades de significado. Las unidades de significado son oraciones o párrafos que tienen sentido por sí mismos y permiten interpretar nuestros datos a la luz de nuestros objetivos de investigación (Cohen et al., 2007). A partir de las unidades de significado, por una parte, hicimos un análisis deductivo utilizando el sistema de categorías propuesto por Ubilla et al. (2019) y, por otro lado, un análisis inductivo ya que emergieron nuevas categorías y subcategorías.

La Figura 9 muestra el primer proceso de análisis de datos. En la parte inferior de esta imagen puede verse que generamos seis hojas de Excel, una para cada una de las fases del ciclo de investigación estadística (Fase 1 a 5) y una última hoja con las respuestas a la tarea 6 de la actividad. A modo de ejemplo, la Figura 9 muestra, por un lado, la transcripción del catalán al castellano de las unidades de significado y, por otro, la clasificación de estas en las categorías establecidas en Ubilla et al. (2019) para la fase 1 llamada “problema”.

	Grupo	Centro de interés	Justificación	¿Diferencian entre C.I y P.I/QQ5?	¿Formulan una PI explícita?	¿Cómo es la pregunta?	¿Qué quieren saber?	Tipo de pregunta			Conceptos estadísticos/matemáticos	Otro
								Resumen	Relación	Comparación		
DIDÁCTICA 1 - VILLARRICA												
1	G1	Clases después de práctica	En cada clase dictada a l	1	1	¿Cuánta concentración/m		1				
2	G2	Cantidad de fumadores dentro del curso de did	Uno de los puntos que no	0	1	¿cuántos fumadores hay d	Cantidad de fumadores dent	1				
3	G3	Menciones	hemos elegido ese tema	1	1	¿cuál es la preferencia de						
4	G4		Dentro del campus Villarr	0	0		cuales son los lugares especi	1				
5	G5	Música y los estudios	Como grupos teníamos ur	0	1	¿influye el gusto musical e			1			
DIDÁCTICA 2 - VILLARRICA												
6	G6			0	0			0	0	0	0	
7	G7	El ocio en la universidad	Ha sido un tema controver	1	1	¿Cuánto y cómo dedicame	cuánto es el tiempo que logr	1				
8	G8	Uso del computador en la universidad		1	1	¿cuán importante es disp						
9	G9	Fomento lector	Consideramos que es un a	1	1	¿cuánto dedican a la lectu	saber sobre el tiempo que c	1				
10	G10	Donación de sangre	nos interesa saber ...	0	0		¿cuántos de nuestro compa	1				
11	G11		la elección de este tema	0	1	¿las personas son respons						
12	G12	Nomofobia	creemos que el uso deper	1	1	¿Cuán dependiente eres d	conocer la realidad de nuest	1				
13	G13	Estudios vs familia vs ocio	debido al debate que ha s	1	1	¿cuál es la distribución de		0				
14	G14	Satisfacción de la carrera	para visibilizar cuántos es	1	1	¿qué tan satisfecho estás c			1			
15	G15		queremos saber si vivir en	0	1	¿dónde vives actualmente				1		
DIDÁCTICA 2 - SANTIAGO												
16	G16	Alimentación en estudiantes universitarios	porque la época de desari	1	1	¿cómo se alimentan los y	conocer de qué manera los y		1			
17	G17	El desafío que implica el traslado a la universida	se considera relevante est	1	1	¿qué tan desafiante es el t				1		
18	G18	Redes sociales	nos interesa cuantificar el	1	1	¿cuántas personas del cur		0	1			
19	G19		es sabido que los estudian	0	1	¿cuánto demoran en llega	calcular cuantas horas, tiem			1		
20	G20	El tiempo de ocio de estudiantes universitarios	nace de una discusión del	1	1	¿cuánto tiempo le dedica				1		
21	G21		nos parece interesante in	0	1	¿qué estilo de alimentació				1		

Figura 9. Transcripción del texto de los informes.

Una vez se asignó cada grupo a una categoría para cada fase, continuando con el proceso de análisis, se caracterizaron los informes escritos de cada grupo, ubicándolos en cada una de las categorías existentes, pero también en las categorías que emergieron del proceso anteriormente descrito. De esta forma, caracterizamos todos y cada uno de los grupos en función de las acciones, procesos de razonamiento y articulación de ideas que evidenciaron en cada fase, tal como puede verse en la Figura 10.

Grupos	Captar la dinámica del entorno			Definición del problema					
	Justificación			Foco			Propósito y Pregunta de investigación		
	Relevancia para el contexto	Curiosidad sobre una situación observada	Interés para el grupo e los participantes	Presenta	Académico	Ocio	Resumen	Comparación	Relación
DIDÁCTICA 1 - VILLARRICA									
G1									
G2									
G3									
G4									
G5									
DIDÁCTICA 2 - VILLARRICA									
G6									
G7									
G8									
G9									
G10								1	
G11									
G12									
G13								1	
G14									
G15									
DIDÁCTICA 2 - SANTIAGO									
G16									
G17									
G18									
G19									
G20									
G21									

Figura 10. Ubicación de los grupos en las categorías.

Finalmente, para poder considerar el desarrollo del ciclo de investigación estadística en los tres centros, la Figura 11 muestra el recuento de frecuencias absolutas y relativas para los grupos de estudiantes de la UAB y PUC en cada una de las categorías y subcategorías.

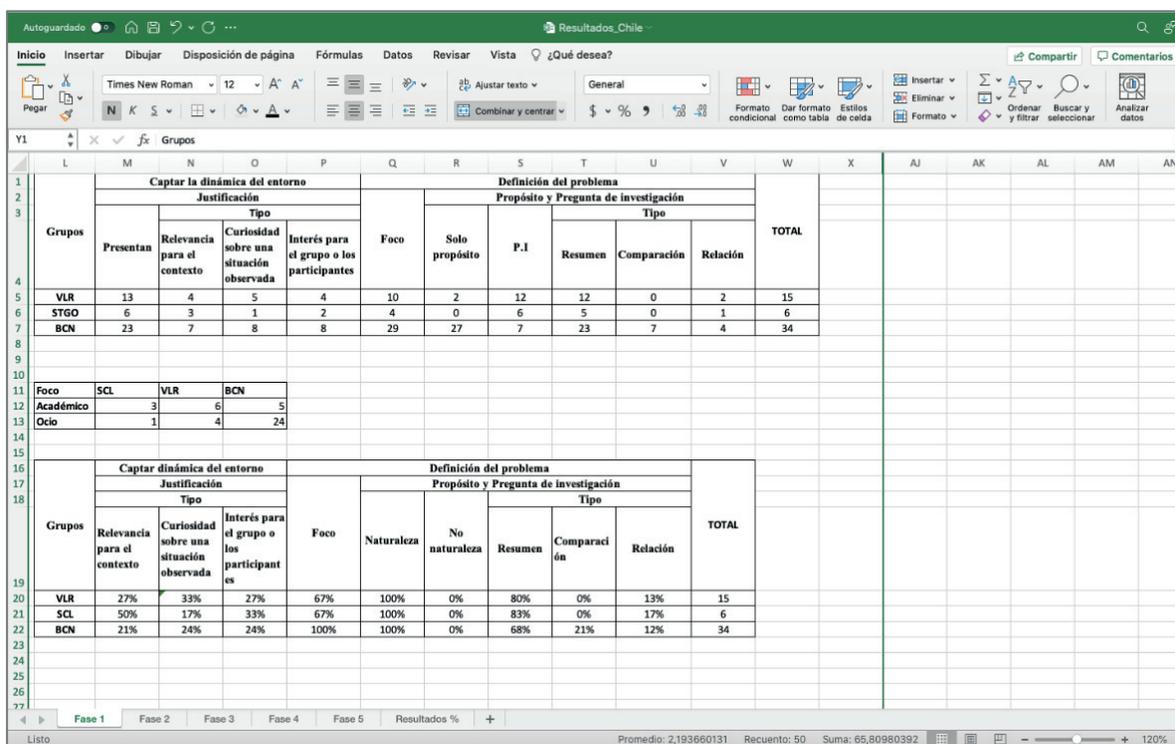


Figura 11. Recuento por categoría e institución.

4.4.2 Análisis de los ciclos de aprendizaje a partir de los datos

Durante el desarrollo del doctorado hemos presentado en diferentes congresos, nacionales e internacionales, resultados parciales del análisis de los datos recogidos a partir del segundo instrumento, el desarrollo del ciclo de investigación cuando los estudiantes parten de datos que se les entregan recogidos en tablas, gráficos e infografías. Estos resultados han sido publicados en las actas de los correspondientes congresos después de un proceso de revisión ciego (ver en el capítulo siguiente la relación de publicaciones y objetivos).

Para el análisis de los datos obtenidos con la implementación del segundo instrumento, utilizamos la herramienta Excel® y el programa Atlas.ti®. En cada caso, el tipo de análisis desarrollado dependía del propósito que teníamos. Por ejemplo, frente a las repuestas a la tarea 2 – *identificación de variables* - desarrollamos un análisis inductivo – deductivo que describimos a continuación.

En primer lugar, generamos una lista con las variables que, desde nuestra mirada, aparecían en las tablas y gráficos de cada temática. Esta lista incluía las variables, los valores

que tomaban y su tipología. Tomamos esta lista que habíamos creado como punto de partida para analizar las respuestas a la tarea 2 de los 9 grupos que trabajaron con la temática educación y trabajo. Para este análisis generamos en la herramienta Atlas.ti® el código “correcto”, de color verde claro, “parcialmente correcto”, de color verde oscuro, e “incorrecto”, de color rojo, como se observa en la Figura 12.

Además, para cada variable de nuestra lista generamos distintos códigos. Así, para la variable *Población* generamos el código *población – valor numérico* y el código *población – cuanti discreta*. El primero de ellos surge del hecho de que la variable población toma valores numéricos y nos permite recoger los textos que escribieron en la columna “valores que toma” (valors que pren) los grupos que identificaron la variable población. El segundo código generado para la variable población es “*población – cuanti discreta*” proviene de que la variable población es una variable cuantitativa discreta, y nos permite recoger los textos que escribieron en la columna “tipos de variable y justificación” (tipus de variable i justificació) los grupos que identificaron la variable población. De esta manera, como se observa en la Figura 12, a cada unidad de significado le corresponden dos códigos, dependiendo si esta aparece como respuesta a la pregunta “valores que toma” o a la pregunta “tipos de variable y justificación” y si el texto es “correcto”, “parcialmente correcto” o “incorrecto”.

Una vez contrastadas las respuestas de los grupos con la lista que habíamos generado y clasificando las respuestas como correctas, parcialmente correctas e incorrectas, constatamos que se repetían ciertas interpretaciones de los grupos sobre cómo identifican variables, sus valores y tipologías. Identificamos estas recurrencias con un código de color azul para los textos correspondientes a “variable”, color anaranjado para los textos correspondientes a “valores que toma” y amarillo para los textos correspondientes a “tipos de variable y justificación” tal como se observa en la Figura 12.

A partir de identificar estas recurrencias en los informes de los 9 grupos que trabajaron en la temática educación y trabajo, generamos un primer sistema de categorías sobre cómo identificaron variables, valores y tipología los participantes en el estudio. Partiendo de este primer sistema de categorías, repetimos el proceso anteriormente descrito para los 29 informes restantes.

FASE 0: IDENTIFICACIÓ DE VARIABLES I VALORS		
Quines variables identifiqueu a la taula de dades que us hem entregat per fer aquesta pràctica? Quins valors pren cadascuna de les variables? Quin tipus de variable és? Per què?		
variable	valors que pren	tipus de variable i justificació
Població	nº persones	Quantitativa (perquè es defineix per un número) i discreta (perquè no es pot fraccionar)
Sexe	home o dona	Qualitativa (perquè descriu una qualitat) i nominal (perquè és o una cosa o l'altra)
Regió	1, 2, 3 o 4	Qualitativa (perquè cada nº de regió fa referència a un territori) i nominal (perquè és o una regió o una altra)
Població activa aturada(%)	%	Quantitativa (perquè es defineix amb un número) i continua (perquè al ser % pot haver-hi decimals)
PIB per capita	en EPA	Quantitativa (perquè es defineix per un número) i discreta (perquè no es pot fraccionar)
Població amb estudis de nivell superior	%	Quantitativa (perquè es defineix amb un número) i continua (perquè al ser % pot haver-hi decimals)
Població activa	nº de persones en milers	Quantitativa (perquè es defineix amb un número) i discreta (perquè no es pot fraccionar)

R11.1	Correcto	Población - cuanti discreta	R11.1	Correcto	Población - valor numérico
R12.1	Correcto	Sexo - cuali nominal	R12.1	Correcto	Sexo - femenino/masculino
R13.1	Incorrecto	Región - 4 regiones de ue	R13.1	Correcto	Región - cuali nominal
R19.1	Variables y valores combina...		R21.1	Tipología según naturaleza...	Tipología según valor asign...
R11.2	Parcialmente correcto	PIB - valor numérico	R11.2	Incorrecto	PIB - valor EPA
R19.2	Variables y valores combina...		R24.1	Tipología según valor asign...	Porcentajes como frecuenci...
R19.3	Variables y valores combina...		R25.1	Tipología según naturaleza...	

Figura 12. Ejemplo del proceso de análisis de las respuestas a la tarea 2.

Continuando con el análisis de los datos obtenidos con el instrumento 2, hicimos un análisis deductivo de las respuestas a la tarea 4 – *planteamiento de preguntas*. Para ello, partimos de la clasificación de preguntas estadísticas de Arnold (2013), las características que tienen las preguntas investigables (Arnold, 2013, p. 111) y preguntas de análisis (Arnold, 2013; Bargagliotti et al., 2021, p. 431; Puloka et al., 2021). Posteriormente, siguiendo las categorías para tipos de preguntas propuesto por Friel et al. (2001), clasificamos las preguntas de cada grupo. Cuando no respondían a los tres tipos de preguntas de Friel et al. (2001) lo indicábamos en la última columna. Esta clasificación puede observarse en la Figura 13. Este proceso nos permitió generar una cuarta categoría que incluía las preguntas que se plantearon los futuros docentes frente a representaciones con características de la estadística cívica.

Auto guardado | Análisis preguntas planteadas -ICOTS- V5

Inicio | Insertar | Dibujar | Disposición de página | Fórmulas | Datos | Revisar | Vista | ¿Qué desea?

Calibri (Cuerpo) 12 | Ajustar texto | General | Formato condicional | Dar formato como tabla | Estilos de celda | Insertar | Eliminar | Formato | Suma | Ordenar y filtrar | Buscar y seleccionar | Análisis de datos

B21 | ¿El hecho de tener estudios superiores supone una mejor posición laboral?

A	B	E	F	G	H	I	J
1	Grupo	Elementary question (What is ...? / ¿Cuál es ...? / How many ...? / ¿Cuántos ...?)	Intermediate question (How [smith] change ...? / ¿Cómo ha cambiado [algo] ...? / How many [smith] have more than [frequency] ...? / How [smith] compare to ...?)	Friel et al. (2001) Overall question (What is the trend of ...? / ¿Cuál es al tendencia de ...? / How would you describe the connection between ...? / How would you describe the data behavior?)	más allá		
2							
3	¿Podemos encontrar discriminación de género en las directivas de las empresas?	1					
4	¿La discriminación de género va ligada directamente a los países más pobres?				1		
5	¿Cuáles son las causas de la brecha salarial?					1	
6	¿Está relacionado el nivel de estudios de las mujeres con los cargos que ocupan?					1	
7	¿Cuál es el país con la diferencia numérica más grande entre hombres y mujeres?	1					
8	¿Cuál es el país que tiene más mujeres directivas?	1					
9	¿Qué tendencias se observan entre el nivel de estudios superiores y los cargos directivos de los países donde la diferencia de sexo es más grande, más pequeña y la más próxima a la UE?				1		
10	De la población activa de estos países, ¿cuántos hombres y cuántas mujeres son directivos/as?		1				
11	¿Cuál de los dos sexos tiene un porcentaje más elevado en estudios superiores en España?	1					
12	¿Cuál de los dos sexos ocupa en mayor porcentaje los cargos directivos?	1					
13	En educación superior, ¿España está por sobre la media europea?		1				
14	¿La brecha salarial de España dónde se sitúa respecto a la Unión Europea?		1				
15	¿El nivel educativo de las mujeres es superior al de los hombres?		1				
16	¿La región influye en el nivel educativo?				1		
17	¿La edad y el género son factores que influyen al nivel educativo?				1		
18	¿El género influye en el nivel educativo superior?				1		
19	¿Es proporcional el nivel de estudios de los hombres y las mujeres en relación al trabajo que acaban consiguiendo?		1				
20	¿Influye los estudios cursados con el inicio del primer trabajo?				1		
21	¿El hecho de tener estudios superiores supone una mejor posición laboral?					1	

Crterios IQ | Crterios AQ | Question level | Ejemplos preguntas | Clasificación Preguntas EyT | Clasificación Preguntas HyS | Clasificación Preguntas TyF | Clasificación Preguntas SV | Análisis

Listo | Accesibilidad: es necesario investigar | 100%

Figura 13. Ejemplo del proceso de análisis de las respuestas a la tarea 4.

Para más detalles sobre la definición de las distintas categorías o los ejemplos que las ilustran el lector puede recurrir a las distintas publicaciones del compendio, en particular a Ubilla y Gorgorió (2022) y Ubilla y Gorgorió (en prensa).

V. Publicaciones

5.1. Relación de las publicaciones con los objetivos planteados

La Tabla 5 muestra la relación entre los objetivos específicos expuesto en la sección 3.4 y las diferentes aportaciones publicadas durante las distintas etapas del desarrollo de la tesis doctoral. Se señalan en color azul las cuatro publicaciones en formato de artículo que conforman el compendio de publicaciones de esta tesis.

Tabla 5. Publicaciones generadas durante el desarrollo de la tesis doctoral.

Objetivos específicos y etapas	Publicaciones que reflejan el cumplimiento de los objetivos	Tipo de publicación	Estado	Lugar de publicación
Objetivo específico 1 – Etapa 1.1	Ubilla, F., Gorgorió, N., y Prat, M. (2019). The investigative cycle: developing a model to interpret the written statistical reports of pre-service primary school teachers.	Comunicación oral CERME11	En actas	Actas CERME11
	Ubilla, F.M., Vásquez, C., Rojas, F. y Gorgorió, N. (2021). Santiago – Villarrica – Barcelona: The statistical investigative cycle in primary education teacher training.	Artículo de investigación	Publicado	Statistics Education Research Journal
Objetivo específico 1 – Etapa 1.2	Ubilla, F. (2019) Componentes del sentido estadístico en un ciclo de investigación estadística desarrollado por futuras maestras de primaria.	Comunicación en congreso	En actas	Actas XXIII SEIEM.

