



Panorama de la investigación en educación estadística desde tesis doctorales 2000-2014

- The Panorama of Research in Statistical Education Based on Doctoral Theses 2000-2014
- Panorama da pesquisa em educação estatística desde teses doutorais 2000-2014

Resumen

El artículo presenta la formulación de categorías orientadas a la revisión y clasificación de tesis doctorales de acuerdo a sus enfoques teóricos, temas objeto de atención en la acción educativa, sujetos o focos de interés, caracterización de principios metodológicos e ideas acerca de la enseñanza-aprendizaje de la estocástica. La metodología mezcla el paradigma cualitativo hermenéutico con métodos cuantitativos basados en recuentos estadísticos.

Los resultados muestran la sistematización de 129 tesis asesoradas en universidades de 18 países, su enfoque teórico predominante es el de Alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico. Existe una priorización del paradigma cualitativo sobre el cuantitativo. Los sujetos foco de interés, son estudiantes de cursos introductorios de estadística y el temas disciplinar objeto de estudio sobresaliente es la estadística descriptiva. Finalmente, se resalta la enseñanza de la estocástica centrada en contextos reales en búsqueda de formación de tipo crítico.

Palabras clave

Análisis estadístico; estadística; método de investigación; enseñanza y formación; estado de la cuestión; tesis

Abstract

The article presents the formulation of categories aimed to review and classify doctoral theses according to their theoretical approaches, relevant topics in educational action, subjects or focus of interest, characterization of methodological principles and ideas about the teaching-learning of stochastics. The methodology mixes the hermeneutic qualitative paradigm with quantitative methods based on statistical counts.

Results show the systematization of 129 theses with advisors from universities in 18 countries, their main theoretical approach being Literacy, reasoning,

Luisa Andrade Escobar*
Felipe Fernández Hernández**
Ingrith Álvarez Alfonso***

* Especialista, Universidad Pedagógica Nacional, profesora investigadora. Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: landrade@pedagogica.edu.co. Orcid: 0000-0002-1168-1468.

** Magíster en Scientiae-Estadística, Universidad Pedagógica Nacional, profesor de planta. Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: ffernandez@pedagogica.edu.co. Orcid: 0000-0003-3775-4757.

*** Magíster en Docencia de la Matemática, Universidad Pedagógica Nacional. Coordinadora Maestría en Docencia de la Matemática. Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: ialvarez@pedagogica.edu.co. Orcid: 0000-0002-8902-3705

de recepción: 14/05/2017
de aprobación: 30/09/2017

and statistical thinking. The qualitative paradigm is prioritized over the quantitative paradigm. The relevant focuses of interest are students from introductory courses in statistics and the disciplinary subject under study is descriptive statistics. Finally, the paper highlights the teaching of stochastics focused on real contexts in search of a critical education.

Keywords

Statistical analysis; statistics, research method; teaching and training; state of the art; thesis

Resumo

O artigo apresenta a formulação de categorias orientadas à revisão e classificação de teses doutorais segundo suas abordagens teóricas, temas objeto de atenção na ação educativa, sujeitos ou focos de interesse, caracterização de princípios metodológicos e ideias acerca do ensino e a aprendizagem da estocástica. A metodologia mistura o paradigma qualitativo hermenêutico com métodos quantitativos baseados nas contagens estatísticas.

Os resultados mostram a sistematização de 129 teses assessoradas em universidades de 18 países. Sua abordagem teórica predominante é a Alfabetização, Razoamento e Pensamento Estatístico. Existe uma priorização do paradigma qualitativo sobre o quantitativo. Os sujeitos alvo são estudantes de classes introdutórias de estatística e o tema disciplinar objeto de estudo sobressaliente é a estatística descritiva. Finalmente, ressalta-se o ensino da estocástica centrada em contextos reais, procurando uma formação de tipo crítico.

Palavras chave

Análise estatística; estatística, método de pesquisa; ensino e formação; estado da questão; tese

Introducción

El objetivo del proyecto de investigación desarrollado durante el 2015 por la línea de investigación en Educación Estadística del Departamento de Matemáticas de la Universidad Pedagógica Nacional¹ era establecer derroteros como punto de partida para otras investigaciones y para orientar desarrollos de líneas de investigación en educación estadística, a partir de un panorama sobre la investigación reportada en tesis doctorales escritas en los últimos años. Esto implicó la búsqueda de tesis originarias de diversos países y variedad de instituciones educativas. Los criterios principales fueron que se tratara de tesis de nivel doctoral escritas después del 2000 que abordaran específicamente la educación estadística. En consecuencia, se excluyeron las tesis producidas antes de ese año, atendiendo a la posibilidad de tener en cuenta las producciones más recientes dentro del campo y siguiendo la estrategia de Garfield y Ben-Zvi (2008), quienes también iniciaron su estudio con tesis desde la misma fecha. También se excluyeron las que abordan la estadística misma como disciplina, sin entrar en el campo de la educación. Las tesis que cumplieron estas características sirvieron como insumo para constituir la población de estudio, seleccionar la muestra y a partir de esta formular el panorama actual.

En este artículo se presentan los aspectos metodológicos del proyecto, junto con las categorías de análisis formuladas y se expone el estado de la cuestión de la investigación en educación estadística, para terminar con algunas implicaciones relativas a la investigación y la enseñanza-aprendizaje de la estocástica.

¹ Financiado por el Centro de Investigaciones (CIUP) de la misma universidad.

Aspectos metodológicos

El estudio se desarrolla siguiendo un enfoque metodológico mixto. Desde lo cuantitativo se emplean instrumentos para determinar mediciones de periodos de publicación de las tesis, países de las instituciones donde se desarrollaron, y tendencias respecto a temas característicos de estos escritos. A la par, se realiza un análisis de orden cualitativo que, según Denzin y Lincoln (2000), en conjunto con las categorías establecidas facilita la clasificación de la información y permite una descripción profunda del trabajo y los resultados consignados en los estudios.

El proceso de acopio de tesis se fundamenta en la búsqueda sistemática en repositorios relacionados con educación estadística (v.g. IASE, Dialnet, Cinvestav y SBME). También se allegaron trabajos mediante contacto por correo electrónico con personas y comunidades educativas inmersas en el campo, lo que permitió conformar la muestra de estudio con 129 tesis. El marco muestral que hizo posible la presente caracterización se genera por muestreo de juicio. Se eligieron trece tesis (Baker, 2009; Ben-Zvi, 2001; Bif, 2014; Castellanos, 2011; Hassad, 2007; Madden, 2008; Meletiou, 2000; Noll, 2007; Porter, 2001; Reaburn, 2011; Rouan, 2001; Slauson, 2008 y Zieffler, 2006), que se examinan a la luz de categorías establecidas, marcos metodológicos empleados, e ideas para guiar la enseñanza y el aprendizaje de la estadística.

Formulación de las categorías

A partir de la revisión de literatura, emergen cuestiones útiles para caracterizar las tesis, y que por lo tanto se contemplan como categorías de clasificación y análisis. Se formulan tres categorías: *enfoque*, *propósito* y *tema*, que se refieren a los principios teóricos bajo los que

se enmarca la tesis, a los sujetos a los cuales les atañe la investigación, y a los objetos de la estocástica que se estudian. Para cada categoría se establecen subcategorías, refinadas a lo largo del proyecto, en las cuales se clasificaron las 129 tesis de la muestra, una vez realizado su análisis.

En las tablas 1 a 3 se presenta cada categoría con sus respectivas subcategorías. La primera, *enfoque*, incluye una breve definición de cada subcategoría, en tanto que para *propósito* y *tema* se presenta una descripción de las pautas que se tuvieron en cuenta para la clasificación de las tesis.

Tabla 1. Definición de las subcategorías de la categoría Enfoque

ENFOQUE	
Subcategorías	Definición
Enfoque ontosemiótico [EOS]	Posibilita describir, explicar y guiar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, al proponer criterios de idoneidad involucrados en tales procesos. Expone una reconceptualización de constructos básicos como objeto matemático, su significado, su comprensión, sus relaciones. (Godino, Font y Wilhelmi, 2008, citados en Pochulu, 2012).
Escuela francesa	Ingeniería didáctica: trabaja la didáctica en esquemas equiparables a los de un ingeniero que genera producciones basadas en resultados de investigaciones. (Artigue, 1995).
	Teoría de las situaciones didácticas: pretende comprender y operar sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas escolares, vistas como un campo de resolución de problemas en situaciones didácticas diseñadas por el docente con el fin de enseñar (Brousseau, 1994).
	Teoría antropológica de la didáctica: propone un modelo de la actividad matemática donde esta se considera una actividad humana, los objetos matemáticos existen de manera dependiente de las personas e instituciones y se determina qué se entiende por hacer matemáticas (Chevallard, 1992, citado en Font, 2002).
Educación matemática crítica	Contempla la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas como fenómenos sociales, que incluyen aspectos sociopolíticos para la formación de ciudadanos críticos que transformen la sociedad (Skovsmose, 1999).
Educación matemática realista (RME)	Sostiene que las matemáticas deben conectarse con la realidad, ser cercanas a los estudiantes y relevantes a la sociedad para así tener valor para el ser humano. Los estudiantes descubren las estructuras matemáticas y crean conceptos matemáticos personales, es decir, se reinventan las matemáticas haciéndolas. El foco de la educación matemática es el proceso de matematización desde la vida real (Freudenthal, 1973).
Procesos cognitivos	Teoría APOS: postula que el aprendizaje se da en una construcción sucesiva por parte del aprendiz, en acciones, procesos, objetos y esquemas.
	Pensamiento matemático avanzado: sostiene que en la estructura cognitiva hay una celda para la definición del concepto y otra para la imagen conceptual. Considera que las representaciones mentales no se pueden desligar del proceso de abstracción ni del proceso cognitivo que se genera al trabajar contenidos matemáticos (Tall y Vinner, 1981, citados en Font, 2002).
	Teoría de los campos conceptuales: entiende por campo conceptual un conjunto de problemas y situaciones bien definido, para cuyo tratamiento se necesitan conceptos, procedimientos y representaciones, estrechamente relacionados entre sí. Estos campos permiten el estudio de la evolución de los conocimientos de los estudiantes (Vergnaud, 1990, citado en Font, 2002).
	Instrucción guiada cognitivamente (CGI): se aproxima a la enseñanza de las matemáticas a partir de entender cómo razonan los estudiantes, para así informar y transformar la instrucción (Carpenter, Fennema y Franke, 1996).