	Ubilla, F.M. y Gorgorió, N. (2021). Sobre como transitan los futuros maestros por el ciclo de investigación estadística: orientaciones para la implementación de proyectos estadísticos.	Artículo de investigación	Publicado	Boletín de Educación Matemática (BOLEMA).
Objetivo específico 2 – Etapa 2.1	Ubilla, F.M., Gorgorió, N. y Albarracín, L. (2021) De una tabla de datos a una noticia: la educación estadística en la formación de maestros de primaria.	Comunicación en congreso	En actas	CIDUI 2020+1
	Ubilla, FM. & Gorgorió, N. (2021). From a source of real data to a brief news report: Introducing first-year preservice teachers to the basic cycle of learning from data.	Artículo	Publicado	Teaching Statistics
Objetivo específico 2 – Etapa 2.2	Ubilla F.M. & Gorgorió, N. (2021). What meaning do future elementary schoolteachers attach to the <i>numbers</i> that appear in a Eurostat database?	Comunicación en congreso	En actas	IASE Satellite Conference
	Ubilla, F. M. (2021). ¿Qué rol juegan los datos en el ciclo de investigación estadística? <i>Uno: Revista de didáctica de las matemáticas</i> , (91), 63-68.	Artículo	Publicado	UNO. Revista de didáctica de las matemáticas
	Ubilla, F.M & Gorgorió, N. (en prensa). What kinds of questions are formulated by a group of student teachers when dealing with data representations that address social issues?	Comunicación en congreso	Aceptada	11 th International Conference of Teaching Statistics (ICOTS-11)

En la sección siguiente se presentan los artículos que conforman el compendio de publicaciones de esta tesis doctoral. Todos ellos han sido ya publicados: la publicaciones 1 y 2 en acceso abierto, la publicación 3 se encuentra disponible para su lectura en línea en la página de la revista, mientras que la publicación 4 no es de acceso abierto.

Con la finalidad de presentar las publicaciones siguiendo un formato coherente y respetando el acuerdo de difusión correspondiente a cada revista, presentamos para cada publicación la primera página con el resumen y las palabras clave, la referencia y el enlace para el acceso virtual a las publicaciones. Cabe destacar que cuando esta tesis se comparta con los miembros del tribunal, estos recibirán de manera adjunta los documentos publicados, independientemente de las restricciones que puedan existir para su difusión, restricciones que, sin embargo, se mantendrán para los demás lectores en general.

5.2. Artículos

5.2.1. Santiago-Villarrica-Barcelona: The statistical investigative cycle in primary education teacher training

Ubilla, F.M., Vásquez, C., Rojas, F. y Gorgorió, N. (2021). Santiago – Villarrica – Barcelona: The statistical investigative cycle in primary education teacher training. *Statistics Education Research Journal*, 20(2). <https://doi.org/10.52041/serj.v20i2.392>

Acceso en línea: <https://iase-web.org/ojs/SERJ/article/view/392>

SANTIAGO – VILLARRICA – BARCELONA: THE STATISTICAL INVESTIGATIVE CYCLE IN PRIMARY EDUCATION TEACHER TRAINING

FRANCISCA M. UBILLA
Universitat Autònoma de Barcelona
francisca.manriquez@e-campus.uab.cat

CLAUDIA VÁSQUEZ
Pontificia Universidad Católica de Chile
cavasque@uc.cl

FRANCISCO ROJAS
Pontificia Universidad Católica de Chile
frojass@uc.cl

NÚRIA GORGORIÓ
Universitat Autònoma de Barcelona
nuria.gorgorio@uab.cat

ABSTRACT

We consider the ability to complete an investigative cycle as an indicator of the robustness of students' statistical knowledge. From this standpoint, we analyzed the written reports of primary education student teachers when they developed an investigative cycle in a Chilean and a Spanish university. In their development of the stages of the cycle we observed characteristics common to the centers (for example, summary research questions and conclusions that are a simple concatenation of results), and differential features (the data collection tools and techniques, among others). Armed with knowledge of how future teachers approach and understand an investigative cycle, we are able to contribute ideas that influence their training, building bridges between what they learn and what they should teach.

Keywords: *Statistics education research; Primary teacher training; Statistical investigative cycle*

5.2.2. Sobre cómo transitan los futuros maestros por el ciclo de investigación estadística: orientaciones para la implementación de proyectos estadísticos

Ubilla, F.M. y Gorgorió, N. (2021). Sobre cómo transitan los futuros maestros por el ciclo de investigación estadística: orientaciones para la implementación de proyectos estadísticos. *BOLEMA- Boletim de Educação Matemática*, 35(71).
<https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n71a24>

Acceso en línea: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/gNmsVSx89YPz65h7nkGpyRt/?lang=es>

ISSN 1980-4415
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v35n71a24>

Sobre cómo transitan los futuros maestros por el ciclo de investigación estadística: orientaciones para la implementación de proyectos estadísticos

Sobre como os futuros professores passam pelo ciclo de investigação estatística: propostas para a implementação de projetos estatísticos

Francisca M. Ubilla*
 ORCID iD 0000-0002-1784-1186

Núria Gorgorió**
 ORCID iD 0000-0003-3503-9143

Resumen

El trabajo por proyectos tiene cada vez más protagonismo en la formación estadística de los futuros maestros. En nuestro estudio, propusimos a un grupo de estudiantes para maestro de primaria, en su primer año de formación, el desarrollo de un proyecto articulado alrededor de las fases del ciclo de investigación estadística. Nuestros datos fueron los informes escritos generados por 34 grupos de trabajo. A partir de un análisis deductivo, caracterizamos las fases de los ciclos de investigación generados por los estudiantes al desarrollar sus proyectos e identificamos patrones de recorrido entre dimensiones de las distintas fases. Globalmente, los resultados de nuestro estudio confirman el potencial del trabajo por proyectos articulados como un ciclo de investigación estadística y nos permiten establecer orientaciones para la implementación de proyectos estadísticos, señalando aspectos sobre los que podría incidirse para promover el desarrollo del pensamiento estadístico de los futuros maestros.

Palabras clave: Educación estadística. Pensamiento estadístico. Proyecto estadístico. Ciclo de investigación. Formación inicial de maestros de primaria.

5.2.3 From a source of real data to a brief news report: Introducing first-year preservice teachers to the basic cycle of learning from data

Ubilla, F.M. & Gorgorió, N. (2021). From a source of real data to a brief news report: Introducing first-year preservice teachers to the basic cycle of learning from data. *Teaching Statistics*, (43), S110–S123. <https://doi.org/10.1111/test.12246>

Acceso lectura en línea: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/test.12246>

Received: 24 July 2020	Revised: 28 October 2020	Accepted: 29 October 2020
------------------------	--------------------------	---------------------------

DOI: 10.1111/test.12246

ORIGINAL ARTICLE WILEY

From a source of real data to a brief news report: Introducing first-year preservice teachers to the basic cycle of learning from data

Francisca M. Ubilla  | **Núria Gorgorió** 

Department of Didactics of Mathematics, Autonomous University of Barcelona, Catalonia, Spain

Correspondence
Francisca M. Ubilla, Department of Didactics of Mathematics, Autonomous University of Barcelona, Catalonia, Spain.
Email: francisca.manriquez@e-campus.uab.cat

Funding information
Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), Grant/Award Number: DOCTORAL GRANTS CHILE/2018 - 72190313; Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Grant/Award Number: EDU2017-8247-R

Abstract
Statistical data is used in the media and on online platforms, often with an interpretation that serves some commercial or political purpose. Primary preservice teachers must be able to understand statistical data and analyze it critically. Only in this way will they be able to contribute as future teachers to the development of a critical spirit in the community. We present the process of construction on a teacher-training program of an activity for first-year students (aged 19) based on data published by Eurostat. The activity, structured around the basic cycle of learning from data, provided real data on different topics in the form of tables, graphs and infographics, and its final goal required students to generate a brief news report based on what they had learned from the data. Finally, we note that this activity can be used at various levels, from secondary education to the introductory tertiary.

KEYWORDS
preservice teachers, real data, statistical sense, teaching, teaching statistics, the basic cycle of learning from data

5.2.4. ¿Qué rol juegan los datos en el ciclo de investigación estadística?

Ubilla, F. M. (2021). ¿Qué rol juegan los datos en el ciclo de investigación estadística? *Uno. Revista de didáctica de las matemáticas*, (91), 63-68.

Acceso en línea: <https://www.grao.com/es/producto/que-rol-juegan-los-datos-en-el-ciclo-de-investigacion-estadistica-un091100591>

¿Qué rol juegan los datos en el ciclo de investigación estadística?

Francisca M. Ubilla
Universidad Autónoma de Barcelona



Comparamos dos actividades desarrolladas al inicio de la formación del profesorado de primaria. Ambas actividades se basan en el ciclo de investigación estadística y tienen una misma estructura, pero una requiere recoger datos y la otra parte de datos ya existentes. Identificamos potencialidades y limitaciones en ambas actividades y proponemos una nueva tipología de actividad que incorpora elementos de cada una de ellas.

PALABRAS CLAVE

- EDUCACIÓN ESTADÍSTICA
- INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA
- TRABAJO POR PROYECTOS
- FORMACIÓN DEL PROFESORADO

Uno Revista de Didáctica de las Matemáticas • núm. 91 • pp. 63-68 • enero 2021 **63**

5.3. Publicaciones en actas de congresos con proceso de revisión por pares

En esta sección presentamos las publicaciones en actas de congresos con proceso de revisión por pares siguiendo el mismo formato que para los artículos presentados en la sección anterior

5.3.1. The investigative cycle: Developing a model to interpret written statistical reports of pre-service primary school teachers

Ubilla, F., Gorgorió, N. & Prat, M. (2019). The investigative cycle: Developing a model to interpret written statistical reports of pre-service primary school teachers. *Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME11)*, Utrecht University, Feb 2019, Utrecht, Netherlands. [hal-02412854](https://hal.archives-ouvertes.fr/CERME11/hal-02412854)

Acceso en línea: <https://hal.archives-ouvertes.fr/CERME11/hal-02412854>

Thematic Working Group 05

The investigative cycle: Developing a model to interpret written statistical reports of pre-service primary school teachers

Francisca Ubilla¹, Núria Gorgorió² and Montserrat Prat³

¹Universitat Autònoma de Barcelona, Catalonia, Spain; francisca.manriquez@e-campus.uab.cat

² Universitat Autònoma de Barcelona, Catalonia, Spain; nuria.gorgorio@uab.cat

³ Universitat Autònoma de Barcelona, Catalonia, Spain; montserrat.prat@uab.cat

With the aim of contributing to the study of the statistical knowledge of pre-service primary school teachers, here we present the creation of a system of categories of analysis to characterize the written reports of a group of students who carried out a task that reflected the five stages of the statistical investigative cycle. The analysis answers to a deductive/inductive process, since we look at the theory to understand our data and, at the same time, themes emerge that had not yet been described in the literature. Our contribution is a system of categories for the characterization of the statistical investigative cycle, which consolidates, refines and extends what has been published so far. The proposal presented here may be useful not only for researchers and teacher educators, but also for pre-service teachers themselves to understand the investigative cycle.

Keywords: Pre-service primary school teachers, statistics education, statistical thinking, investigative cycle.

5.3.2. Componentes del sentido estadístico identificados en un ciclo de investigación estadística desarrollado por futuras maestras de primaria

Ubilla, F. (2019). Componentes del sentido estadístico identificados en un ciclo de investigación estadística desarrollado por futuras maestras de primaria. En J. M. Marbán, M. Arce, A. Maroto, J. M. Muñoz-Escolano y Á. Alsina (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXIII* (pp. 583-592). Valladolid: SEIEM.

Acceso en línea: <https://www.seiem.es/docs/actas/23/ActasXXIIISEIEM.pdf>

COMPONENTES DEL SENTIDO ESTADÍSTICO IDENTIFICADOS EN UN CICLO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA DESARROLLADO POR FUTURAS MAESTRAS DE PRIMARIA

**Components of statistical sense identified in a statistical investigative cycle
developed by pre-service primary school teachers**

Ubilla, F.

Universitat Autònoma de Barcelona

Resumen

Esta comunicación tiene como objetivo aproximarnos a la identificación de elementos constituyentes del sentido estadístico presentes en un ciclo de investigación estadística. Partiendo de una revisión de los conceptos alfabetización, pensamiento y razonamiento estadísticos y, desde una visión global, proponemos ampliar el significado de sentido estadístico en el ciclo de investigación estadística. Analizamos un ciclo de investigación desarrollado por futuras maestras de primaria y caracterizamos las distintas fases que aparecen en sus producciones. Identificar la presencia de elementos del sentido estadístico en dichas fases nos reafirma en la idea de que el sentido estadístico puede considerarse como amalgama de alfabetización, pensamiento y razonamiento estadístico.

Palabras clave: *sentido estadístico, ciclo de investigación estadística, futuras maestras de primaria.*

Abstract

The aim of this communication is to approach the identification of constituent elements of the statistical sense present in a statistical investigative cycle. Starting from a review of the concepts of statistical literacy, thinking and reasoning and, from a global viewpoint, we propose to broaden the meaning of statistical sense in the statistical investigative cycle. We analyze an investigative cycle developed by future primary school teachers and characterize the different phases that appear in their productions. Identifying the presence of elements of statistical sense in these phases reaffirms us in the idea that statistical sense could be considered as an amalgam of statistical literacy, thinking and reasoning.

Keywords: *statistical sense, the investigative cycle, pre-service primary school teachers.*

5.3.3. De la taula de dades a una notícia

Ubilla, F., Gorgorió, N. Y Albarracín, L. (2021). De la taula de dades a una notícia. *Revista del Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació (CIDUI)*, 2021, Núm. 5, <https://raco.cat/index.php/RevistaCIDUI/article/view/378021>.

Acceso en línea: <https://raco.cat/index.php/RevistaCIDUI/article/view/378021/485590>

De la taula de dades a una notícia

L'educació estadística a la formació del professorat de primària

PDF (Castellano)

Francisca Manriquez Ubilla
Núria Gorgorió
Lluís Albarracín

 Estadístiques de l'article
 Citacions a Google Acadèmic

Els futurs mestres de primària van aprendre estadística d'una forma diferent a la que hauran d'ensenyar-la. Per això, proposem una activitat que requereix que plantegin i responguin preguntes a partir de dades obtingudes d'EUROSTAT, analitzant-les i interpretant-les per a poder presentar les seves conclusions com a una notícia breu. D'aquesta forma, aprenen a construir una notícia i a generar el seu contingut mitjançant procediments estadístics. L'activitat permet un tractament interdisciplinari del contingut matemàtic

5.3.4. What meaning do future elementary schoolteachers attach to the numbers that appear in a Eurostat database?

Ubilla F.M. & Gorgorió, N. (2021). What meaning do future elementary schoolteachers attach to the *numbers* that appear in a Eurostat database? In: R Helenius, E Falck (Eds.), *Statistics Education in the Era of Data Science Proceedings of the Satellite conference of the International Association for Statistical Education (IASE)*, Aug-Sept 2021, Online conference. ©2021 ISI/IASE iase-web.org/Conference_Proceedings.php

Acceso en línea:

https://iase-web.org/documents/papers/sat2021/IASE2021%20Satellite%20126_UBILLA.pdf?1649974211

IASE 2021 Satellite Paper – Refereed (DOI: 10.52041/iase.nxull)	Ubilla & Gorgorió
WHAT MEANING DO FUTURE ELEMENTARY SCHOOLTEACHERS ATTACH TO THE NUMBERS THAT APPEAR IN A EUROSTAT DATABASE?	
<u>Francisca M. Ubilla</u> and Núria Gorgorió Autonomous University of Barcelona francisca.manriquez@e-campus.uab.cat	
<i>If we consider it important to prepare young people to become critical citizens, then we must begin by training teachers to cope with the complexity of databases in order to integrate them as resources for their future teaching. In the context of civic statistics, we carried out an activity structured around the basic cycle of learning from data with a group of first-year students on a primary teacher-training program. The activity was based on data extracted from Eurostat. In this paper, we analyze the way the students identified variables, values and their typology in order to show how they interpreted the “numbers” that appear in the tables, graphs and infographics. We conclude that understanding the numerical representations of civic statistics is a complex task that requires the learning of a decoding process.</i>	

5.3.5. What kinds of questions are formulated by a group of student teachers when dealing with data representations that address social issues?

Ubilla, F.M & Gorgorió, N. (en prensa). What kinds of questions are formulated by a group of student teachers when dealing with data representations that address social issues? In xxx. Proceedings of the Eleventh International Conference on Teaching Statistics (ICOTS11, September 2022), Rosario, Argentina.

Acceso en línea: Actas del congreso ICOTS11 (próxima publicación).

WHAT KINDS OF QUESTIONS ARE FORMULATED BY A GROUP OF STUDENT TEACHERS WHEN DEALING WITH DATA REPRESENTATIONS THAT ADDRESS SOCIAL ISSUES?

Francisca M. Ubilla and Núria Gorgorió
Autonomous University of Barcelona
francisca.manriquez@uab.cat

In this study we analyze the questions generated by a group of student teachers when dealing with summary tables or summary graphs that address social issues linked to civic statistics. Drawing on different authors who define various levels of understanding of statistical representations, we established a characterization of the questions formulated by these students. We help to fill a theoretical gap, advancing in the characterization of the questions that students ask when confronted with data presented in a complex way in summary tables and summary graphs. This study can provide guidance on how to teach students to decode tables and representations typical of civic statistics.

VI. Resultados y discusión

En este capítulo presentamos una síntesis y discusión de los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de esta tesis doctoral. Incluye los resultados presentados previamente en los tres artículos de investigación y el capítulo de divulgación que conforman el compendio, los resultados presentados en comunicaciones publicados en actas de diferentes congresos y algunos resultados todavía por publicar que permiten complementar y profundizar en la discusión.

6.1. Caracterización del conocimiento inicial en estadística desde el rol de productores de datos

El Objetivo Específico 1 de esta tesis era caracterizar el conocimiento inicial en estadística de un grupo de futuros docentes de primaria cuando desarrollan un ciclo de investigación estadística con datos de primer orden. El sistema de categorías que presentamos en una primera instancia en Ubilla et al. (2019), y refinamos y validamos Ubilla et al. (2021b) y Ubilla y Gorgorió (2021b), da respuesta a este primer objetivo específico puesto que permite caracterizar el conocimiento inicial en estadística de los futuros docentes de educación primaria cuando desarrollan un ciclo de investigación estadística a partir de la recolección de sus propios datos.