ENFOQUE	
Subcategorías	Definición
Epistemología	Epistemología genética: intenta descubrir las raíces de los distintos tipos de conocimiento desde sus formas elementales para seguir su desarrollo hasta el pensamiento científico (Piaget y García, 1982).
	Socioepistemología: estudia cómo la organización social de la enseñanza, el aprendizaje y la investigación propician conocimiento, pues no solo las circunstancias históricas, psicológicas y los criterios para justificar o invalidar generan conocimiento.
Constructivismo	Constructivismo radical: considera el conocimiento como organización de un mundo constituido por la experiencia del sujeto, que es quien construye activamente el conocimiento (Von Glasersfeld, 1985, citado en Font, 2002).
	Socioconstructivismo: abarca líneas de pensamiento que entienden la construcción de conocimiento por el individuo inmersa en el mundo social de la interacción humana (Font, 2002).
Comunidad de práctica	Ve el aprendizaje como integración a una comunidad más que como ganar posesión del conocimiento. Las actividades matemáticas y la cognición no están separadas del contexto en el que ocurren, y el estudiante se ve como un participante en algunas de ellas. El profesor promueve el aprendizaje al fomentar la modificación e intercambio del discurso existente (Sfard, 2008).
Práctica reflexiva	Considera la reflexión como la espiral de la actividad educativa, en donde el conocimiento y la comprensión actúan conectados. Los maestros reflexivos aceptan la realidad y buscan alternativas para solucionar problemas y reformular la situación, y así modifican su práctica (Perrenoud, 2004; Schön, 1983; Zeichner y Liston, 1996).
Resolución de problemas	Abarca heurísticas calificadas como un arte o técnica para resolver problemas. Tener un problema significa apropiarse de la situación y emprender su solución buscando de forma consciente una acción que logre un objetivo previamente concebido (Schoenfeld, 1992).
Alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico	La alfabetización estadística incluye competencias básicas para entender información estadística, como leer, organizar datos, construir y diseñar tablas, representar e interpretar datos, comprender conceptos y la probabilidad como medida de incertidumbre. El razonamiento estadístico considera el sentido estadístico para tomar decisiones con base en datos, la variación, la transnumeración, la construcción de modelos y el razonamiento a partir de ellos, para extraer y explicar conclusiones. El pensamiento estadístico incluye tareas similares a las de un profesional en este campo, como criticar y evaluar resultados de un estudio estadístico (Ben-Zvi y Garfield, 2004; Gal, 2002).
Taxonomías	Caracterizan tipos de razonamiento en niveles o categorías.
Proyectos estadísticos, Gaise, PPDAC	Recrean los procesos de investigación estadística y sugieren ideas para la enseñanza de la estadística.
Sesgos y heurísticas	Contemplan teorías de heurísticas en decisiones bajo incertidumbre (Kahneman, Slovic y Tversky, 1982).
Teorías para la lectura de tablas y gráficas	Abarcan marcos de indicadores o criterios para ayudar a leer información de tablas y gráficos (Curcio, 1989).
Otros	Enfoques teóricos distintos a los descritos.

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Subcategorías de la categoría Propósito

Subcategorías de la categoría Propósito	
Subcategoría	Criterio aplicado
Formación inicial de profesores	Considera la caracterización, el desarrollo y/o la evaluación del conocimiento, así como las concepciones y actitudes de profesores de matemáticas en formación inicial.

Subcategorías de la categoría Propósito	
Subcategoría	Criterio aplicado
Formación continuada de profesores en ejercicio	Considera la caracterización, el desarrollo y/o la evaluación del conocimiento, así como las concepciones y actitudes de profesores de estadística y probabilidad en ejercicio, a través de su formación continuada.
Formación de otros profesionales en estadística	Considera la caracterización, el desarrollo y/o la evaluación del conocimiento, así como las concepciones y actitudes relativas a la estocástica, de estudiantes de pregrado de diferentes áreas.
Formación de estudiantes de colegio	Considera la caracterización, el desarrollo y/o la evaluación del conocimiento, así como las concepciones y actitudes relativas a la estocástica de estudiantes de colegio.
Investigadores	Contempla la caracterización y el desarrollo del conocimiento, así como las concepciones de investigadores que trabajan en el campo de la estocástica.
Revisión y análisis de textos escolares o universitarios	Aborda análisis de libros de textos de diversos niveles de educación con contenido estocástico.
Conocimiento	Considera la <i>epistemología</i> , para establecer y relacionar el origen y la forma de construcción del conocimiento disciplinar estadístico. La <i>historia</i> , para determinar la evolución del conocimiento a lo largo de un periodo, su significado y posible incidencia en asuntos de la enseñanza y el aprendizaje. <i>Estados del arte</i> , para elaborar estados de la cuestión o panoramas del conocimiento en educación estadística.
Recursos tecnológicos	Tiene en cuenta el uso de recursos tecnológicos ya sea para el desarrollo de análisis estadísticos o para optimizar los procesos pedagógicos en torno a la estadística y la probabilidad.
Construcción de teoría sobre didáctica:	Abarca asuntos relativos a la enseñanza y el aprendizaje de contenidos estocásticos y a la proposición de teorías en relación con esta área.

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Subcategorías de la categoría Tema

Subcategorías de la categoría Tema	
Subcategoría	Criterio aplicado
Estadística holística	Abarca contenidos no especificados, cuando se habla de manera general u holística de la estadística descriptiva o inferencial.
Representación de datos	Contiene gráficas estadísticas y tablas de frecuencia univariadas.
Análisis de datos	Cobija medidas de resumen estadístico, centralidad (media mediana, moda, etc.), localización, dispersión, correlación y/o asociación y tablas de contingencia (tablas de datos bivariados).
Probabilidad	Incluye noción de aleatoriedad (contraste entre aleatorio y determinista), experimentos aleatorios, probabilidad y conceptualizaciones de la probabilidad, variable aleatoria, distribuciones de probabilidad, teorema de Bayes, nociones de independencia y condicionalidad de eventos.

Subcategorías de la categoría Tema	
Subcategoría	Criterio aplicado
Combinatoria	Comprende principios de conteo, operaciones combinatorias (variaciones, permutaciones, combinaciones).
Inferencia	Cobija las subcategorías Intervalos de confianza, Pruebas de hipótesis, Teorema del límite central, De inferencia informal a inferencia formal y Modelos de regresión.
Muestreo	Incluye las subcategorías Tipos de muestreo y Distribución muestral. En la primera se alude a muestreos aleatorios o no probabilísticos, por juicio o conveniencia.
Variabilidad	Abarca las subcategorías Conceptualización de la variación, Covariación, Variación entre datos y entre muestras, Variación a través de distribuciones.

Fuente: elaboración propia

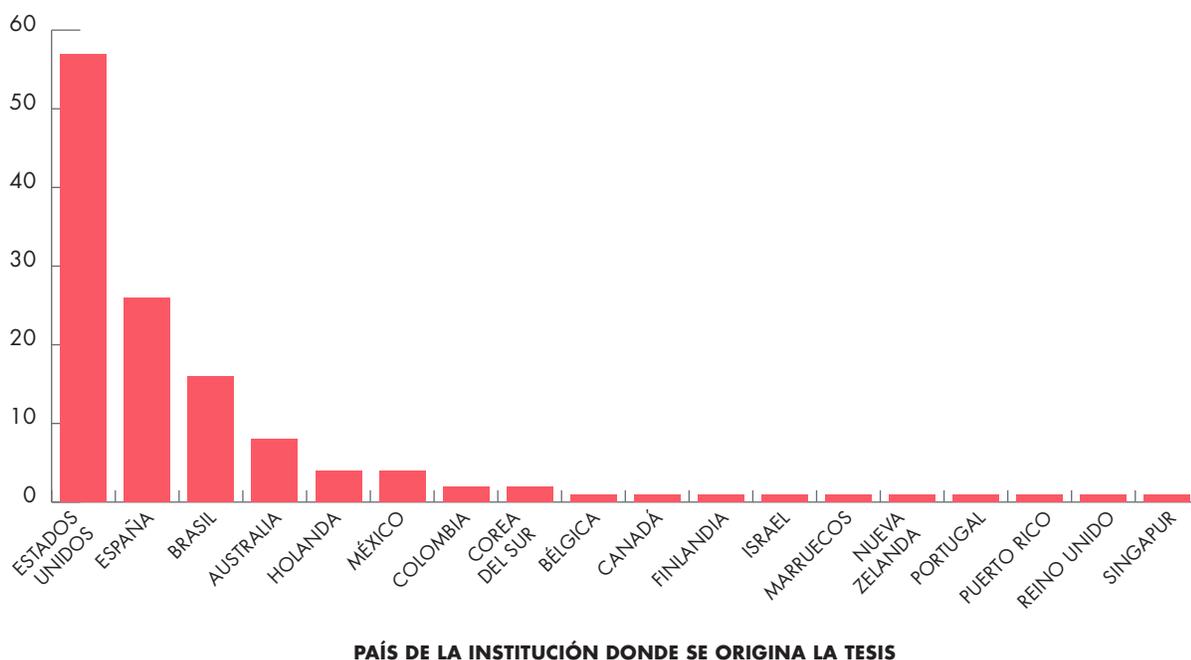
El panorama resultante

En la siguiente caracterización se identifican marcos metodológicos de investigación, enfoques teóricos empleados y asuntos primordiales que se estudian en las tesis, dentro de los que se destacan los temas de la estocástica más abordados, la población de estudio más referida, e ideas para tener en cuenta en la investigación, y la enseñanza-aprendizaje de la estocástica. Es necesario aclarar que una

misma tesis puede acoger más de un enfoque teórico, propósito o tema, por lo cual los conteos a veces suman más de 129 tesis.

Tesis por año y por país de la institución educativa

Como se observa en la gráfica 1, hay tesis originadas en 17 países de todos los continentes. De África se reporta solo un trabajo, lo cual puede obedecer a la dificultad para acceder a

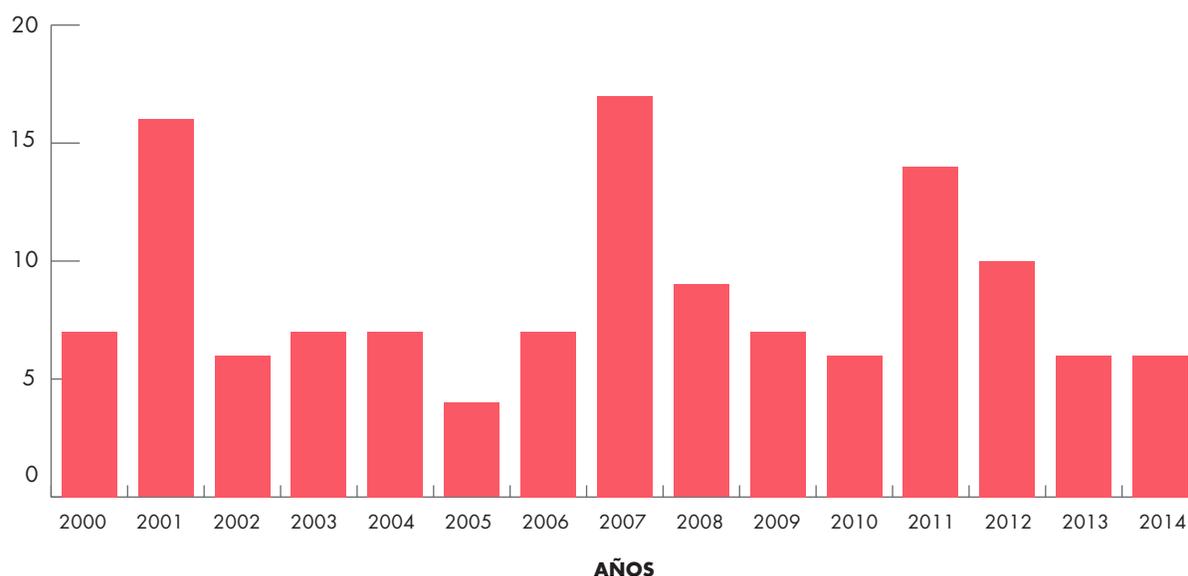


Gráfica 1. Cantidad de tesis por país de la institución

trabajos en idiomas diferentes al español, inglés, portugués y francés, así como a la poca divulgación de los mismos por parte de sus comunidades académicas.