La tabla siguiente, Tabla 6, recoge el primer resultado de esta tesis, posiblemente el más relevante, puesto que nos permite establecer la caracterización del conocimiento inicial en estadística – en términos de las acciones, los procesos de razonamiento y articulación de ideas – de los participantes en el estudio cuando actúan como productores de datos en el marco de un ciclo de investigación estadística.

Tabla 6. Acciones que caracterizan el conocimiento estadístico inicial de los participantes cuando actúan como productores de datos (Ubilla et al., 2019; Ubilla et al., 2021b; Ubilla y Gorgorió, 2021b).

Acciones		Categorías		
PROBLEMA	Capturar de la dinámica del entorno	Fundamentación en base a ...	<i>su relevancia</i> en el contexto de los participantes <i>la curiosidad</i> de los participantes por algo observado <i>un interés</i> con origen <i>no especificado</i>	
	Definir el problema	Foco de la investigación	<i>explícito o no</i>	
			contextualización	<i>estudios</i> <i>tiempo libre</i>
		Propósito y/o pregunta de investigación	Naturaleza	<i>estadística</i> <i>no estadística</i>
			Tipo	<i>resumen</i> <i>comparación</i> <i>relación</i>
	Formular hipótesis(s)	Hipótesis que se quiere probar explícita		
PLAN	Diseñar instrumento de recogida de datos	Formato de las preguntas	<i>todas cerradas</i> <i>todas abiertas</i> <i>mixtas</i>	
		Tipo de preguntas	<i>Muestra</i> , referida a la población con el fin de ... <i>Objetivo</i> , con el fin de obtener información relacionada con el tema de investigación	<i>Caracterizar</i> a la población <i>Seleccionar</i> a los participantes <i>Dirigida</i> a responder la pregunta de investigación <i>Satélite</i> , pide información complementaria <i>Redundante</i> , no contribuye al tema de investigación.
	Recolectar datos		Técnicas	<i>investigador+participante (+ instrumento)</i> : Las preguntas son presentadas al participante por el investigador, quien recoge las respuestas. <i>participante+instrumento</i> : el participante escribe sus respuestas directamente sobre el instrumento.
Limpiar los datos	<i>Visual</i> <i>No visual</i>			
ANÁLISIS	Procesamiento inicial de los datos	Registro de frecuencias Construcción de categorías		
	Transnumeración	Representación numérica Representación gráfica		
		CONCLUSIONES	Aproximación	<i>parcial</i> , refiriéndose a sus resultados uno por uno. <i>relacional</i> , estableciendo relaciones entre los resultados.
Atribución de significado	<i>descriptiva</i> , presentando únicamente frecuencias o medidas de centralización, sin más interpretación.		<i>integrando información de contexto</i> . <i>incluyendo información no prevista inicialmente</i> . <i>basada en sus propias creencias</i> .	
	interpretativa			
Generar conclusiones	<i>Responden</i> la pregunta de la investigación. <i>Responden parcialmente</i> la pregunta de investigación. <i>No responden</i> la pregunta de investigación.			
	REFLEXIÓN	Identificar fortalezas del proceso	<i>centro de interés</i> <i>instrumento</i> <i>recogida de datos</i> <i>análisis</i> <i>respuesta a la pregunta</i> <i>trabajo en grupo</i>	
			Identificar debilidades del proceso	<i>muestra no representativa</i> <i>instrumento</i> <i>recogida de datos</i> <i>análisis</i>
Sugerir de mejora				

De la aplicación de este sistema de categorías al grupo de estudiantes que constituía la población del estudio obtenemos el segundo resultado de esta tesis, esencialmente, la caracterización del conocimiento estadístico inicial del grupo de estudiantes del Grado de Educación Primaria de la UAB cuando actúan como productores de datos. Así, la Figura 14 (publicada en Ubilla y Gorgorió (2021b)) muestra la caracterización del conocimiento estadístico inicial explicitado en el desarrollo de un ciclo de investigación estadística por un grupo de estudiantes del Grado de Educación Primaria en la UAB situados en el rol de productores de datos.

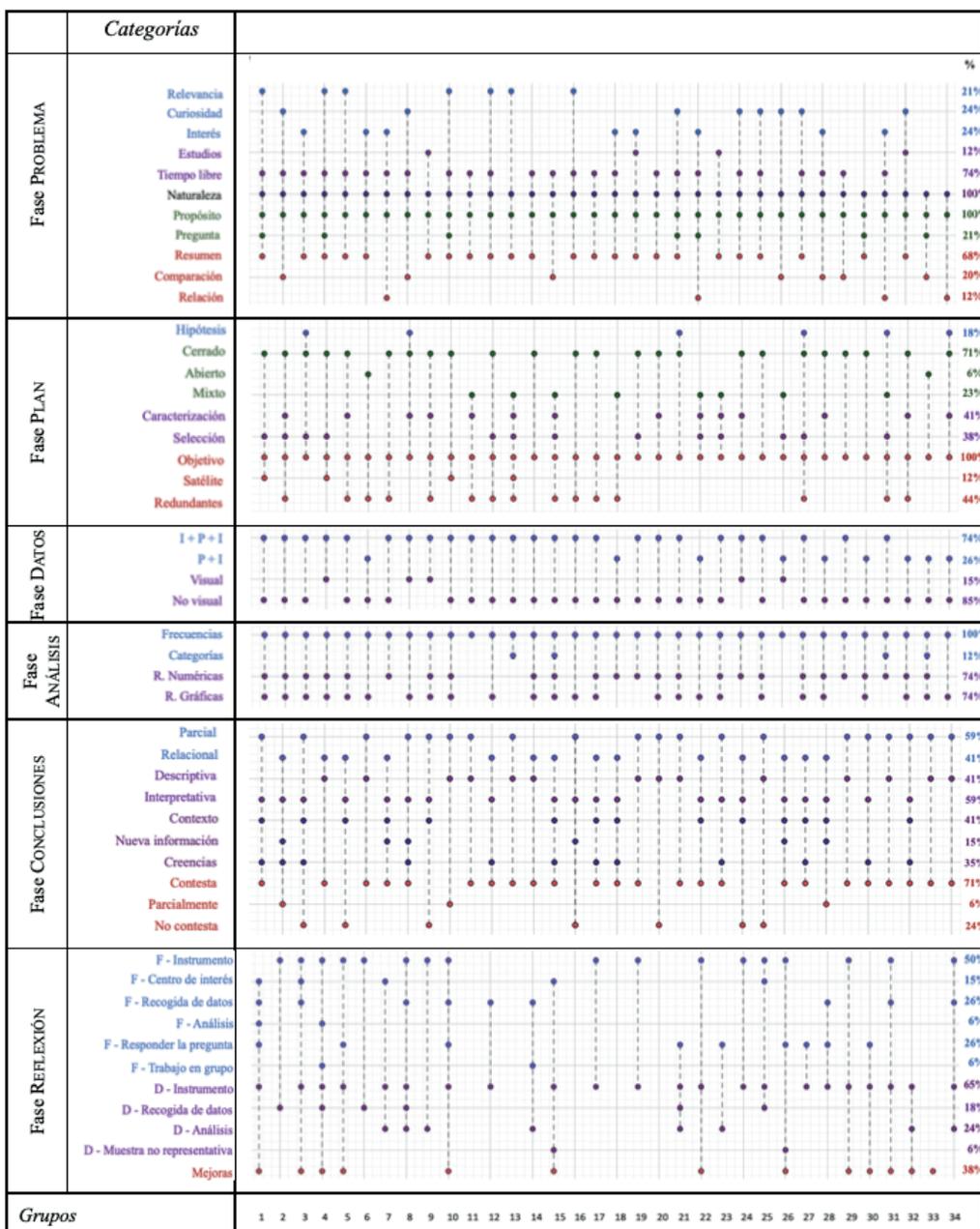


Figura 14. Caracterización del conocimiento estadístico inicial del grupo de estudiantes del Grado de Educación Primaria de la UAB cuando actúan como productores de datos (Ubilla y Gorgorió, 2021b (p. 1767-1768)

En esta figura podemos observar que el recorrido por el ciclo de investigación estadística no es homogéneo entre los grupos de estudiantes. Sin embargo, esto nos permite formular nuestro tercer resultado, dado que observamos que existen ciertas tendencias en cómo transitan los participantes entre acciones de las distintas fases, lo que podría reflejar algunas conexiones en el conocimiento inicial en estadística explicitado en el desarrollo de un ciclo de investigación estadística en el que actúan como productores de datos. En Ubilla y Gorgorió (2021b) nos planteamos cómo transitaban entre las fases los estudiantes del grado de Educación Primaria de la UAB cuando desarrollaban un ciclo de investigación con sus propios datos. Los recorridos del grupo de estudiantes de la UAB se muestran en la Figura 15.

	Tipo de instrumento	Tipo de instrumento			Técnica de recogida de datos		Procesamiento inicial			Transnumeración			Atribución de significado		Respuesta a la pregunta		
		Cerrado	Abierto	Mixto	Investigador + Participante + Instrumento	Participante + instrumento	Solo frecuencias	Solo categorías	Ambas	Solo R. Numérica	Solo R. Gráfica	Ambas	Descriptiva	Interpretativa	Contestan	Contestan parcialmente	No contestan
Tipo de pregunta	Resumen	78,3%	4,3%	17,4%											65,2%		34,8%
	Comparación	57,1%	14,3%	28,6%											71,4%	28,6%	
	Relación	50%	50%												100%		
Tipo de instrumento	Cerrado				83,3%	16,7%	100%			16,7%	16,7%	66,7%					
	Abierto					100%	50%	50%	50%	50%	50%						
	Mixto				62,5%	37,5%	62,5%		37,5%	25%	25%	12,5%					
Aprox. a resultados	Parcial												60%	40%			
	Relacional												14,3%	85,7%			

Figura 15. Porcentaje de grupos de la UAB que transitan entre acciones de las distintas fases (Ubilla y Gorgorió, 2021b, p. 1770).

Al observar los recorridos del grupo de estudiantes de la UAB (Figura 15), notamos que existían ciertas tendencias entre algunas de las fases. En particular, notamos que existía una conexión entre el tipo de pregunta que se planteaban y el tipo de instrumento de recogida de datos que generaban. Por lo tanto, el instrumento de recogida de datos promovía un tipo de recolección de datos, así como el tipo de análisis que desarrollaron. Por otro lado, existía una conexión entre la estructura de sus conclusiones, y si estas tenían carácter descriptivo o

interpretativo. Finalmente, observamos una cierta tendencia entre el tipo de preguntas de investigación planteada al inicio del ciclo y si lograban darle respuesta o no al finalizar el ciclo.

Tal como indicábamos al presentar el proceso de recogida de datos, aunque la población objeto de estudio eran los estudiantes en la UAB, la oportunidad de recoger datos con el instrumento 1 en otra universidad, en dos contextos diferentes, nos permitió corroborar y ampliar nuestros resultados. Así, una vez establecidas las acciones, los procesos de razonamiento y de articulación de ideas que permiten describir el conocimiento inicial en estadística de los futuros docentes de primaria, en Ubilla et al. (2021b) nos planteamos caracterizar los informes escritos de tres grupos de estudiantes de los programas de formación de docentes de primaria en tres contextos diferentes (dos chilenos, Pontificia Universidad Católica de Chile – Sede Villarrica (VLR) y Pontificia Universidad Católica de Chile – Sede Santiago (SCL), uno catalán Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)). Resulta interesante destacar que la formación previa en estadística de los estudiantes difiere entre los tres centros. El grupo de estudiantes de Santiago de Chile se encuentra en su 6º semestre, el grupo de Villarrica está conformado por estudiantes de 5º y 6º semestre, mientras que los estudiantes de la Universidad Autónoma de Barcelona cursaban su 2º semestre. Tanto los estudiantes de Santiago como los de Villarrica habían tenido previamente un curso de estadística. Todos los participantes en Santiago y algunos en Villarrica habían tomado un curso de didáctica de la matemática. Los estudiantes de Barcelona todavía no habían recibido formación en estadística ni en didáctica de la matemática a nivel universitario.

Los datos recogidos en los tres contextos nos permitieron generar nuevas categorías a partir de los ciclos desarrollados en Santiago y Villarrica que no habían aparecido cuando trabajábamos solo con datos de los estudiantes de la Universidad Autónoma de Barcelona (Ubilla et al., 2019). Además, nos permiten enunciar el cuarto resultado de la tesis que establece que los ciclos de investigación de los futuros docentes cuando actúan como productores de datos no se concretan de forma universal, sino que, además de las diferencias idiosincráticas, existen diferencias que podrían explicarse a partir de la formación previa recibida.

Para ilustrar como llegamos a este resultado hemos diseñado una representación gráfica para cada una de las fases del ciclo de investigación estadística desarrollado cuando

actúan como productores de datos (Figuras 16 a 21) a partir de los resultados expuesto en Ubilla et al. (2021b). En cada una de las figuras se presenta el porcentaje de grupos para los tres centros Santiago, Villarrica y Barcelona – SCL, VLR y UAB – para las acciones expuestas en la Tabla 6. Cabe destacar que se ha escogido esta representación ya que nos interesaba observar los participantes de los tres centros en relación a las distintas acciones, sino también observar cómo articulan estas acciones y su razonamiento en cada una de las fases. Entendemos que cada una de las acciones y formas de razonamiento conectan entre ellas, al igual que las fases, por lo que observarlas como un continuo nos podría permitir identificar la intensidad con que se manifiesta el conocimiento estadístico dentro de cada fase, para los estudiantes de cada centro.

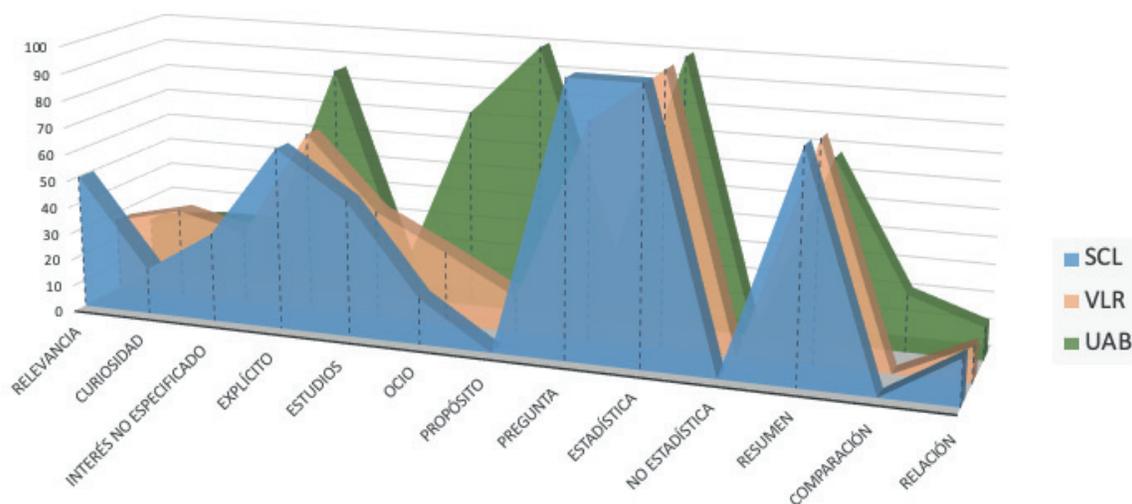


Figura 16. Porcentaje de grupos de SCL, VLR y UAB que llevan a cabo las distintas acciones que caracterizan la fase *problema* del ciclo de investigación estadística.

En la Figura 16 observamos que las acciones de los estudiantes de los tres centros fueron similares durante la fase de definición y justificación del problema de investigación. En particular, notamos que la mayoría de los grupos de estudiantes plantearon una pregunta de carácter de resumen lo cual coincide con lo identificado por González y Chamoso (2015). En cuanto a las diferencias, notamos que los estudiantes de Barcelona tendieron a plantear un propósito de investigación en vez de una pregunta de investigación. Mientras que en cuanto al contexto de la pregunta y/o propósito, en Santiago y Villarrica abordaron en general

temáticas referentes a su contexto como estudiantes, mientras que los estudiantes de Barcelona abordan temáticas relativas al ocio, lo cual podría deberse a que llevan más tiempo de vida universitaria.

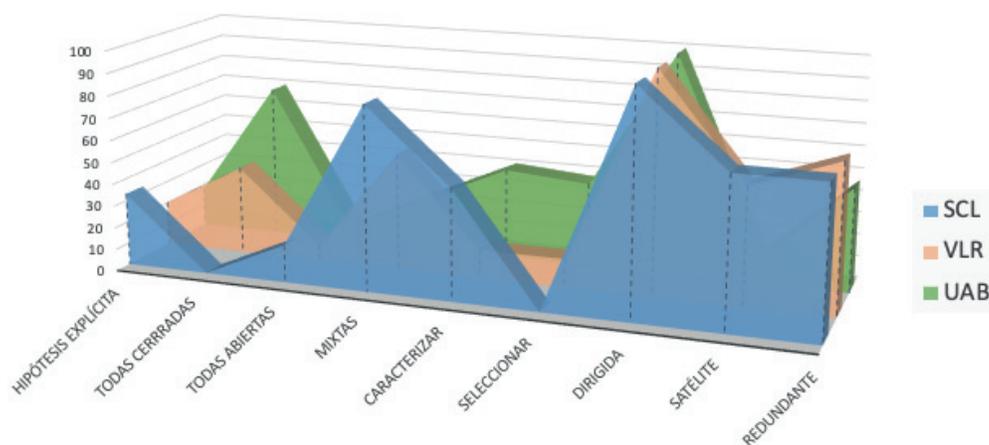


Figura 17. Porcentaje de grupos de SCL, VLR y UAB que llevan a cabo las distintas acciones que caracterizan la fase *plan* del ciclo de investigación estadística.

En la Figura 17, observamos que en la fase de planificación en los tres centros son escasos los grupos que plantearon una hipótesis de manera explícita, lo cual puede deberse a que la actividad no lo solicitaba directamente. En cuanto a las características de los instrumentos de recogida de datos, observamos una diferencia entre Santiago y Villarrica-Barcelona, ya que en Santiago predominaron los instrumentos de carácter mixto, mientras que en Barcelona la mayoría de los grupos diseñó instrumentos de carácter cerrados y en Villarrica diseñaron instrumentos tanto cerrados como mixtos. Esto podría deberse a que los estudiantes de la UAB no habían recibido formación sobre diferentes formatos de instrumentos de recogida de datos, lo que podría haberles llevado a reproducir en sus ciclos aquellos instrumentos con los cuales habrían interactuado en su vida cotidiana. En cuanto al tipo de preguntas que incluyeron en su instrumento de recogida de datos, observamos que la mayoría de los grupos de estudiantes en los tres centros incorporaron preguntas que tenían por objetivo recolectar datos para responder a su problemática. Sin embargo, tanto en Santiago como en Villarrica son numerosos los grupos que plantearon preguntas redundantes,

preguntas cuyo objetivo no tenía ninguna relación con la problemática que se habían planteado.