Cerca de la mitad de las tesis de la muestra proceden de instituciones de Estados Unidos, y un número también amplio proviene de España, países que en especial han contribuido a la consideración de la educación estadística como campo de estudio y han generado sustancial teorización al respecto. Es de anotar que el siguiente país con más trabajos doctorales es Brasil, el cual además es el primero entre los países de América del Sur y América Central.

En la gráfica 2 se aprecia que los años de mayor producción de tesis son el 2001, 2007 y 2011. Respecto a los años 2013 y 2014, se puede suponer que existen más trabajos doctorales culminados en esos años, a los cuales por razones de tiempo no se tuvo acceso para hacerlos públicos e inscribirlos en repositorios de dominio general, cuando se constituyó la muestra de estudio.



Gráfica 2. Cantidad de tesis por año

Marcos metodológicos de las investigaciones

En la investigación educativa el trabajo en la mayoría de las tesis es de naturaleza cualitativa, combinado con análisis cuantitativo. El énfasis en las metodologías de investigación depende del tipo de indagación y los intereses de cada tesis; por ejemplo, el uso de métodos cuantitativos es notorio cuando se estudian actitudes de los individuos, usando escalamiento multidimensional y análisis factorial, como en Hassad (2007). En general los estudios emplean muestras pequeñas y sin asignación aleatoria, tal y como es frecuente en la investigación cualitativa.

El uso de la metodología de experimentos de diseño para integrar metas de instrucción del profesor y planeación del aprendizaje, con la trayectoria de pensamiento y aprendizaje del estudiante, es bastante extendido y resulta provechoso

como se percibe en las tesis de Zieffler (2006), Meletiou (2000), Madden (2008) y Reaburn (2011). En los experimentos de diseño, los investigadores proponen condiciones para desarrollar teorías o hipótesis sobre lo que el estudiante puede aprender, mientras abren la posibilidad de que estas sean refutadas, al modificar condiciones, procedimientos e instrucción en el aula. En el trabajo de Reaburn (2011), el generar hipótesis lleva a que la investigación basada en esta metodología conciba explicaciones causales y por consiguiente resulte en posible conocimiento científico. Los trabajos doctorales que se adhieren a esta metodología, como el de Meletiou (2000), reportan el uso de experimentos de enseñanza guiados por una conjetura, que se desarrollan en tres grandes etapas: preparación del experimento, experimentación y análisis retrospectivo.

Otras investigaciones hacen uso de la investigación-acción, cuyo propósito es estudiar y generar conocimiento sobre la práctica, mientras los practicantes investigan en su propio ambiente. En el trabajo doctoral de Slauson (2008) la investigación se da en un proceso cíclico donde el profesor-investigador planea y ejecuta, y a medida que recolecta y analiza información, ajusta los métodos. Reaburn (2011) enmarca experimentos de enseñanza e investigación-acción, ya que presenta ciclos donde la intervención es sometida a prueba bajo las hipótesis de aprendizaje, para generar conocimiento y hacer mejoras; no obstante, no se considera un proceso colaborativo pues el investigador era el mismo docente.

Distintas tesis emplean el estudio de casos, por ejemplo las de Bifi (2014) y Ben-Zvi (2001), que refieren a profesores en ejercicio en el ámbito de la práctica en aula, para quienes se observan los conocimientos movilizados en su quehacer docente. Hay sin embargo, algunas tesis que se centran en observar casos de estudiantes y sus procesos de aprendizaje.

En ambas situaciones es común el empleo de entrevistas clínicas con los individuos que son objeto de estudio.

Enfoques teóricos que enmarcan las investigaciones

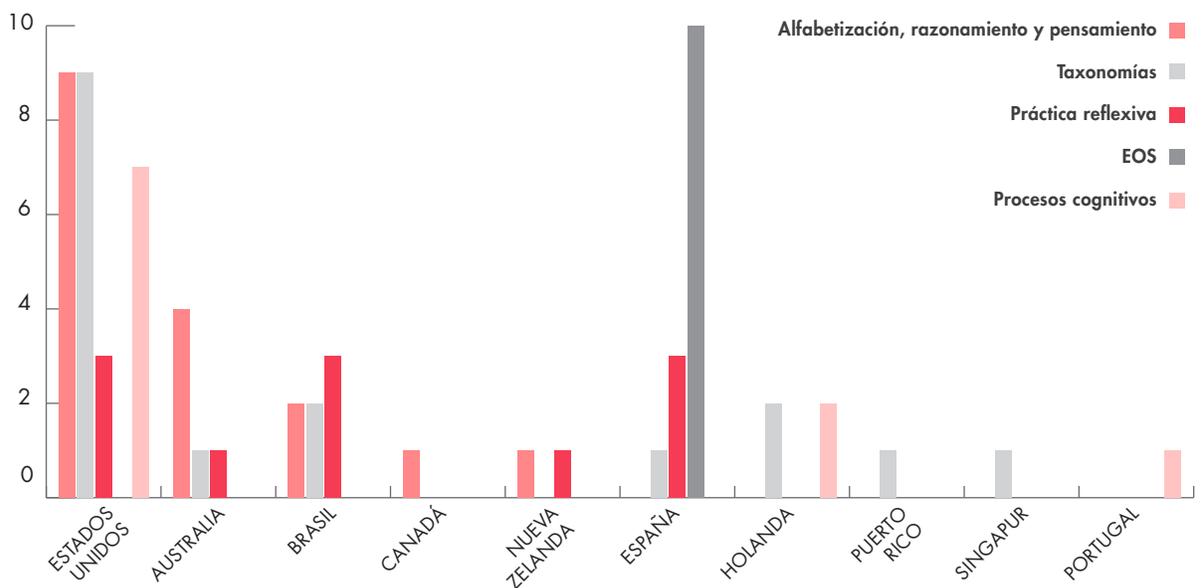
La gráfica 3 devela cantidad de tesis que acogen el enfoque teórico de *alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico*, o sus variaciones, el cual supera con creces la cantidad de disertaciones que atienden los demás enfoques. Vale la pena resaltar la diversidad de aproximaciones teóricas reportadas, que sin embargo no cubren todas las consideradas como subcategorías. En la gráfica 4 se observa que dicho enfoque es más utilizado en las tesis originadas en de Estados Unidos, resultado que no sorprende dado que esta aproximación fue concebida principalmente por investigadores de ese país y la mayor parte de las tesis de la muestra han sido desarrolladas allí. Se requiere precisar que solo en algunos trabajos doctorales se alude a estos tres constructos cognitivos de manera conjunta, como lo plantean delMas (2002), Gal (2002), Garfield (2002), y Pfannkuch y Wild (2004). No obstante, los trabajos restantes que se han ubicado en este enfoque se refieren por lo menos a uno de los constructos bajo las ideas de tales autores. Así, el principal objetivo de las tesis que siguen este enfoque es la promoción de la alfabetización o razonamiento estadístico, según las tesis de Castellanos (2011) y Zieffler (2006), mientras que las de Rouan (2001) y Noll (2007) suman la evaluación e identificación de errores, dificultades y concepciones inadecuadas.

No se logra identificar trabajo alguno que se centre en el desarrollo del pensamiento estadístico tal como lo definen los autores mencionados, quizás debido a que este se identifica con procesos estadísticos especializados, propios de tareas de los profesionales

de la estadística más que de la educación estadística que se imparte a docentes, estudiantes de colegio y estudiantes de universidad no matemáticos, y que por lo tanto son procesos que no son núcleo de la problemática educativa.



Gráfica 3. Cantidad de tesis por enfoque



Gráfica 4. Enfoque por país de la institución

Según los datos recolectados, la esfera de influencia del enfoque de alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico, fuera de Estados Unidos, la componen Australia, Nueva Zelandia, Canadá y Brasil; pero también es posible también hallar tesis en las que a dicho enfoque se le agregan o mezclan ingredientes de otros enfoques teóricos, por ejemplo aspectos del constructivismo (Noll, 2007), del PPDAC y de la Gaise (Slauson, 2008).

El manejo de taxonomías como perspectiva teórica que soporta el desarrollo de pruebas diagnósticas, evaluaciones e incluso diseños de instrucción es el siguiente enfoque más contemplado en las disertaciones examinadas, y también es Estados Unidos el país donde predomina su manejo. En los trabajos de Porter (2001), Zieffler (2006) y Reaburn (2011), el empleo de este enfoque se combina con la perspectiva de alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico, por ejemplo, para desarrollar y medir el razonamiento. Cabe resaltar que, aunque estos dos enfoques se han considerado por separado, están estrechamente ligados. Como señala Baglin (2013), detrás de la aproximación de alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico hay necesariamente una taxonomía. También es de anotar que varias de las tesis que se enmarcan en el enfoque de taxonomías, como la de Hassad (2007), tienen como foco la evaluación de actitudes o creencias hacia la estadística; y trabajos como el de Baker (2009) incluyen otro tipo de indicadores de éxito, relativos al desempeño en el uso de la tecnología. En la de Porter (2001), además de los asuntos de la taxonomía, se pone en juego la práctica reflexiva, donde en el quehacer del docente se sugiere pensar sobre temas que motivan el desarrollo profesoral, asociados a la conciencia del profesor (v.g., pensar en el aprendizaje de cómo aprender estadística). En las tesis se destaca la utilización de la taxonomía SOLO

y otras taxonomías como FATS, CAOS, SRA y la escala de medición Artist.

Puede decirse que la práctica reflexiva como enfoque teórico ha tenido relativa importancia en Estados Unidos, España y Brasil, al evidenciarse que es el marco de varias tesis escritas allí. El EOS domina los trabajos desarrollados en España, como es natural, dado que surgió de formulaciones académicas de grupos de investigadores de este país.