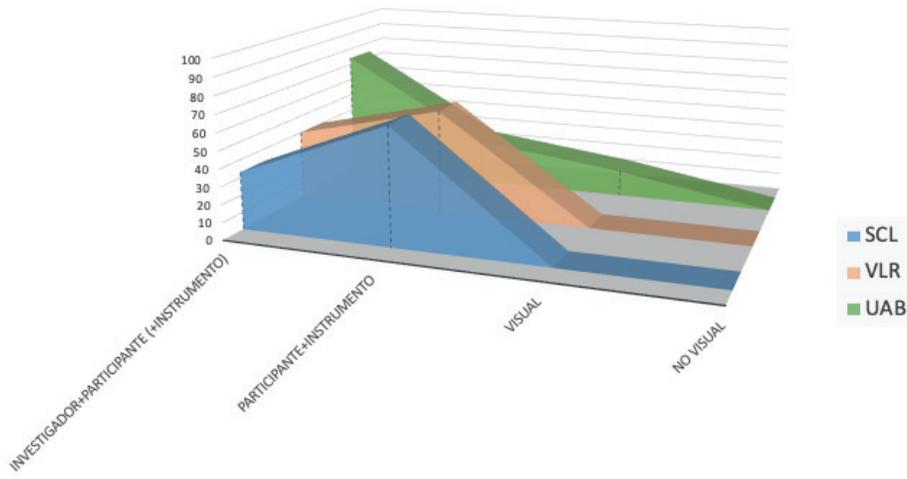


Figura 18. Porcentaje de grupos de SCL, VLR y UAB que llevan a cabo las distintas acciones que caracterizan la fase *datos* del ciclo de investigación estadística.

En la Figura 18 observamos que tanto en Santiago como en Villarrica la técnica para recolectar sus datos implicaba que el participante respondía en el instrumento, mientras que la mayoría de los grupos de Barcelona entrevistó a sus pares para obtener sus datos.

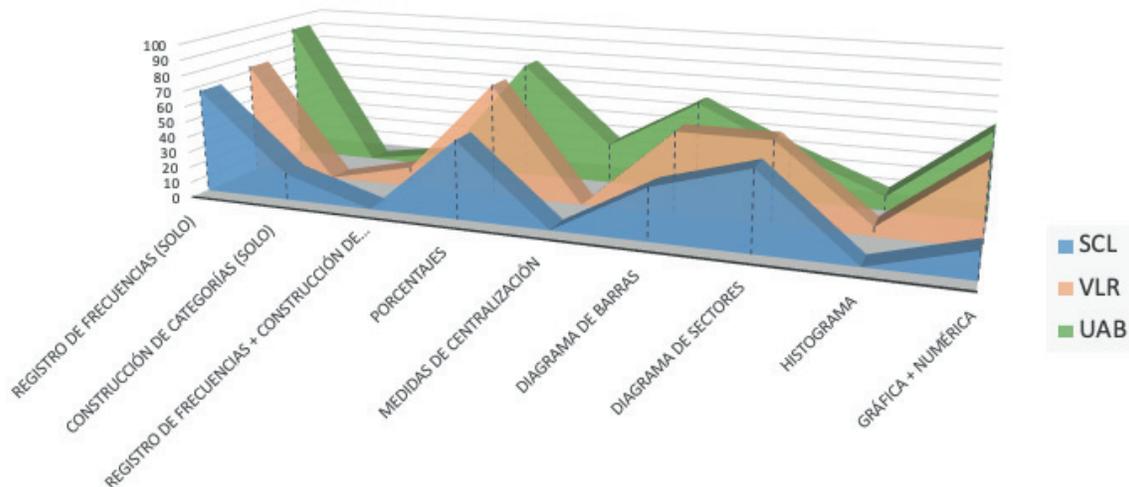


Figura 19. Porcentaje de grupos de SCL, VLR y UAB que llevan a cabo las distintas acciones que caracterizan la fase *análisis* del ciclo de investigación estadística.

En términos generales, en la Figura 19 observamos que los estudiantes de los tres centros se comportaron de manera similar en la fase de análisis de datos. Esto podría deberse a que es en esta fase donde se explicita el conocimiento sobre conceptos estadísticos, que son similares en los currículos de educación obligatoria tanto de Chile como Cataluña. Además, el comportamiento similar entre los tres centros podría indicar que lo que habían aprendido en su escolaridad obligatoria se mantuvo invariable cuando entraron y avanzaron en los cursos de la universidad.

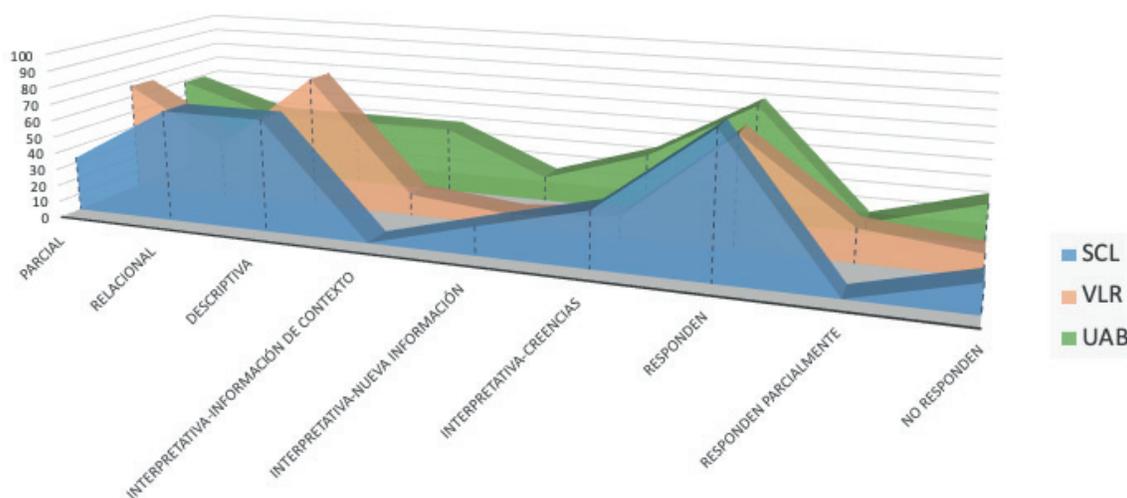


Figura 20. Porcentaje de grupos de SCL, VLR y UAB que llevan a cabo las distintas acciones que caracterizan la fase *conclusiones* del ciclo de investigación estadística.

En cuanto a las conclusiones de los ciclos, en la Figura 20 observamos que la mayoría de los grupos de Santiago presentaron sus resultados de forma relacional y descriptiva, en Villarrica de forma parcial y descriptiva, mientras que en Barcelona de forma parcial y se distribuyeron tanto en la forma descriptiva como interpretativa. En los tres centros notamos que un cierto porcentaje de estudiantes incluyeron sus creencias al interpretar sus datos. Por otra parte, en los tres centros, un alto porcentaje de grupos respondió a la pregunta que habían planteado.

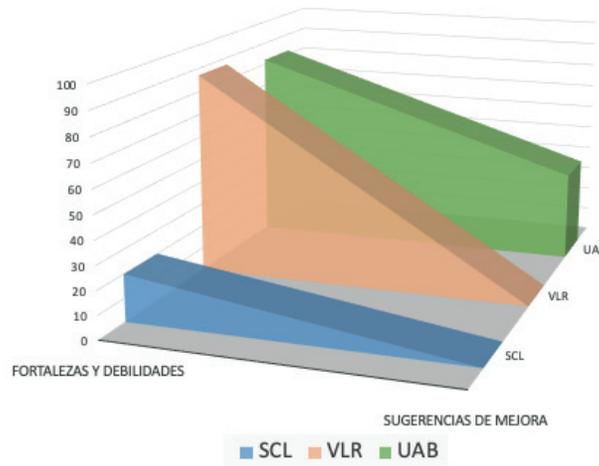


Figura 21. Porcentaje de grupos de SCL, VLR y UAB que llevan a cabo las distintas acciones que caracterizan la fase *reflexión* del ciclo de investigación estadística.

Finalmente, en la fase de reflexión (Figura 21) solo un gran porcentaje de grupos identificaron fortalezas y debilidades sobre su proceso en Villarrica y Barcelona, y solo en Barcelona identifican sugerencias de mejora.

A partir de lo anteriormente expuesto, creemos que las diferencias observadas en los ciclos de investigación desarrollados por los participantes en los tres centros pueden interpretarse a partir de su formación y su participación en cursos de estadística, sin embargo, este resultado tiene carácter hipotético puesto que no lo exploramos con mayor profundidad ya que no corresponde al objetivo de esta tesis.

Por otro lado, si observamos los ciclos de investigación desde la búsqueda de tendencias entre cómo transitaron los grupos entre las diferentes acciones generamos la Figura 22.

		Tipo de instrumento			Técnica de recogida de		Procesamiento inicial			Transnumeración			Atribución de significado		Respuesta a la pregunta			
		Cerrado	Abierto	Mixto	Investigador + Participante + Instrumento	Participante + instrumento	Solo frecuencias	Solo categorías	Ambas	Solo R. Numérica	Solo R. Gráfica	Ambas	Descriptiva	Interpretativa	Contestan	Contestan parcialmente	No contestan	
SCL	Tipo de pregunta	Resumen	20%	80%											80%		20%	
		Comparación																
		Relación		100%												100%		
	Tipo de instrumento	Cerrado																
		Abierto				100%			100%					100%				
		Mixto				20%	80%	100%			40%	40%	20%					
Aprox. a resultados	Parcial												100%	50%				
	Relacional												50%	50%				
VLR	Tipo de pregunta	Resumen	42%	58%											67%	25%	8%	
		Comparación																
		Relación		100%	100%											100%		
	Tipo de instrumento	Cerrado				33%	66%	100%			33%		66%					
		Abierto				100%			100%			100%						
		Mixto				37,50%	62,50%	75%	12,50%	12,50%	12,5%	37,5%	50%					
Aprox. a resultados	Parcial												100%	10%				
	Relacional												40%	60%				
UAB	Tipo de pregunta	Resumen	78,3%	4,3%	17,4%										65,2%		34,8%	
		Comparación	57,1%	14,3%	28,6%										71,4%	28,6%		
		Relación	50%	50%											100%			
	Tipo de instrumento	Cerrado				83,3%	16,7%	100%			16,7%	16,7%	66,7%					
		Abierto				100%		50%		50%		50%						
		Mixto				62,5%	37,5%	62,5%		37,5%	25%	25%	12,5%					
Aprox. a resultados	Parcial												60%	40%				
	Relacional												14,3%	85,7%				

Figura 22. Tránsito por las fases del ciclo de investigación estadística en BCN, VLR y SCL.

Si observamos los ciclos de investigación desde la búsqueda de tendencias entre cómo transitaban los grupos entre las diferentes acciones, en la Figura 22 notamos que la articulación entre el tipo de instrumento y la técnica de recogida de datos es similar entre los tres centros, al igual que las tendencias observadas entre cómo estructuran sus conclusiones y de qué forma son, destacando que cuando son un listado de resultados suelen ser descriptivas, mientras que cuando relacionan distintos resultados tienden a ser interpretativas. Sin embargo, observamos que las tendencias entre las diferentes fases suelen ser mucho más homogéneas en Santiago que en Villarrica y en Barcelona. Una vez más, estas diferencias podrían deberse a la formación recibida a nivel universitario, ya que los datos en Santiago se tomaron durante su segundo curso de didáctica de la matemática y además habían cursado previamente la asignatura de estadística.

6.2. Caracterización del conocimiento inicial en estadística desde el rol de productores de datos

El segundo objetivo específico de esta tesis era caracterizar el conocimiento inicial en estadística de un grupo de futuros docentes de primaria cuando desarrollan un ciclo de investigación estadística con datos de segundo orden en el contexto de la estadística cívica. A partir del cambio de rol de productores a consumidores de datos, nos interesaba a) estudiar las acciones, procesos de pensamiento y articulación de ideas de los participantes al enfrentarse a representaciones con características propias de la estadística cívica, b) cómo eran las preguntas que se planteaban a partir de esta aproximación y c) qué aspectos relevantes emergían del desarrollo de esta actividad al incorporar temáticas sociales.

En Ubilla y Gorgorió (2021c) caracterizamos cómo los futuros docentes identifican las variables, sus valores y su tipología, presentes en las tablas y representaciones al desarrollar un ciclo de investigación a partir de datos de una fuente externa. En esta comunicación se presentaron ejemplos sobre las acciones, procesos de pensamiento y articulación de ideas de los estudiantes cuando se enfrentan a diferentes representaciones. Así, las tablas 7, 8 y 9 ilustran el quinto resultado de esta tesis, la caracterización de las distintas formas en qué los futuros docentes de primaria identificaron variables, valores y tipologías al leer representaciones estadísticas con características propias de la estadística cívica.

En la Tabla 7, se presentan aquellos aspectos de las representaciones que los estudiantes identificaron como nombre de una variable, que resume lo publicado en Ubilla y Gorgorió (2021c). Observamos, por ejemplo, que identificaron como variables los indicadores sociales presentes en las tablas. Identificaron también algunas de las variables más comunes, como sexo o edad. Asimismo, observamos que identifican los encabezados de las tablas como una variable, integrando de esta forma varias variables o valores de variables en una sola. El lector puede encontrar ejemplos de las distintas acciones caracterizadas en Ubilla y Gorgorió (2021c).

Tabla 7. Identificación de variables en tablas y gráficos.

Variables identificadas	Acciones
Variables comunes	Identificaron de manera correcta variables comunes – como sexo o edad – presentes en tablas y gráficos.
Indicadores sociales como variables	Identificaron indicadores sociales – como PIB per cápita en EPA o esperanza de vida – presentes en tablas y gráficos como variables.

Frecuencias como variables	Identificaron frecuencias absolutas y/o relativas en porcentajes como variables.
Encabezados de tablas como variables	Identificaron como variables la combinación de variables y valores presentes en los encabezados de las tablas.
Valores como variables	Identificaron los valores que toma una variable como la variable en sí misma.

La Tabla 8 muestra la caracterización de los valores que atribuyeron a las variables que identificaron, resumiendo lo publicado en Ubilla y Gorgorió (2021c). Observamos que se limitaron a identificar como valores de las variables los que estaban presentes en las representaciones. Además, cuando los valores de una variable estaban codificados – por ejemplo, mediante un número el valor de una variable cualitativa – algunos estudiantes identificaron como valor de la variable el código numérico en vez del significado del código. El lector puede encontrar ejemplos de las distintas acciones caracterizadas en Ubilla y Gorgorió (2021c).

Tabla 8. Identificación de valores de variables en tablas y gráficos.

Valores identificados para las variables	Acciones
Correctos	Atribuyeron los valores correctamente a sus variables, no limitándolos a los valores que mostraba la tabla y/o gráfico.
Limitación a los valores de la tabla	Limitaron los valores que toma una variable a los que aparecían en la tabla y/o gráfico.
Porcentaje como frecuencia absoluta	Identifican los porcentajes como los valores que toma una variable.
Atribución de valores numéricos a variables cualitativas	Cuando los valores de una variable cualitativa estaban codificados mediante un número, identificaron dicha codificación numérica como los valores de esta variable.

Por último, en la Tabla 9, resumimos lo aparecido en Ubilla y Gorgorió (2021c), mostrando de qué forma los estudiantes identificaron la tipología de una variable: determinando el tipo de variable en función de su naturaleza – independientemente de si habían identificado erróneamente los valores de la variable –, o en función del valor que le habían asignado. El lector puede encontrar ejemplos de las distintas acciones caracterizadas en Ubilla y Gorgorió (2021c).

Tabla 9. Tipificación de las variables que identificaron en tablas y gráficos.

Criterio	Acción
En función de la naturaleza de la variable	Pese a que identificaron de manera errónea los valores de una variable, identificaron su tipología correctamente.
En función del valor asignado a la variable	Identifican la tipología de la variable en base al valor que le habían asignado.

En cuanto a las acciones, procesos de pensamiento y articulación de ideas que explicitaron los estudiantes al plantear preguntas en el marco de un ciclo de investigación estadística cuando toman el rol de consumidores de datos, en Ubilla y Gorgorió (en prensa) presentamos un sistema de categorías a partir de los niveles de preguntas propuestos por Friel et al. (2001) y los niveles de lectura de gráficos propuestos por Shaughnessy (2007). Este sistema de categorías nos permite llegar al sexto resultado de la tesis, la caracterización del tipo de preguntas que se plantearon los participantes después de la lectura de las representaciones con características propias de la estadística cívica. La Tabla 10 recoge esta caracterización que aparecerá de forma extensa y con ejemplos en Ubilla y Gorgorió (en prensa).

Tabla 10. Tipos de preguntas que surgieron al leer representaciones en el contexto de la estadística cívica.

Tipo de preguntas	Definición
Preguntar a los datos	La pregunta requiere una lectura directa de la información presente en las representaciones.
	La pregunta busca comparar dos valores de la misma variable.
Preguntar entre los datos	La pregunta pide un cálculo con los datos que aparecen en las representaciones.
Preguntar detrás de los datos	La pregunta requiere identificar las relaciones entre las diferentes variables presentes en las representaciones.
	La pregunta busca identificar tendencias entre diferentes variables.
Preguntar más allá de los datos	La pregunta busca encontrar explicaciones a las relaciones o tendencias identificadas en las representaciones de los datos.

Al plantearnos qué proceso estadístico deben llevar a cabo los estudiantes para dar respuesta a sus preguntas, podríamos considerar que las preguntas pertenecientes a *preguntar los datos* involucran una aproximación elemental a los datos, partiendo de su lectura; las preguntas en la categoría *preguntar entre los datos* requieren una aproximación intermedia a los datos, que solo necesita un cálculo para su respuesta; las preguntas del tipo *preguntar detrás de los datos* buscan una aproximación global a los datos, lo que requeriría desarrollar procesos estadísticos para comprobar la relación entre dos variables; mientras que las preguntas pertenecientes a la categoría *preguntar más allá de los datos* requerirían iniciar un proceso de investigación más profundo para dar una respuesta.