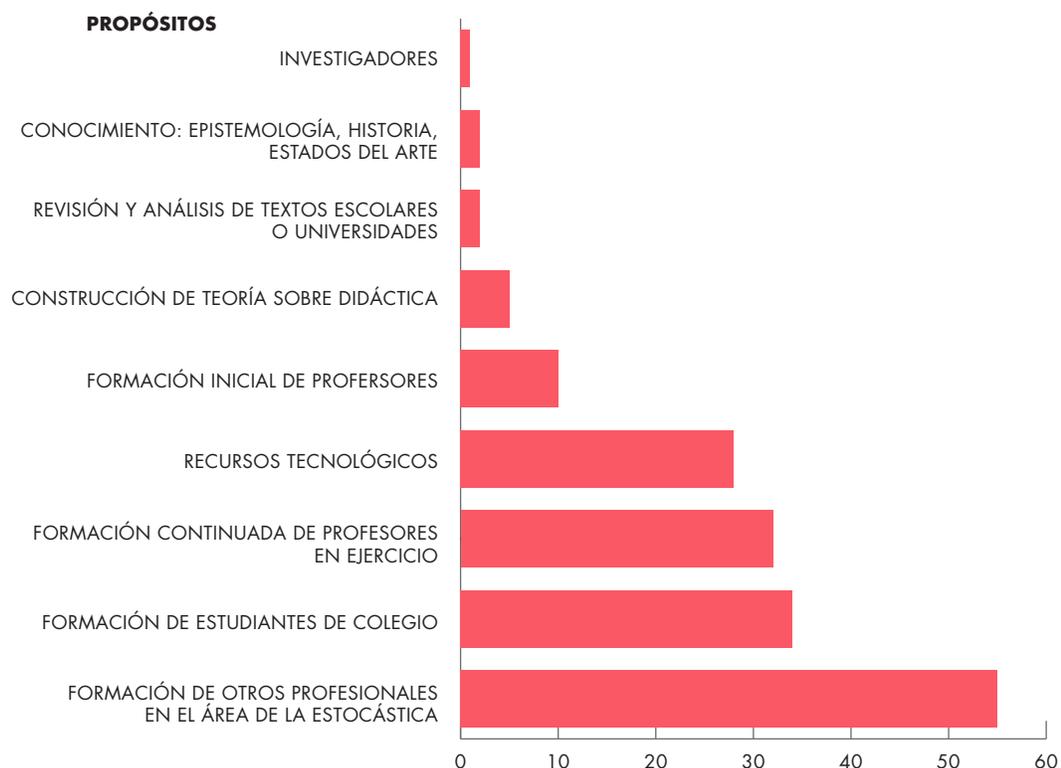
La perspectiva denominada procesos cognitivos, que recoge acercamientos cognitivos de los objetos de estudio, tiene preferencia en tesis originarias de Australia. La tesis de Ben-Zvi (2001) integra características del crecimiento cognitivo y del constructivismo con la aproximación sociocultural del aprendizaje; la de Baker (2009), agrega a estas perspectivas el empleo de taxonomías, mientras que el trabajo de Rouan (2001) armoniza variedad de posiciones teóricas como la evolución histórica y la génesis de los conceptos estadísticos básicos, con el desarrollo epistemológico del conocimiento y la heurística estadística.

Sujetos centro de las investigaciones

Se develan tres grupos poblacionales en los que se concentran las tesis en el ámbito de la educación estadística. La gráfica 5 devela la mayor cantidad de tesis que centran su atención en estudiantes de diversas carreras universitarias, las cuales contemplan espacios académicos relacionados con la estadística y la probabilidad, para así caracterizar, desarrollar o evaluar su conocimiento, sus concepciones y sus actitudes, en relación con el campo de la estocástica.

Se observa que en segundo y tercer lugar, respecto a la población de interés para las investigaciones, se encuentra la formación de estudiantes de colegio y formación continuada

de profesores en ejercicio, respectivamente. Así mismo, se aprecia que la cantidad de tesis centradas en la formación inicial de profesores se distancia del número de trabajos doctorales que atienden a la formación continuada de docentes en ejercicio, que en la muestra corresponden al 7,7% y el 25% respectivamente.



Gráfica 5. Cantidad de tesis por propósito

Es de resaltar que las tesis no se enfocan en asuntos afines con la revisión de textos, ni en la formación de investigadores. Se sabe que respecto de este último existe controversia acerca del conocimiento que se debe desarrollar, y si difiere del conocimiento del docente de estadística, así como cuál es la formación que desarrolla competencias investigativas. Ambos asuntos dejan abiertas las posibilidades para la investigación.

En la gráfica 6 se observa que el uso de los recursos tecnológicos ha ido saliendo del escenario de las tesis, pero que aún no se ha incursionado en el uso de estas herramientas para el estudio de temáticas tales como la combinatoria, la covariación y la variación entre muestras. Este hallazgo abre perspectivas investigativas, sin que se demerite seguir profundizando en temáticas ya abordadas (gráfica 7).

Resultados de tesis como las de Ben-Zvi (2001), Slauson (2008), Baker (2009) y Reaburn (2011), que trabajan con estudiantes de colegio y de cursos iniciales en la universidad, señalan que, a pesar de que estos pasan por cursos