Por último, con la finalidad de poder comparar el tipo de pregunta de investigación que se plantearon los estudiantes desde el rol de consumidores de datos y desde el rol de productores de datos, caracterizamos el propósito de la pregunta de investigación que se plantearon los participantes cuando desarrollaron un ciclo de investigación estadística desde el rol de consumidores de datos. Identificamos tres grupos de preguntas según su propósito, logrando el séptimo resultado de esta tesis. Los detalles de la caracterización aparecen recogidos de forma extensa y con ejemplos en Ubilla y Gorgorió (2022):

- *Explicar fenómenos sociales* que afectan a dos o más grupos. Por ejemplo, G6_EyT preguntó: "¿El hecho de que haya más mujeres con estudios superiores que hombres pero que ocupen puestos de trabajo inferiores se debe a la desigualdad de género?"
- *Comparar dos o más grupos* ante un determinado fenómeno social. Por ejemplo, la pregunta de G6_TyF era "¿En qué países hay más mujeres que cuidan de los niños y realizan trabajos domésticos?".
- *Describir los fenómenos sociales* con ayuda de las estadísticas. G4_SV, por ejemplo, preguntó: "¿Cuál es la tendencia de la satisfacción con la vida?".

A partir de esta caracterización, en la Figura 23 observamos que la mayoría de los grupos plantearon preguntas con el propósito de explicar fenómenos sociales o comparar dos o más grupos ante un determinado fenómeno social. Además, la mayor cantidad de preguntas a las que los estudiantes no pudieron dar respuesta con las representaciones y datos entregados tenían como finalidad explicar un fenómeno social.

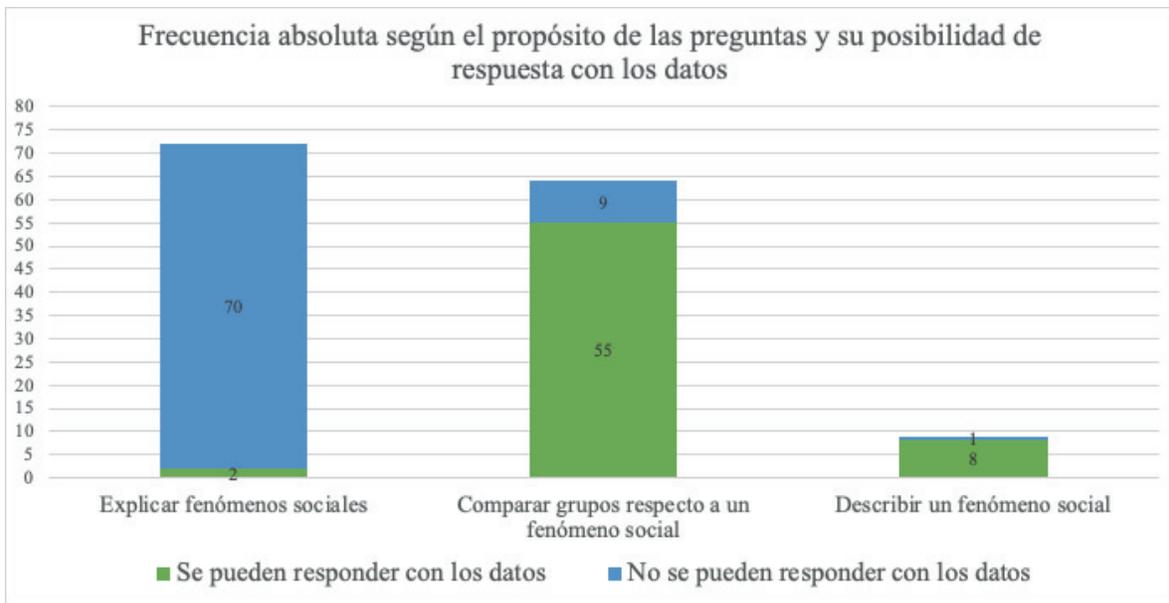


Figura 23. Cantidad de preguntas según propósito y posibilidad de ser respondidas con los datos y representaciones entregadas.

6.3. El ciclo de investigación estadística: productores vs consumidores de datos

En esta sección discutimos globalmente los resultados presentados en las dos secciones anteriores y los que aparecen en las distintas publicaciones desarrolladas a lo largo de la tesis. Así, en Ubilla y Gorgorió (2021b) proponemos distinguir algunas de las acciones propias de la fase conclusiones que forma parte del ciclo de investigación estadística de Wild y Pfannkuch (1999). Esta distinción surge de la necesidad de hacer explícita la evaluación del proceso desarrollado, identificando puntos fuertes y puntos débiles, planteando qué sería necesario acciones cambiarían o mantendrían en un nuevo ciclo de investigación. A partir de esto, consideramos que en el contexto educativo el ciclo de investigación desde el rol de productores de datos debería incorporar una fase de *reflexión*. Así, en Ubilla (2021) presentamos la reinterpretación del ciclo de investigación, incluyendo las seis fases y sus respectivas acciones (ver Figura 24).

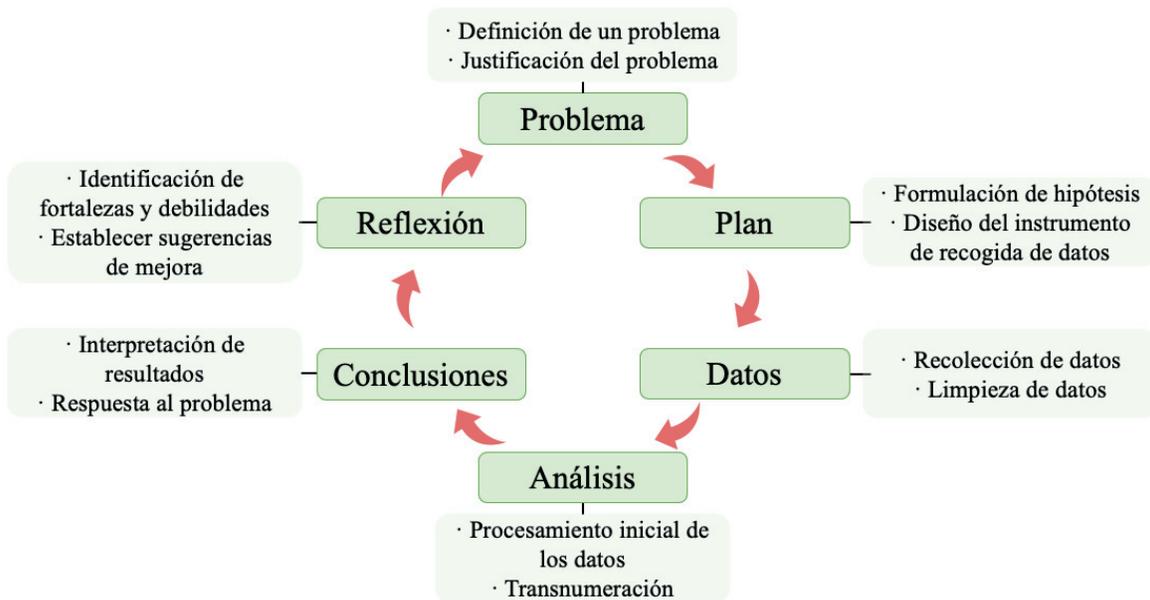


Figura 24. Ciclo de investigación estadística como productores de datos en el contexto educativo (Ubilla, 2021, p. 65).

Por otro lado, viendo globalmente los resultados mostrados en las secciones anteriores, relativos a las producciones de los estudiantes cuando desarrollan un ciclo de investigación desde el rol de productores de datos y desde el rol de consumidores de datos, observamos variaciones notables. Estas variaciones nos llevan a reinterpretar el ciclo de investigación estadística cuando los participantes se sitúan en el rol de consumidores de datos. Reestructurando la Figura 24, construimos la Figura 25 que muestra cuáles serían las fases del ciclo de investigación estadística en el que los estudiantes actúan como consumidores de datos. Denominamos esta nueva estructura como ciclo de investigación estadística como consumidores (CIEC) de datos. En esta estructura el proceso parte de bases de datos o de distintas representaciones de datos (tablas, gráficos, infografías, piezas de noticias, u otros).

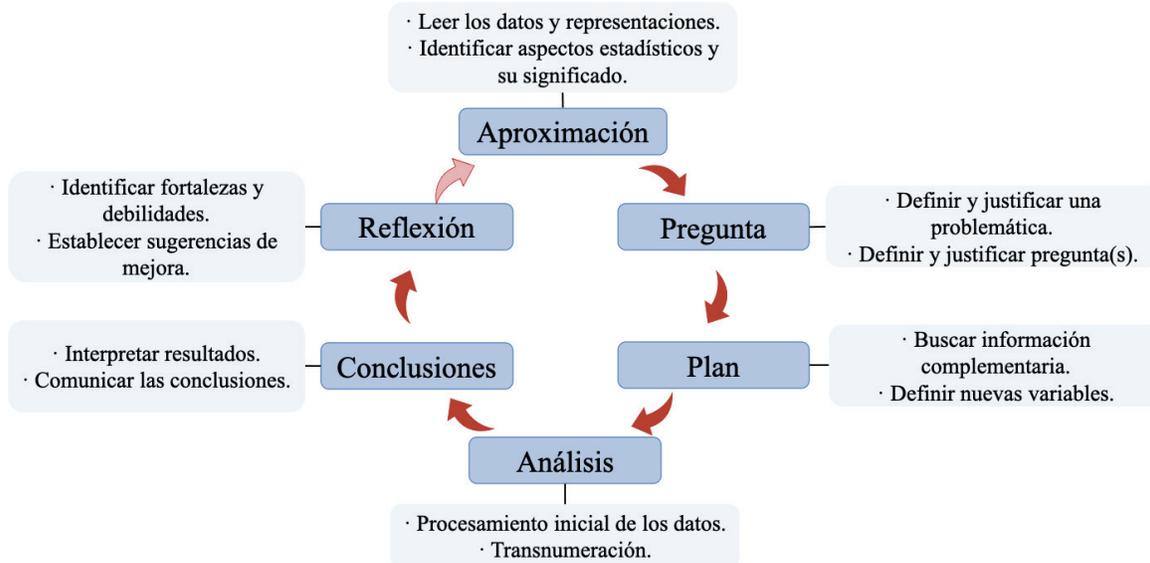


Figura 25. Ciclo de investigación estadística como consumidores de datos.

Así, en la Figura 25, vemos que cuando los estudiantes toman el rol de consumidores de datos, en primer lugar, deben hacer una *aproximación* a los datos entregados, leyendo la información presentada en las diferentes representaciones, e identificando el significado de los diferentes elementos que componen los datos. En la fase *pregunta* deben definir y justificar una temática en base a los datos y establecer una o más preguntas que guíen del ciclo de investigación. Debido a que los datos y representaciones se entregan al comienzo del ciclo, la fase *plan* involucra la búsqueda de información complementaria para abordar la temática, ya sea accediendo a otras bases de datos o estudios relacionados con temática que abordan, para luego definir nuevas variables en caso de ser necesario. La fase de *análisis* implica un procesamiento inicial de los datos, seleccionando los datos y/o representaciones que se utilizarán para dar respuesta a la problemática, así como el proceso de transnumeración en caso de ser necesario. En la fase de *conclusiones* se espera la interpretación de los resultados considerando el contexto de los datos, las representaciones y sus posibles limitaciones; y la comunicación de las conclusiones mediante diferentes formatos como, por ejemplo, una noticia. Finalmente, la fase de *reflexión* involucra la identificación de fortalezas, debilidades y sugerencias de mejora del proceso desarrollado. Esta reflexión podría servir de punto de partida de un nuevo ciclo de investigación.

Así, desde un punto de vista estructural, el ciclo de investigación estadística desde el rol de productores (CIEP) de datos y el ciclo de investigación estadística desde el rol de consumidores (CIEC) de datos difieren principalmente en las tres primeras fases del ciclo de investigación, pero también en el rol del contexto a lo largo de todo el ciclo:

1. En el CIEC, en primer lugar, los estudiantes leen, decodifican e intentan comprender los diferentes aspectos presentes en los datos y representaciones con las que comienzan la resolución de problema, mientras que en el CIEP no resultan necesarias estas acciones.
2. En el CIEP son los propios estudiantes quienes establecen la problemática a abordar, su concreción en una o más preguntas de investigación; en el CIEC la problemática está ya presente en los datos y representaciones entregados.
3. En el CIEP los estudiantes deben recolectar sus propios datos – lo que requiere que diseñen y apliquen un instrumento de recogida de datos – mientras que en el CIEC los datos provienen de una fuente externa; por ello la complejidad de los datos a los que se enfrentan es habitualmente mucho mayor en el caso del CIEC.
4. En el CIEP el contexto en el que los estudiantes formulan sus preguntas de investigación es normalmente idiosincrático, mientras que en el CIEC el contexto puede tener una fuerte carga social en función de los datos entregados, debido especialmente a que situamos el CIEC en el contexto de la estadística cívica.

Un momento clave en el ciclo de investigación, tanto desde el rol de productores de datos como del de consumidores de datos, es la formulación de preguntas. En el desarrollo de un ciclo de investigación estadística Arnold (2013) propone distinguir entre el *proceso de formulación de preguntas* y el *proceso de interrogación* en el ciclo de investigación estadística, formulado bajo la estructura que nosotras consideramos de productores de datos. El estudio de Friel et al. (2001) permite caracterizar la forma en que los estudiantes comprenden los gráficos al responder a las preguntas en diferentes niveles. Por otro lado, Shaughnessy (2007, p. 991) propuso cuatro niveles de lectura de gráficos. En Ubilla y Gorgorió (en prensa), caracterizamos las preguntas que se plantearon los estudiantes cuando se enfrentaban a diferentes tipos de representaciones con características propias de la estadística cívica. Nos basamos en Friel et al. (2001) y Shaughnessy (2007) para guiar nuestro análisis. De esta forma, establecimos cuatro tipos de preguntas según consistan en: a)

preguntar a los datos; b) preguntar entre los datos; c) preguntar más allá de los datos y d) preguntar detrás de los datos.

El sistema de categorías expuesto en Ubilla y Gorgorió (en prensa) formaría parte de las *preguntas sobre el análisis*, y sería válido tanto en el rol de productores como consumidores de datos. Además, preguntar detrás de los datos y más allá de los datos, podrían ser preguntas de investigación que iniciasen un nuevo ciclo de investigación. En nuestra investigación, algunos estudiantes se plantearon preguntas del tipo *preguntar a los datos* y *entre los datos* como preguntas de investigación desde el rol de productores de datos (ver ejemplo en Ubilla et al., 2021b, p. 8). No obstante, tendían a incorporar dichas preguntas en sus instrumentos de recogida de datos, lo que podría evidenciar la confusión entre la finalidad de una pregunta de investigación – pregunta que se contesta con el análisis de los datos – y las preguntas del instrumento – preguntas que permiten recolectar los datos.

La caracterización de las preguntas aparecidas en los ciclos de investigación desde el rol de productores y desde el de consumidores de datos con características de la estadística cívica se resume en la Figura 26.

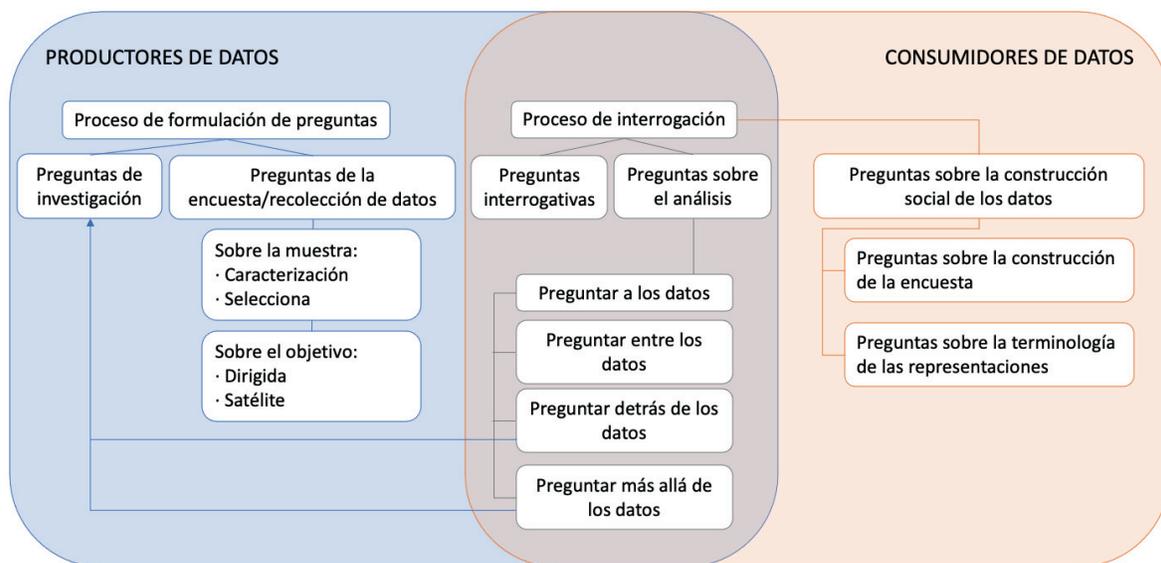


Figura 26. Tipología de preguntas en los ciclos de investigación generados des el rol de productores y de consumidores de datos con características de la estadística cívica (a partir de Ubilla y Gorgorió, en prensa).

En la Figura 26, la tipología “preguntas de la recolección de datos” recoge los distintos tipos de preguntas del instrumento de recolección de datos que identificamos en los ciclos de investigación de los participantes en nuestro estudio en el rol de productores de datos, eliminando pues las preguntas redundantes. Por otro lado, partiendo de las categorías de Puloka et al. (2021) para tipologías de preguntas y de Schield (2007), desde el rol de consumidores de datos existiría un grupo de preguntas relacionada con cuestiones sobre la construcción social de los datos y representaciones – por ejemplo, sobre quién y cómo se generó una representación – y con la terminología presente en las representaciones. Es notable observar que en nuestro estudio no obtuvimos evidencias escritas sobre la construcción social de los datos, aunque aparecieron en la discusión global cuando los alumnos compartieron sus resultados.

VII. Conclusiones

En este último capítulo presentamos las conclusiones de esta tesis, organizadas en dos secciones. En la primera, resumimos y exponemos las aportaciones teóricas de nuestra investigación junto con la prospectiva de investigación. En la segunda sección presentamos algunas implicaciones didácticas y reflexiones que podrían contribuir a cambiar la enseñanza y el aprendizaje de la estadística en la formación del profesorado de educación primaria.

7.1. Aportaciones teóricas

El conocimiento estadístico inicial surge como concepto teórico a partir de la reflexión en torno a diferentes marcos que caracterizan el conocimiento durante la formación inicial y continua del profesorado (Ball et al., 2008; Carrillo et al., 2018; Rowland et al., 2003; Shulman, 1986). Aparece como un concepto paralelo al de conocimiento matemático fundamental, entendido como aquel conocimiento disciplinar necesario al inicio de la formación de los futuros docentes para que puedan aprovechar de forma satisfactoria los cursos sobre didáctica de la matemática que recibirán durante su formación. Considerando que “el conocimiento explicitable puede ser evaluado con una prueba escrita, mientras que el conocimiento tácito es difícilmente evaluable” (Gorgorió y Albarracín, 2019, p. 117), nos propusimos caracterizar el conocimiento estadístico inicial mediante dos instrumentos de recogida de datos, ambos estructurados alrededor del ciclo de investigación estadística (Wild y Pfannkuch, 1999). En Ubilla (2019) mostramos que cuando los futuros docentes recorren las fases del ciclo de investigación estadística ponen de manifiesto diferentes habilidades que caracterizan el sentido estadístico. Esto nos permitió caracterizar los aspectos conceptuales del sentido estadístico, pero también otros aspectos de la competencia estadística. Para dar respuesta a nuestro objetivo general, caracterizar el conocimiento inicial en estadística de un grupo de futuros docentes de primaria cuando desarrollan un ciclo de investigación estadística, adoptamos una doble perspectiva, situando los futuros docentes en el rol de productores y en el rol de consumidores de datos (Gould, 2017).

Así, la primera aportación de esta tesis es la **caracterización del conocimiento estadístico inicial como una estructura constituida por las acciones, los procesos de razonamiento y articulación de ideas que aparecen durante el desarrollo de un ciclo de investigación desde el rol de productores de datos** (ver Ubilla et al., 2019; Ubilla et al., 2021b; Ubilla y Gorgorió, 2021b y la Tabla 6). En particular, dicha estructura puede utilizarse como guía para el diseño de actividades en torno al ciclo de investigación, como instrumento de análisis en una investigación, o para la evaluación de los ciclos desarrollados por estudiantes.

Utilizando dicha estructura como instrumento de análisis, en Ubilla y Gorgorió, 2021b (p. 1767-1768) y en la Figura 14 presentamos el segundo aporte de esta tesis, **la caracterización del conocimiento estadístico inicial del grupo de estudiantes del Grado de Educación Primaria de la UAB actuando como productores de datos**. En particular, observamos que este conocimiento inicial en estadística tiene esencialmente carácter descriptivo, puesto que los futuros docentes solían plantearse preguntas que buscaban describir una situación, y presentaban conclusiones que se caracterizaban por una concatenación de resultados fruto de la lectura de frecuencias absolutas o porcentuales. Además, observamos que solían incorporar la pregunta de investigación como pregunta del instrumento (Ubilla y Gorgorió, 2021b), constatando así que no distinguían entre los distintos tipos de preguntas propuestos por Arnold (2013).

La caracterización del conocimiento estadístico inicial también puso de relieve que los estudiantes raramente generaban hipótesis después de plantear su pregunta de investigación, algo que podría deberse a que no se les solicitaba explícitamente en la actividad. Este resultado se relaciona con lo expuesto por Schield (2007) sobre la necesidad de desarrollar el pensamiento hipotético frente a distintos tipos de datos, representaciones e información estadística. En la formación del profesorado es necesario desarrollar la capacidad de “pensar sobre las posibilidades” si el objetivo de su educación estadística es potenciar su pensamiento estadístico (Wild y Pfannkuch, 1999). “Pensar sobre las posibilidades” es crucial tanto si actúan como productores de datos – imaginando posibles respuestas a la pregunta de investigación –, como si su papel es el de consumidores de datos – considerando los aspectos que podrían haber influido en la generación de datos y representaciones.

Por otra parte, si bien no esperábamos que los futuros docentes de primaria fueran estadísticos profesionales, sería deseable que fuesen capaces de generar instrumentos de recogida de datos estadísticamente válidos (como mínimo en el contexto de educación primaria) creando una lista de preguntas que permitiesen recolectar datos para dar respuesta a una pregunta de investigación. En nuestro estudio, observamos que los participantes solían incorporar solo preguntas de tipo cerradas, lo que los llevaba a un procesamiento inicial de los datos basado en porcentajes y frecuencias absolutas, y a su representación en gráficos de barra o circulares (Ubilla et al., 2021; Ubilla y Gorgorió, 2021b). La escasa presencia de preguntas abiertas en los instrumentos de recogida de datos diseñados por los participantes podría explicar el escaso uso de medidas de centralización y de medidas de dispersión.

Cuando los estudiantes incluían en su instrumento preguntas relativas a variables cuantitativas continuas – la más frecuente la edad – organizar las respuestas obtenidas en intervalos les impidió calcular estadísticos, por lo que concentraban sus procesos de análisis en el uso de frecuencias y, raras veces, presentaban sus resultados a través de histogramas. Además, observamos que, dada la escasa presencia de preguntas abiertas en los instrumentos que crearon, raramente necesitan generar categorías para el análisis de las respuestas. Por ello, al igual que Ograjensêk y Gal (2016), consideramos necesario el trabajo del pensamiento cualitativo en el contexto de la estadística, con tal de ampliar la mirada “numérica y de cálculos” de esta disciplina y de potenciar la complementariedad de los procesos cuantitativos y cualitativos.

Por lo general, cuando se situaban como productores de datos los futuros docentes dieron respuesta a su pregunta de investigación. Quienes plantearon preguntas de carácter descriptivo sobre un hecho particular, en la línea de la categoría *preguntar a los datos* (Ubilla y Gorgorió, en prensa), lograron responderla. Posiblemente por ello, la mayoría de los que plantearon preguntas del tipo comparación o relación lograron responderlas, ya que tienden a ser más específicas. Sin embargo, la mayoría de los que se plantearon preguntas descriptivas más amplias, sin un foco particular, no lograron llegar a una respuesta, puesto que no alcanzaban a concretar en las preguntas del instrumento la temática global que querían abordar.

Cuando nos interesamos por el **desarrollo del ciclo de investigación desde el rol de consumidores de datos** nos centramos en aquellos aspectos que singularizan la estructura

de este ciclo, esencialmente el hecho de que el ciclo parte de unos datos preexistentes. Además, en nuestro estudio los datos tienen características propias de la estadística cívica (Engel et al., 2019). Desde este punto de vista, la **caracterización de la forma en que los futuros docentes de primaria identificaron variables, valores y tipologías en distintas representaciones de datos en el contexto de la estadística cívica** (Ubilla y Gorgorió, 2021c) constituye una tercera aportación de esta tesis. Así, observamos que los futuros docentes identificaban correctamente aquellas variables y valores que son comunes en la enseñanza de la estadística – la variable sexo o la variable edad. En algunos casos consideraron ciertos indicadores sociales – como el PIB – como variables. Sin embargo, al definir los valores que tomaban los indicadores, no prestaron atención a la definición que acompañaba las representaciones, asignando así valores a estas variables según sus conocimientos previos (Ubilla y Gorgorió, 2021c). Por lo tanto, creemos necesario que los futuros docentes no solo “lean tablas” u otras representaciones de datos, sino también que comprendan el significado de los elementos que las conforman. En particular, cuando los futuros docentes trabajan con representaciones de temáticas sociales resulta primordial que contrasten su conocimiento previo de la temática con las informaciones que aparecen o acompañan las representaciones.

También en el análisis del desarrollo del ciclo de investigación desde el rol de consumidores de datos observamos que tuvieron dificultades a la hora de identificar valores y tipología de variables si las variables cualitativas aparecían codificadas numéricamente, identificándolas como variables cuantitativas (Ubilla y Gorgorió, 2021c). Observamos que considerar una variable cualitativa como cuantitativa los llevó a calcular medidas de centralización y tratarla estadísticamente con valores numéricos. Por otro lado, muchas de las tablas con las cuales trabajaron los estudiantes presentaban encabezados con dos o tres filas donde se agregaba información de diferentes variables, para luego presentar porcentajes relativos al cruce de los valores de estas variables, siendo esta una característica propia de las representaciones en el contexto de la estadística cívica (ProCivicStat, 2018). En esta situación, notamos que gran parte de los estudiantes identificó como una única variable la concatenación de valores de diferentes variables. La lectura y comprensión de la terminología presente en las representaciones, junto con la comprensión del significado de los ratios y de los datos agregados son elementos que Engel et al. (2019) consideran cruciales para el

desarrollo de una ciudadanía crítica. Desde este punto de vista, resulta fundamental generar oportunidades para que los futuros docentes aprendan a leer y decodificar el significado de los diferentes elementos presentes en las tablas y representaciones (Ubilla y Gorgorió, 2021c).

Siguiendo con el estudio de los ciclos desarrollados por los futuros docentes de primaria como consumidores de datos, la **caracterización de las preguntas que se plantearon los futuros docentes como consumidores de datos al enfrentarse a representaciones y datos en el contexto de la estadística cívica** constituye la cuarta aportación de esta tesis (Ubilla y Gorgorió, en prensa). Así, las preguntas que se plantearon los participantes van desde aquellas que solo requieren una lectura de los datos, pasando por preguntas que requieren el uso de cálculos para responderlas, hasta preguntas que buscan relaciones y explicaciones a fenómenos sociales. Al comparar el propósito de las preguntas que se plantearon como productores de datos y como consumidores de datos, observamos que desde el rol de productores de datos los estudiantes tendieron a plantear preguntas de tipo resumen, mientras que, desde el rol de consumidores de datos, en su mayoría plantearon preguntas que buscaban explicar fenómenos sociales estableciendo relaciones o comparando grupos de sujetos en torno a una temática social. Además, en el rol de consumidores de datos, observamos que las preguntas que se plantearon los estudiantes o bien no se podían responder con los datos entregados o bien responderlas requería desarrollar un procedimiento estadístico más sofisticado que no estaba a su alcance. Así, implementar en el aula actividades que incorporen datos y representaciones propios de la estadística cívica puede resultar un desafío, puesto que la complejidad de dichas representaciones suele ser mayor a la de las que aparecen habitualmente en las recomendaciones de los currículos de educación primaria. Abordar este reto requiere, desde el rol de consumidores de datos, que los futuros docentes sean capaces de leer y decodificar los datos y sus representaciones en el contexto de la estadística cívica. Desde el rol de productores de datos, los futuros docentes deben ser capaces de identificar qué procedimientos estadísticos conocen para poder responder de forma válida su pregunta. Generar las condiciones para que el futuro profesorado reflexionase sobre lo que sabe, sobre cómo utilizar su conocimiento y conociese los límites de sus capacidades, permitiría fomentar el desarrollo del conocimiento estadístico necesario para completar satisfactoriamente ciclos de investigación desde el rol de consumidores y

productores de datos. En el contexto de la formación del profesorado resulta crucial fomentar estos hábitos de pensamiento, como complemento a los expuestos por Chance (2002).

La quinta aportación de esta tesis establece cuál es **el rol del contexto en las preguntas que se plantearon los futuros docentes cuando desarrollaron un ciclo de investigación, distinguiendo entre productores de datos y entre consumidores de datos.**

Durante el planteamiento de preguntas en el rol de productores de datos, los futuros docentes se centraron en temáticas referentes al ocio y/o estudios, interesándose por una realidad particular y cercana en torno a quehaceres propios de su etapa etaria y estudiantil. Utilizando la caracterización de Watson y Callingham (2003) podríamos situar sus preguntas en el nivel idiosincrático puesto que establecen una relación individual con el contexto de la tarea. No obstante, pudimos observar que solo un grupo de estudiantes se planteó una pregunta respecto a una temática socialmente relevante como es el rol de la mujer en las labores del hogar.

Al observar la escasa presencia de temas socialmente relevantes entre sus preguntas cuando se situaban en el rol de productores de datos, decidimos incorporar datos y representaciones en el contexto de la estadística cívica y situar a los participantes en el rol de consumidores de datos, generando un nuevo instrumento para la recogida de datos. De esta forma, en el rol de consumidores de datos, observamos que gran parte de las temáticas y las preguntas que se plantearon giraban en torno a las desigualdades de género en los contextos de educación, trabajo y familia. Las preguntas iban desde la *descripción de fenómenos sociales* hasta la búsqueda de *explicaciones a fenómenos sociales* (ver ejemplo en Ubilla y Gorgorió (en prensa)). Este tipo de preguntas podrían considerarse como preguntas de nivel crítico en el sentido de Watson y Callingham (2003). Sin embargo, al observar los procesos estadísticos que utilizaron para dar respuesta a su pregunta, constatamos que, si bien cuestionaron el contexto desde una posición crítica, no aplicaron los procedimientos estadísticos necesarios para darle respuesta; o bien utilizaron elementos de estadística descriptiva para dar respuesta a preguntas que requerían utilizar herramientas estadísticas más sofisticadas.

Al analizar las conclusiones a las que llegaron los estudiantes, observamos que, tanto como productores como consumidores de datos, los futuros docentes utilizaron su conocimiento estadístico informal para crear argumentos que les permitiesen dar respuesta a las preguntas que se habían planteado. Zieffler et al. (2008) proponen la idea de razonamiento

inferencial informal que redefinimos para describir las formas de razonamiento de los futuros docentes al redactar conclusiones a partir del concepto de razonamiento informal (Voss et al., 1991). El razonamiento informal tiene de carácter deductivo y aparece cuando se toman decisiones propias de la vida cotidiana. Así, observamos que los futuros docentes presentaron un *razonamiento descriptivo informal*, ya que a partir de la estadística descriptiva crearon argumentos sobre un grupo particular o bien sobre una población desconocida. Así, como productores de datos, a través del cálculo de frecuencias, estadísticos y gráficos de barra, circular y/o histogramas, establecen relaciones que podrían explicar cierto comportamiento (ver ejemplos en Ubilla et al. (2019, p. 1097); Ubilla et al. (2021b, p. 11)). Por otro lado, observamos que como consumidores de datos al cambiar de formato los datos entregados, por ejemplo, de tablas a gráficos, establecían relaciones solo con la observación visual de tendencias en dichas representaciones (ver ejemplos en Ubilla y Gorgorió (2021a, p. S118-S119)), sin que estas tendencias fuesen necesariamente válidas estadísticamente. De alguna forma, podríamos considerar que el conocimiento inicial en estadística del grupo de futuros docentes de primaria estaría condicionado por la forma en que se les enseñó durante su etapa escolar obligatoria, que presenta el conocimiento estadístico de forma parcelada en diferentes contenidos (medidas de centralización, dispersión, tablas y gráficos) sin hacer una conexión entre los diferentes conceptos, focalizándose en el cálculo y no en el razonamiento en contextos reales. De esta forma, nuestra interpretación iría en la línea de lo expuesto por Zapata-Cardona (2016) quien considera un problema la dicotomía que se genera en el aula de estadística entre el conocimiento estadístico escolar y el mundo de los estudiantes.

En resumen, observamos que cuando los participantes en nuestro estudio se plantearon preguntas estadísticamente más “sofisticadas”, como las que requieren relacionar variables, acuden a su conocimiento estadístico informal, altamente descriptivo, para intentar dar respuesta a cuestiones estadísticas que requieren de procesos más complejos. Por otra parte, en el rol de productores de datos, la calidad de las conclusiones de un ciclo de investigación depende esencialmente de la pregunta planteada y del diseño del instrumento de recogida de datos. Resulta crucial que el instrumento permita recoger datos lo suficientemente ricos para dar respuesta a sus preguntas, y para desarrollar un análisis usando diferentes conceptos y procedimiento estadísticos. Por otro lado, en el rol de consumidores de datos, el mayor desafío es la comprensión de los datos y representaciones, así como la

identificación del alcance estadístico de los datos de partida, es decir, qué tipo de preguntas pueden responderse con los datos y representaciones disponible.

Considerando globalmente la caracterización de los ciclos que desarrollan los futuros docentes de primaria como productores de datos, proponemos **una reinterpretación de la estructura del ciclo de investigación estadística** (Wild y Pfannkuch, 1999) , **incorporando una nueva fase reflexión** (Ubilla (2021), ver sección 6.3 – Figura 24). Con la incorporación de esta nueva fase queremos insistir en que resulta crucial que los futuros docentes reflexionen sobre sus propios procesos estadísticos. Por otro lado, el ciclo de investigación estadística **como consumidores de datos**, pone de manifiesto la necesidad de **modificar el ciclo de investigación en sus tres primeras fases, tanto en su orden, como en su contenido** (sección 6.3, Figura 25). Esta doble reinterpretación del ciclo de investigación estadística de Wild y Pfannkuch (1999) constituye la sexta aportación de esta tesis.

Más arriba indicábamos que el segundo aporte de esta tesis es la caracterización del conocimiento estadístico inicial del grupo de estudiantes del Grado de Educación Primaria de la UAB actuando como productores de datos. Sin embargo, nos interesaba también su caracterización cuando actuaban como consumidores de datos para tener una visión global de las acciones, procesos de razonamiento y articulación de ideas de los estudiantes en ambos roles para lograr una mirada global sobre su conocimiento estadístico inicial. El paralelismo entre la estructura del ciclo de investigación como productores de datos y como consumidores de datos nos permite centrarnos en las fases correspondientes al inicio del ciclo. El hecho de proponer a los estudiantes que trabajaran con datos con características propias de la estadística cívica al situarse como consumidores nos permite abordar las posibles diferencias en el rol de contexto (Ubilla, 2021). De esta forma, podemos enunciar la octava aportación de esta tesis en términos de **diferencias entre las acciones, procesos de razonamiento y articulación de ideas cuando los estudiantes del Grado de Educación Primaria desarrollan un ciclo de investigación como productores de datos y cuando lo hacen como consumidores de datos en el contexto de la estadística cívica.**

Así, en el ciclo de investigación desde el rol de consumidores de datos, en primer lugar, los estudiantes leyeron, decodificaron e intentaron comprender los diferentes aspectos presentes en los datos y representaciones con los que comenzaron la resolución de problema, mientras que cuando se situaron como productores de datos estas acciones no eran necesarias.

En el ciclo de investigación desde el rol de productores de datos fueron los propios estudiantes quienes establecieron la problemática a abordar y su concreción en una o más preguntas de investigación; mientras que desde el rol de consumidores de datos la problemática estaba ya presente en los datos y representaciones entregados. En el ciclo de investigación desde el rol de productores de datos los estudiantes debieron recolectar sus propios datos; por ello la complejidad de los datos a los que se enfrentaron era en general mucho menor que en el caso del ciclo de investigación desde el rol de consumidores de datos. El papel del contexto está estrechamente vinculado al ciclo de investigación, que desarrollaron. Sin embargo, en el ciclo de investigación desde el rol de productores de datos el contexto en el que los estudiantes formularon sus preguntas de investigación era esencialmente idiosincrático, mientras que desde el rol de consumidores de datos el contexto tenía una fuerte carga social en función de los datos entregados.

En esta misma línea, la Figura 27 muestra las acciones, procesos de razonamiento y articulación de ideas identificadas con mayor o menor frecuencia cuando los futuros maestros desarrollaron un ciclo de investigación estadística como productores de datos y como consumidores de datos.

	Con frecuencia los estudiantes ...	Raramente los estudiantes ...
Ciclo de investigación estadística como productores de datos (CIEP)	<ul style="list-style-type: none"> - generan preguntas de investigación en su propio contexto, - construyen instrumentos de recogida de datos, discuten las diferencias entre pregunta de investigación y preguntas del instrumento, sus distintos roles y cómo se conectan, - discuten la conexión entre la construcción del instrumento y las posibles formas de analizar los datos, - razonan estadísticamente, al escoger una o más formas de representar datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - consultan otras fuentes de datos para obtener información complementaria, - hacen un análisis de datos cualitativo, puesto que este queda sujeto a las variables que incorporan a su estudio, que suelen ser cuantitativas, - plantean preguntas de investigación que impliquen una relación entre variables, - obtienen datos de calidad para un análisis que permita responder la pregunta de investigación.
Ciclo de investigación estadística como consumidores de datos (CIEC)	<ul style="list-style-type: none"> - abordan y discuten sobre problemáticas sociales, - trabajan la lectura y comprensión de tablas, gráficos e infografías, - abordan temáticas de otras asignaturas al generar la noticia. 	<ul style="list-style-type: none"> - plantean preguntas de investigación que impliquen la relación entre variables, - usan estadísticos y otro tipo de representaciones gráficas a partir del paquete de datos entregados, - proponen temáticas diversas relacionadas con un mismo paquete de datos.

Figura 27. Acciones, procesos de razonamiento y articulación de ideas identificadas en los ciclos de investigación de los futuros docentes como productores de datos y como consumidores de datos (Ubilla, 2021).

La novena contribución de esta tesis es la definición de una **tipología de preguntas en los ciclos de investigación generados tanto desde el rol de productores y como el de consumidores de datos con características de la estadística cívica** derivada de Ubilla y Gorgorió (en prensa). Así, distinguimos entre: a) las preguntas que son propias del ciclo de investigación desde el rol de productores de datos; b) las que son propias del ciclo desde el rol de consumidores de datos y c) las que corresponden a ambos posicionamientos. En el proceso de formulación de preguntas desde el rol de productores de datos distinguimos igual que Arnold (2013) entre preguntas de investigación y preguntas del instrumento, siendo estas últimas preguntas sobre la muestra – ya sea para caracterizar o seleccionar la población – y preguntas dirigidas al objetivo del estudio. En las preguntas sobre la construcción social de los datos, distinguimos entre las preguntas sobre la construcción de la encuesta y las preguntas sobre la terminología que aparece en las representaciones siguiendo lo expuesto por Schield (2007) y Puloka et al. (2021).

El proceso de interrogación aparece tanto desde el rol de productores de datos como desde el de consumidores de datos. En el distinguimos las preguntas interrogativas y las preguntas que forman parte del análisis (Arnold, 2013) en las que situamos las preguntas del tipo preguntar a los datos, entre los datos, detrás de los datos y más allá de los datos, caracterización que amplía las propuestas de Friel et al. (2001) y Shaughnessy (2007).

Para completar las diversas contribuciones a la teoría de la tesis que presentamos, sería interesante que en un futuro se avanzase en la caracterización del conocimiento estadístico desde la perspectiva del sentido estadístico en una etapa de la formación del profesorado diferente a la que se planteó en esta investigación. Por un lado, podría caracterizarse el sentido estadístico de futuros profesores, tanto de primaria como de secundaria, al final de su formación docente, así como de profesores en ejercicio, con tal de saber cómo desarrollan un ciclo de investigación y cuáles son las dificultades a las que se enfrentan. Así mismo, consideramos que sería interesante complementar la línea de investigación desarrollada por Burgess (2009), relacionando las cuatro dimensiones del pensamiento estadístico propuestas por Wild y Pfannkuch (1999) y el conocimiento estadístico para la enseñanza (Hill et al., 2004; Ball et al., 2005). Burgess (2009) identificó perfiles docentes cuando los docentes implementaban un ciclo de investigación con estudiantes de educación primaria. Sugeriríamos tomar la investigación de Burgess (2009)

como punto de partida e incorporar elementos de la alfabetización y del razonamiento estadístico en el análisis de la práctica docente, con tal de identificar conocimientos estadísticos para la enseñanza.

Por otro lado, consideramos fundamental que se continúe investigando sobre cómo leen e interpretan los futuros docentes tablas, gráficos, visualizaciones e infografías que abordan temáticas sociales en el contexto de la estadística cívica. De forma complementaria, consideramos necesario que se identifique qué tipo de preguntas se plantean los futuros docentes sobre datos que provienen de fuentes externas o al analizar una noticia que se sustenta en datos. En particular, este tipo de investigaciones serían especialmente relevantes para la formación de docentes de primaria. Finalmente, con la finalidad de profundizar en la caracterización del sentido estadístico que activan los estudiantes cuando desarrollan un ciclo de investigación, sería realmente interesante avanzar en la caracterización de las interacciones entre estudiantes cuando trabajan en grupo en el desarrollo de los ciclos. La caracterización de las interacciones podría entregarnos indicios sobre cómo construyen y conectan cada una de las fases del ciclo de investigación y permitiría profundizar en el conocimiento de las decisiones que toman cuando recorren el ciclo de investigación. Estas son únicamente algunas de las ideas que podrían ser investigadas en un futuro por la autora de esta tesis, o por otros investigadores, para contribuir a una comprensión más profunda del pensamiento estadístico de los docentes necesario para gestionar y planificar la resolución de problemas estadísticos.

7.2 Implicaciones didácticas

A partir de las reflexiones y conclusiones expuestas en las secciones anteriores, junto con los conocimientos y habilidades adquiridas en el desarrollo de esta tesis, a continuación, presentamos algunas implicaciones didácticas que se desprenden de nuestra investigación. Nuestras reflexiones pretenden ser útiles tanto para la formación de futuros docentes de primaria como para implementación del ciclo de investigación estadística desde el rol de productores y consumidores de datos en diferentes contextos educativos.

A partir de las evidencias obtenidas durante nuestro estudio, consideramos primordial que durante su formación los futuros docentes de primaria desarrollen actividades

estructuradas como un ciclo de investigación estadística para poder comprender su estructura, conectar las diferentes fases, e identificar las problemáticas u obstáculos que puedan aparecer en cada fase. Por otra parte, el desarrollo de un ciclo de investigación les permitirá identificar características propias de la estadística que posiblemente no son detectables en los cursos más tradicionales de matemática y/o su didáctica.

Además, es imprescindible que tengan la oportunidad de tomar tanto el rol de productores y como el de consumidores de datos (Gould, 2017). En nuestra investigación observamos que ambas estructuras tienen elementos comunes, pero también diferenciadores que requieren una comprensión profunda de aspectos propios de la estadística. Debido a que los futuros docentes parecen poco familiarizados con el planteamiento de preguntas, resulta necesario potenciar situaciones que les permitan diferenciar tipos de preguntas en un ciclo de investigación, desde el rol de productores de datos. En particular, consideramos esencial que los futuros docentes aprendan a distinguir entre la pregunta de investigación – aquella que se responde mediante el uso y análisis de datos – de las preguntas del instrumento son aquellas que permiten recolectar los datos (Arnold, 2013). También en el rol de productores de datos, resulta importante promover que los estudiantes se planteen preguntas que buscan conocer una situación real de su contexto, más allá de sus intereses individuales. Esto permitiría que los estudiantes comprendiesen que la estadística es una herramienta que nos permite analizar y dar respuesta a problemáticas reales y por lo tanto disponer de competencias estadísticas permite al ciudadano actuar críticamente.

Un aspecto diferenciador en el proceso del desarrollo de un ciclo de investigación estadística desde el rol de productores es el diseño de instrumentos de recogida de datos. Actualmente, existen diferentes herramientas tecnológicas que podrían utilizarse para recolectar datos. Sin embargo, antes de utilizar cualquier técnica o instrumento de recogida de datos, es necesario que los futuros docentes reflexionen sobre la conexión de las preguntas del instrumento con la pregunta de investigación. Además, desde el punto de vista de la profundidad del análisis de datos, es importante promover que los datos recolectados sean diversos, a partir de instrumentos que contenga preguntas abiertas y cerradas, que permitan recoger valores de variables cuantitativas y cualitativas. A partir de esto, podría trabajarse el análisis de los datos desde perspectivas diversas, abarcando diferentes procedimientos estadísticos. Finalmente, tanto en el rol de productores como en el de consumidores de datos,

resulta necesario monitorear las conclusiones que los estudiantes generan a partir de sus investigaciones. Wild y Pfannkuch (1999) exponen que las personas suelen ser menos críticas con las conclusiones que generan o leen cuando estas se ajustan a sus ideas preconcebidas. Dado que nuestras evidencias muestran que gran parte de los participantes incorporaron sus creencias en sus conclusiones, vemos que resulta importante guiarlos y enseñarles a establecer conclusiones que se basen en los procesos estadísticos desarrollados, considerando el contexto y la forma en que se han desarrollado la investigación.

Es poco frecuente que los futuros docentes en su etapa de formación previa a la universidad hayan tenido la oportunidad de interactuar con datos y representaciones en el contexto de la estadística cívica. Por ello, desde el rol de consumidores de datos resulta imprescindible guiarlos en la lectura y comprensión de la información presente en la complejidad de las representaciones de datos propias de la estadística cívica y en la comprensión de los significados y conceptos estadísticos que les son propias. En particular, es importante generar situaciones en las que los futuros docentes trasladen el conocimiento de variables en contextos escolares a contextos de datos reales, identificando las similitudes, diferencias y limitaciones al utilizar este conocimiento en representaciones estadísticas más complejas. Además, es importante hacer explícitas las limitaciones a las cuales se pueden enfrentar cuando abordan datos en el contexto de la estadística cívica. El conocimiento estadístico propio de la educación primaria suele ser de carácter descriptivo, por lo que los futuros docentes deben aprender a ser cautos al plantear preguntas que involucren relaciones o asociaciones entre variables, ya podrían llegar a conclusiones erróneas o establecer relaciones de causalidad entre variables cuando no existe tal causalidad.

Por último, resulta primordial fortalecer y promover la generación de preguntas a través del desarrollo del ciclo de investigación estadística (Bargagliotti et al., 2020; Arnold y Franklin, 2021). La Figura 26 puede utilizarse como guía sobre el tipo de preguntas que podrían promoverse en el aula durante la resolución de problemas estadísticos. Por otra parte, las fases que Wild y Pfannkuch (1999) proponen para el ciclo de interrogación pueden orientar el monitoreo constante durante el desarrollo del ciclo de investigación estadística. Sería esencial además promover el desarrollo de hábitos de pensamiento para la alfabetización estadística (Watson y Callingham, 2003, p. 7), el razonamiento estadístico (Gal y Garfield, 1997) y el pensamiento estadístico (Chance, 2002). En particular, desde el

punto de vista de la gestión del desarrollo de ciclos de investigación en el aula, la Figura 28 presentada en Ubilla y Gorgorió (2021a) propone orientaciones para el profesorado para monitorear los objetivos de aprendizaje en cada una de las fases del ciclo de investigación, así como su posible evaluación.



continúa en la siguiente página

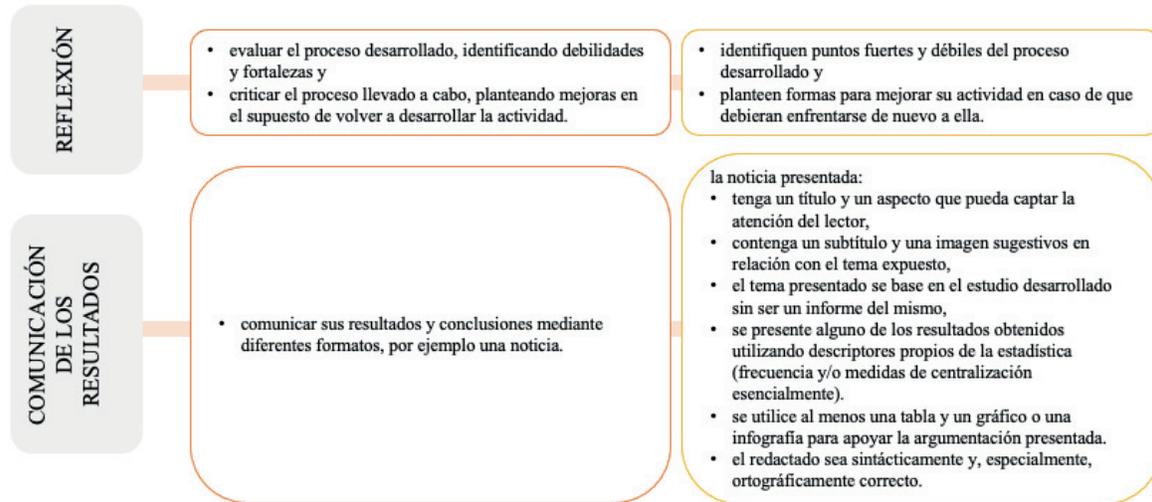


Figura 28. Indicaciones para el monitoreo y evaluación del ciclo de investigación estadística (adaptación a partir de Ubilla y Gorgorió (2021a)).

Si bien esta figura está diseñada pensando en el desarrollo de un ciclo de investigación desde el rol de consumidores de datos, en el desarrollo de un ciclo de investigación desde el rol de productores de datos debería incorporarse el monitoreo del proceso de diseño del instrumento de recogida de datos. Esto implicaría, de entrada, intentar que los estudiantes consigan diseñar una lista de preguntas que permitan recopilar datos para dar respuesta a la pregunta de investigación que se plantean. Además, sería necesario valorar su trabajo cuando las preguntas que proponen para el instrumento tienen relación con la pregunta de investigación, son preguntas que les entregan datos útiles y de calidad en tanto que pueden ser analizados para dar una respuesta a la pregunta.

Por último, desde nuestra perspectiva de formadoras de formadores, la caracterización del conocimiento estadístico inicial que hemos presentado en esta tesis podría considerarse como base para el diseño de asignaturas o módulos de enseñanza sobre estadística. Como hemos observado, los futuros docentes de primaria tienen conocimientos de estadística descriptiva, conocimiento que aparece explícitamente durante la fase de análisis del ciclo de investigación estadística. Sin embargo, a veces este conocimiento contiene ideas erróneas que radican en la elección adecuada para representar diferentes variables. Así, consideramos necesario promover la reflexión y la discusión en torno a la pertinencia de utilizar ciertas representaciones a partir del tipo de variables con las que se trabaja. Por otro lado, con tal de

desarrollar el sentido estadístico de los futuros docentes, resulta necesario incorporar en las clases de estadística, tanto a nivel disciplinar como didáctico, situaciones de aprendizaje que requieran plantear una pregunta de investigación, diseñar instrumentos de recolección de datos. Sería necesario también de plantear que la interpretación de resultados no corresponde únicamente a la lectura de las representaciones que diseñan, sino más bien a integrar los resultados estadísticos y el contexto bajo el cual se construyen dichas representaciones.

Finalmente, presentar y trabajar la estadística siguiendo la estructura del ciclo de investigación con los futuros docentes de primaria, facilitaría que se diesen cuenta de que la resolución de problemas en matemáticas es diferente de la resolución de problemas en estadística. Ambos tipos de procesos tienen su propia naturaleza y finalidad. Pensar estadísticamente requiere conocimiento matemático, pero no es igual a pensar matemáticamente.

Agradecimientos

Mi mayor agradecimiento es hacia mi directora Núria Gorgorió. Me siento afortunada de haber coincidido con ella en esta etapa de mi vida. Le agradezco su apoyo, solidaridad y espacios de confianza que me ha brindado durante estos cinco años, no solo en el ámbito de la investigación, sino también en torno a mi experiencia como estudiante migrante *al otro lado del charco*.

A Horacio Solar, por motivarme en mis años de estudiante de pedagogía a seguir el camino de la investigación, por apoyarme y darme la oportunidad de conocer el mundo de la didáctica de la matemática.

A Francisco Rojas y Claudia Vásquez por permitirme recolectar datos en sus clases y darme el espacio de seguir divulgando mi trabajo con sus estudiantes.

A mis compañeras y compañeros del doctorado, por generar espacios de discusión y reflexión durante estos cuatro años. En especial a Èlia por su orientación y amistad durante este proceso y a Carolina, por su sincera amistad y compañía en todo momento.

A Caterina y Manel por acogerme en Cataluña, por mostrarme su pasión por la cultura catalana e inspirarme a conectarme y apasionarme con mis raíces chilenas.

A mi familia, Luz, José Luis y Franco, por contenerme, alegrarme y “hacerme barra” a la distancia y por siempre mantenerme conectada con mi país. En particular, agradezco a mi madre y mi padre, porque pese a todas las dificultades a las que nos hemos enfrentado, siempre me han permitido seguir mis sueños, aunque parecieran una locura para nuestro contexto socio-económico.

A mi compañero de vida, Camilo, porque solo nosotres sabemos lo que ha significado movernos a otro continente y hacer un doctorado en medio de una pandemia. Agradezco tu amor infinito, tu comprensión, contención y tu alegría durante todo este proceso.

“The classroom remains the most radical space of possibility in the academy”
bell hooks

Referencias bibliográficas

- Anasagasti, J., & Berciano, A. (2012). Prueba exploratoria sobre competencias de futuros maestros de primaria: conocimiento de conceptos básicos de estadística. En A. Estepa, Á. Contreras, J. Deulofeu, M. C. Penalva, F. J. García y L. Ordóñez (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVI* (pp. 113 - 121). SEIEM
- Anasagasti, J., & Berciano, A. (2016). El aprendizaje de la estadística a través de PBL con futuros profesores de primaria. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, Extraordinario 1, 31-43. <https://doi.org/10.18172/con.2699>
- Anasagasti, J., & Berciano, A. (2017). Estadística y ABP: Una experiencia con futuro profesorado de primaria. *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, (078), 18- 23. <https://www.grao.com/es/producto/estadistica-y-abp>
- Anasagasti, J., Berciano, A. & Murillo, J. (2022). Estadística por proyectos en el grado de Educación Primaria: un estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(1), 125-142. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3235>
- Arnold (2013). *Statistical Investigative Questions - An Enquiry into Posing and Answering Investigative Questions from Existing Data* [Tesis doctoral]. University of Auckland. <https://researchspace.auckland.ac.nz/handle/2292/21305>.
- Arnold, P., & Franklin, C. (2021). What Makes a Good Statistical Question? *Journal of Statistics and Data Science Education*, 29(1), 122-130. <https://doi.org/10.1080/26939169.2021.1877582>
- Arteaga, P. (2008). *Análisis de gráficos estadísticos elaborados en un proyecto de análisis de datos* [Trabajo fin de Master]. Universidad de Granada.
- Arteaga, P., Batanero, C., & Contreras, J. M. (2011). Gráficos estadísticos en la educación primaria y la formación de profesores. *Indivisa. Boletín de Estudios e Investigación*, (12), 123-135. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3781458>
- Arteaga, P., Batanero, C., Contreras, J. M., & Cañadas, G. R. (2015). Statistical graphs complexity and reading levels: a study with prospective teachers. *Statistique et enseignement*, 6(1), 3-23. <http://statistique-et-enseignement.fr/article/view/430>
- Arteaga, P., Batanero, C., Contreras, J. M., & Cañadas, G. (2016). Evaluación de errores en la construcción de gráficos estadísticos elementales por futuros profesores. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 19(1), 15-40. <http://dx.doi.org/10.12802/relime.13.1911>
- Ball, D. L., Thames, M. H. y Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177%2F0022487108324554>
- Bargagliotti, A., Franklin, C., Arnold, P., Gould, R., Johnson, S., Perez, L., & Spangler, D. (2020). *Pre-K-12 Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education II (GAISE II): A Framework for Statistics and Data Science Education*. American

- Statistical Association. Retrieved from https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GAISEIIPreK-12_Full.pdf
- Batanero C. (2013). Sentido estadístico: Componentes y desarrollo. *Probabilidad Condicionada: Revista de didáctica de la Estadística*, (2), 55-61. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4770161>
- Batanero, C., Díaz, C., Contreras, J. M., & Roa, R. (2013). El sentido estadístico y su desarrollo. *Números. Revista de didáctica de las Matemáticas*, 83, 7-18. <https://drive.google.com/file/d/1wBh0ttAwK02g3AS66terPWi48hxIEKqL/view>
- Biehler, R., Frischemeier, D., & Podworny, S. (2018). Elementary preservice teachers' reasoning about statistical modeling in a civic statistics context. *ZDM*, 50(7), 1237-1251. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-1001-x>
- Burgess, T. (2009). Teacher knowledge and statistics: What types of knowledge are used in the primary classroom?, *The Mathematics Enthusiast*, 6(1), 3- 24. <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1130>
- Burrill, G., & Biehler, R. (2011). Fundamental statistical ideas in the school curriculum and in training teachers. En C. Batanero, G. Burrill y C. Reading (Eds.), *Teaching statistics in school mathematics. Challenges for teaching and teacher education - A joint ICMI/IASE study* (pp. 57- 69). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1131-0>
- Carrillo-Yañez, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L. C., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., ... & Muñoz-Catalán, M. C. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236-253. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>
- Castro, Á., Mengual, E., Prat, M., Albarracín, L. y Gorgorió, N. (2014). Conocimiento matemático fundamental para el grado de Educación Primaria: inicio de una línea de investigación. En M. T. González, M. Codes, D. Arnau y T. Ortega (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVIII* (pp. 227-236). SEIEM.
- Chance, B. (2002). Components of Statistical Thinking and Implications for Instruction and Assessment. *Journal of Statistics Education*, 10(3). <https://doi.org/10.1080/10691898.2002.11910677>
- Cobb, G. W., & Moore, D. S. (1997). Mathematics, statistics, and teaching. *The American Mathematical Monthly*, 104(9), 801–823. <https://doi.org/10.2307/2975286>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th edition). Routledge.
- delMas, R. (2002) Statistical Literacy, Reasoning, and Learning: A Commentary. *Journal of Statistics Education*, 10(3). <https://doi.org/10.1080/10691898.2002.11910679>
- Díaz-Levicoy, D., Batanero, C. & Arteaga, P. (2018). Investigaciones sobre gráficos estadísticos en Educación Primaria: revisión de la literatura. *Revista Digital Matemática, Educación e Internet*, 18(1), 1-12. <https://doi.org/10.18845/rdmei.v18i1.3255>
- Engel, J. (2017). Statistical literacy for active citizenship: A call for data science education. *Statistics Education Research Journal*, 16(1), 44-49. <https://doi.org/10.52041/serj.v16i1.213>

- Engel, J., Ridgway, J., & Weber, F. (2021). Educación estadística, democracia y empoderamiento de los ciudadanos. *Revista Paradigma*, 42(Extra 1), 1-31. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.p01-31.id1016>
- Estrada, A., Batanero, C., & Fortuny, J. M. (2004). Un estudio sobre conocimientos de estadística elemental de profesores en formación. *Educación matemática*, 16(1), 89-111.
- Franklin, C., Kader, G., Mewborn, D., 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*. American Statistical Association. Retrieved from https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GAISEPreK-12_Full.pdf
- Franklin, C., Bargagliotti, A., Case, C., Kader, G., Scheaffer, R., & Spangler, D. (2015). *Statistical education of teachers*. American Statistical Association. Retrieved from <http://www.amstat.org/education/SET/SET.pdf>.
- Friel, S. N., Curcio, F. R., & Bright, G. W. (2001). Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(2), 124-158. <https://psycnet.apa.org/doi/10.2307/749671>
- Frischemeier, D., & Leavy, A. (2019, February). The challenge of constructing statistically worthwhile questions. In *Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME11)* (No. 12). Freudenthal Group; Freudenthal Institute; ERME. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02411586>
- Frischemeier, D., & Leavy, A. (2020). Improving the quality of statistical questions posed for group comparison situations. *Teaching Statistics*, 42(2), 58-65. <https://doi.org/10.1111/test.12222>
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70(1), 1-25. <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2002.tb00336.x>
- Gal, I. & Garfield, J. (1997). Curricular Goals and Assessment Challenges in Statistics Education. In Gal, I., & Garfield, J. (Eds). *The assessment challenges in Statistics Education*, 1-13. <https://iase-web.org/documents/book1/chapter01.pdf?1402524893>
- Gal, I., & Ograjensek, I. (2017). Official statistics and statistics education: bridging the gap. *Journal of Official Statistics*, 33(1), 79 - 100. <https://doi.org/10.1515/jos-2017-0005>
- Garfield, J. B. (2002). The challenge of developing statistical reasoning. *Journal of Statistics Education*, 10(3). <https://doi.org/10.1080/10691898.2002.11910676>
- Garfield, J. B., & Ben-Zvi, D. (2008). *Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching practice*. Springer.
- Garfield, J., del Mas, R., & Zieffler, A. (2010). Assessing important learning outcomes in introductory tertiary statistics courses. *Assessment methods in statistical education: An international perspective*, 75-86. <https://doi.org/10.1002/9780470710470.ch7>
- Garfield, J. B., & Gal, I. (1999). Assessment and Statistics Education: Current Challenges and Directions. *International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique*, 67(1), 1-12. <https://doi.org/10.2307/1403562>

- Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament (2017). *Currículum educació primària*.
<https://educacio.gencat.cat/web/.content/home/departament/publicacions/colleccions/curriculum/curriculum-ed-primaria.pdf>
- Godino, J. D., Batanero, C., Roa, R., & Wilhelmi, M. R. (2008). Assessing and developing pedagogical content and statistical knowledge of primary school teachers through project work. In C. Batanero, G. Burrill, C. Reading & A. Rossman (Eds.) *Joint ICMI/IASE Study: Teaching Statistics in School Mathematics. Challenges for Teaching and Teacher Education. Proceedings of the ICMI Study, 18*. https://iase-web.org/documents/papers/rt2008/T3P1_Godino.pdf?1402524990
- González, M. T., & Chamoso, J. M. (2014). Enseñanza por proyectos: una propuesta para la formación de maestros en educación estadística. In *Congreso: Las nuevas metodologías en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas* (p. 71).
- Gorgorió, N., Albarracín, L. y Villarreal, A. (2017). Examen de competència logicomatemàtica en la nova prova d'accés als graus de mestre. *Noubiaix*, 39, 58-64.
<https://raco.cat/index.php/Noubiaix/article/view/330477>
- Gorgorió, N., & Albarracín, L. (2019). El conocimiento matemático previo a la formación inicial de los maestros: necesidad y concreción de una prueba para su evaluación. In E. Badillo, N. Climent, C. Fernández, & M. T. González (Eds.), *Investigación sobre el profesor de matemáticas: formación, práctica de aula, conocimiento y competencia profesional* (pp. 111-132). Ediciones Universidad Salamanca.
- Gorgorió, N., Albarracín, L., Laine, A., & Llinares, S. (2021). Primary education degree programs in Alicante, Barcelona and Helsinki: Could the differences in the mathematical knowledge of incoming students be explained by the access criteria? *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(1), 174–207.
<https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.1.1468>
- Gould, R. (2017). Data literacy is statistical literacy. *Statistics Education Research Journal*, 16(1), 22-25. <https://doi.org/10.52041/serj.v16i1.209>
- IDSSP Curriculum Team (2019). *Curriculum Frameworks for Introductory Data Science*.
http://idssp.org/files/IDSSP_Frameworks_1.0.pdf
- Lesser, L. M. (2007). Critical values and transforming data: Teaching statistics with social justice. *Journal of Statistics Education*, 15(1).
<https://doi.org/10.1080/10691898.2007.11889454>
- Martínez–Castro, C. A., & Zapata–Cardona, L. (2021). El pensamiento estadístico como herramienta para la ciudadanía crítica en la formación inicial de profesores de Estadística. *Yupana*, (13), 8-27. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8331606>
- Ministerio de Educación de Chile (2018). *Bases Curriculares Primero a Sexto Básico*.
https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-22394_bases.pdf
- Ministerio de Educación de Chile (2020). *Estándares Disciplinarios Educación General Básica Matemática*.
<https://estandaresdocentes.mineduc.cl/wp-content/uploads/2022/02/EGB-Matematica.pdf>

- Molina Portillo, E., Contreras García, J., Salcedo, A., & Contreras García, J. M. (2020). Evaluación de la postura crítica de futuros profesores de Educación Primaria como componente de la cultura estadística. *Educación matemática*, 32(3), 97-120. DOI: 10.24844/EM3203.04
- Molina-Portillo, E., Contreras-García, J. & Contreras, J.M. (2021). Nivel de lectura gráfica de futuros profesores de educación primaria como componente de la cultura estadística. *PNA*, 15(3), 137-158. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8018813>
- Nicholson, J., Gal, I., & Ridgway, J. (2018). Understanding Civic Statistics: A Conceptual Framework and its Educational Applications. A product of the ProCivicStat Project. Retrieved (Date) from: <http://IASE-web.org/ISLP/PCS>
- Ograjensek, I. & Gal, I. (2016). Enhancing statistics education by including qualitative research. *International Statistical Review*, 84, 2, 165–178. <https://doi.org/10.1111/insr.12158>
- Pfannkuch, M., & Wild, C. J. (2000). Statistical thinking and statistical practice: Themes gleaned from professional statisticians. *Statistical science*, 15(2), 132-152. <https://doi.org/10.1214/ss/1009212754>
- Puloka, M., Budgett, S., & Pfannkuch, M. (2021). What questions do novices pose about categorical data? In: R Helenius, E Falck (Eds.), *Statistics Education in the Era of Data Science Proceedings of the Satellite conference of the International Association for Statistical Education (IASE)*, Aug-Sept 2021, Online conference. ©2021 ISI/IASE iase-web.org/Conference_Proceedings.php
- ProCivicStat Partners (2018). *Engaging Civic Statistics: A Call for Action and Recommendations*. A product of the ProCivicStat Project. Retrieved (Date) from: <http://IASE-web.org/ISLP/PCS> (or www.procivicstat.org until Oct 2018)
- Ridgway, J. (2016). Implications of the data revolution for statistics education. *International Statistical Review*, 84(3), 528-549. <https://doi.org/10.1111/insr.12110>
- Ridgway, J., Nicholson, J., & McCusker, S. (2013). 'Open Data'and the Semantic Web Require a Rethink on Statistics Teaching. *Technology Innovations in Statistics Education*, 7(2). <https://doi.org/10.5070/T572013907>
- Rivas, H., Godino, J. D., & 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. DOI: 10.24844/EM3003.07
- Rivas, H., Godino, J. D., & Arteaga, P. (2019a). Los proyectos como contextualizadores de nociones básicas de estadística y probabilidad en la formación inicial de profesores de educación primaria. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 45(1), 41-59. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052019000100041>
- Rivas, H., Godino, J. D. y Arteaga, P. (2019b). 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*. Disponible en www.ugr.es/local/fqm126/civeest.html
- Rowland, T., Huckstep, P., & Thwaites, A. (2003). The knowledge quartet. *Proceedings of the British Society for research into Learning Mathematics*, 23(3), 97-102.
- Santos, R., & da Ponte, J. P. (2013). Prospective elementary school teachers' interpretation of central tendency measures during a statistical investigation. In *Proceedings of the Eighth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME8)*. Ankara: Middle East Technical University.
- Schild, M. (2007). Teaching the Social Construction of Statistics. Paper presented at the 2007 Midwest Sociological Association. See www.StatLit.org/pdf/2007SchildMSS.pdf
- Schiller, A., & Engel, J. (2016, July). Civic statistics and the preparation of future secondary school mathematics teachers. In *Promoting understanding of statistics about society: Proceedings of the Roundtable Conference of the International Association of Statistics Education, Berlin, Germany*. <https://iase-web.org/documents/papers/rt2016/Schiller.pdf>.
- Sharma, S. (2017). Definitions and models of statistical literacy: a literature review. *Open Review of Educational Research*, 4(1), 118-133. <https://doi.org/10.1080/23265507.2017.1354313>
- Shaughnessy, J. M. (2007). Research on statistics' reasoning and learning. *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 957-1009). Greenwich, CT: Information Age Publishing, Inc., and NCTM.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14. <https://doi.org/10.3102%2F0013189X015002004>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Ubilla, F. (2019). Componentes del sentido estadístico en un ciclo de investigación estadística desarrollado por futuras maestras de primaria. En J. M. Marbán, M. Arce, A. Maroto, J. M. Muñoz-Escolano y Á. Alsina (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXIII* (pp. 583-592). SEIEM.
- Ubilla, F. M. (2021). ¿Qué rol juegan los datos en el ciclo de investigación estadística? *Uno. Revista de didáctica de las matemáticas*, (91), 63-68. <https://www.grao.com/es/producto/que-rol-juegan-los-datos-en-el-ciclo-de-investigacion-estadistica-un091100591>
- Ubilla, F.M. & Gorgorió, N. (2021a). From a source of real data to a brief news report: Introducing first- year preservice teachers to the basic cycle of learning from data. *Teaching Statistics*,(43), S110–S123. <https://doi.org/10.1111/test.12246>
- Ubilla, F.M. y Gorgorió, N. (2021b). Sobre cómo transitan los futuros maestros por el ciclo de investigación estadística: orientaciones para la implementación de proyectos estadísticos. *BOLEMA- Boletim de Educação Matemática*, 35(71). <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n71a24>

- Ubilla F.M. & Gorgorió, N. (2021c). What meaning do future elementary schoolteachers attach to the *numbers* that appear in a Eurostat database? In: R Helenius, E Falck (Eds.), *Statistics Education in the Era of Data Science Proceedings of the Satellite conference of the International Association for Statistical Education (IASE)*, Aug-Sept 2021, Online conference. ©2021 ISI/IASE iase-web.org/Conference_Proceedings.php
- Ubilla, F.M & Gorgorió, N. (en prensa). What kinds of questions are formulated by a group of student teachers when dealing with data representations that address social issues? *Proceedings of the Eleventh International Conference on Teaching Statistics (ICOTS11, September, 2022), Rosario, Argentina.*
- Ubilla, FM.M & Gorgorió, N (2022). *Using Eurostat data to teach statistics to pre-service primary teachers: learning opportunities for civic awareness and social criticism.* [Manuscrito enviado para publicación]. Departament de Didàctica de la Matemàtica, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Ubilla, F., Gorgorió, N. Y Albarracín, L. (2021a). De la taula de dades a una notícia. *Revista del Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació (CIDUI)*, 2021, Núm. 5, <https://raco.cat/index.php/RevistaCIDUI/article/view/378021>.
- Ubilla, F., Gorgorió, N. & Prat, M. (2019). The investigative cycle: Developing a model to interpret written statistical reports of pre-service primary school teachers. *Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME11)*, Utrecht University, Feb 2019, Utrecht, Netherlands. hal-02412854
- Ubilla, F.M., Vázquez, C., Rojas, F. y Gorgorió, N. (2021b). Santiago – Villarrica – Barcelona: The statistical investigative cycle in primary education teacher training. *Statistics Education Research Journal*, 20(2). <https://doi.org/10.52041/serj.v20i2.392>
- Voss, J. F., Perkins, D. N., & Segal, J. W. (1991). Preface. In J. F. Voss, D. N. Perkins, and J. Segal (Eds.), *Informal reasoning and education* (pp. vii-xvii). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wallman, K. K. (1993). Enhancing statistical literacy: Enriching our society. *Journal of the American Statistical Association*, 88(421), 1-8. <https://doi.org/10.2307/2290686>
- Watson, J. M. (1997). Assessing statistical thinking using the media. En Gal, I. & Garfield, J. (Eds). *The assessment challenge in statistics education*, 107-121. <https://iase-web.org/documents/book1/chapter09.pdf?1402524893>
- Watson, J. & Callingham, R. (2003). Statistical Literacy: A complex hierarchical construct. *Statistics Education Research Journal*, 2(2), 3-46. [https://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ2\(2\)_Watson_Callingham.pdf?1402525004](https://iase-web.org/documents/SERJ/SERJ2(2)_Watson_Callingham.pdf?1402525004)
- Weiland, T. (2016). The importance of context in task selection. *Teaching Statistics*, 39(1), 20-25. <https://doi.org/10.1111/test.12116>
- Weiland, T. (2017). Problematizing statistical literacy: An intersection of critical and statistical literacies. *Educational Studies in Mathematics*, 96(1), 33-47. <https://doi.org/10.1007/s10649-017-9764-5>
- Weiland, T. (2019). Critical Mathematics Education and Statistics Education: Possibilities for transforming the school mathematics curriculum. In *Topics and Trends in Current*

- Statistics Education Research* (pp. 391-411). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03472-6_18
- Wild, C. J. y Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223-248. <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.1999.tb00442.x>
- Zapata-Cardona, L. (2016). Enseñanza de la estadística desde una perspectiva crítica. *Yupana*, (10), 30-39. <https://doi.org/10.14409/yu.v0i10.7695>
- Zapata-Cardona, L., & Marrugo, L. M. (2019). Critical citizenship in Colombian statistics textbooks. In *Topics and trends in current statistics education research* (pp. 373-389). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03472-6_17
- Zapata-Cardona, L., & Martínez-Castro, C. A. (2021). Statistical modeling in teacher education. *Mathematical Thinking and Learning*, 1-15. <https://doi.org/10.1080/10986065.2021.1922859>
- Zieffler, A., Garfield, J., DelMas, R., & Reading, C. (2008). A framework to support research on informal inferential reasoning. *Statistics Education Research Journal*, 7(2). <https://doi.org/10.52041/serj.v7i2.469>