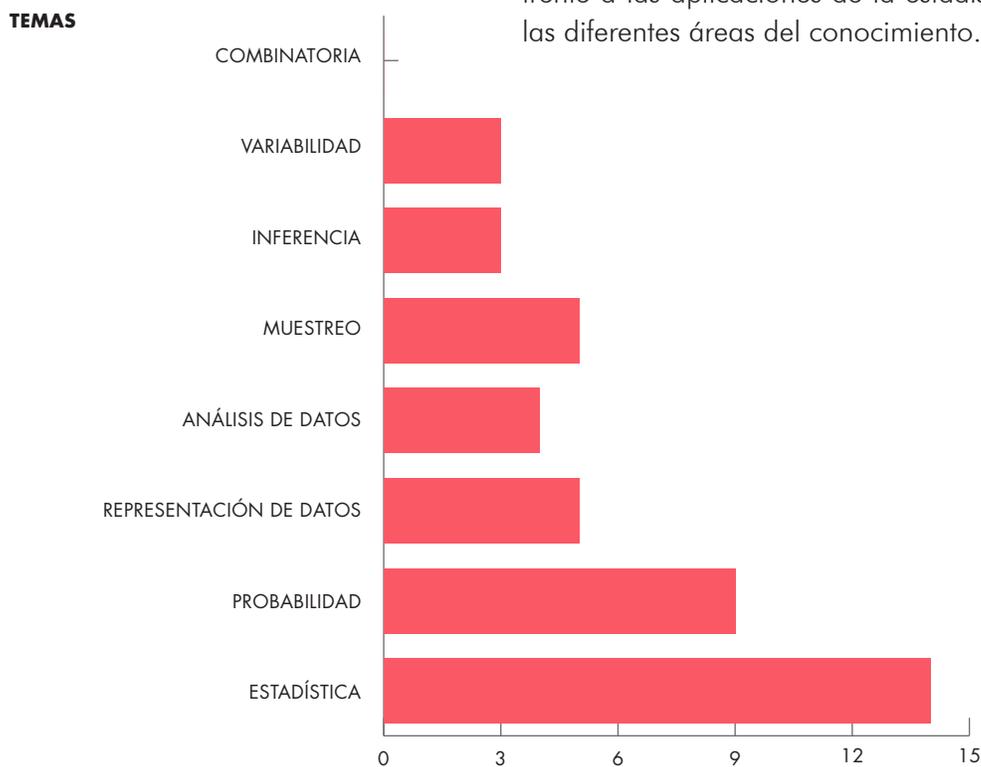
introdutorios de estadística, carecen de habilidad para razonar estadísticamente o no están habituados con el razonamiento hipotético y probabilístico que requiere la estadística inferencial. Por esta razón, propone la formulación de investigaciones que a través de un

amplio acompañamiento (varios periodos de formación) a unos mismos sujetos, propicien y evidencien cambios cognitivos o actitudinales respecto a la estocástica, y además, se estudien posibles aportes de la tecnología.

Las tesis desarrolladas con docentes como población de estudio concentran la mayor parte de sus esfuerzos en identificar cómo las actitudes y el conocimiento de contenido de los docentes, impactan de forma directa y explícita la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de la estadística. Tal y como se puede evidenciar en Rouan (2001), Hassad (2007), Madden (2008) y Bifi (2014), no hay duda de que la formación del profesor es un elemento decisivo para una enseñanza de calidad, lo que implica ahondar a través de investigaciones con los docentes en formación y en ejercicio sobre su conocimiento de contenido para desarrollar una nueva visión de la estadística Rouan (2001). Este autor también sugiere propiciar espacios para sensibilizar a los profesores frente a las aplicaciones de la estadística en las diferentes áreas del conocimiento.



Gráfica 6. Cantidad de tesis que incorporan recursos tecnológicos



Gráfica 7. Tesis que incorporan recursos tecnológicos vs. Tema

En general, tal y como lo afirma Noll (2007) “la escasez de investigaciones sobre los instructores [docentes, tutores, etc.], sugiere que es un área abierta para investigar y que tiene necesidad de fundamentación” (p. 58).

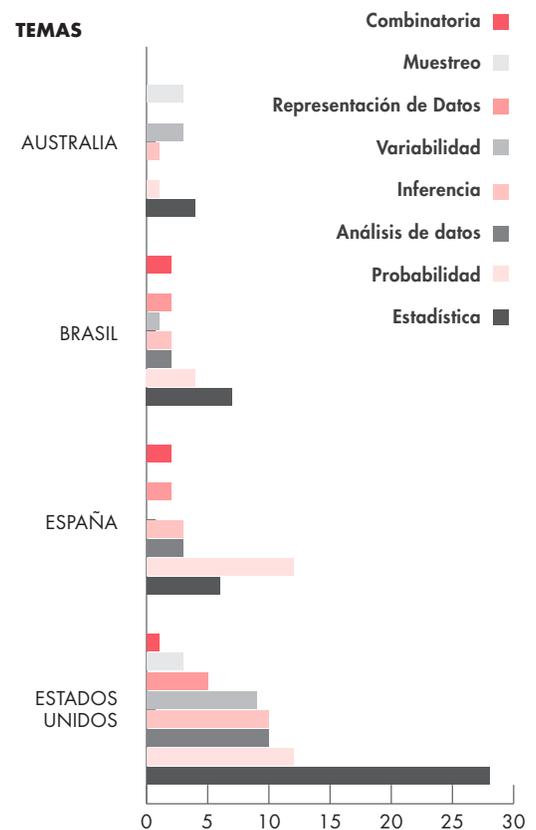
Temas de estudio en las investigaciones

La mirada panorámica que se presenta del tema da cuenta de tendencias relativas tanto a temas generales como a subtemas específicos de los que se ocupan las tesis.

La gráfica 8 revela que el tema objeto de estudio de la mayoría de las tesis es la estadística descriptiva (unión de las subcategorías representación de datos, estadística y análisis de datos). La prevalencia de estos temas puede obedecer a recomendaciones de políticas educativas que, como en el caso colombiano, han propiciado la inclusión de la enseñanza de la estadística en la escuela desde las décadas de los setenta u ochenta. La tesis de Ben-Zvi (2001) ejemplifica una manera de abordar temas de la estadística descriptiva, que sugiere implementar la perspectiva del análisis exploratorio de datos (AED) para describir muestras de datos donde se facilitan alternativas de análisis y representaciones gráficas. Quizás desde el AED la consigna puede ser ver los contenidos de la descripción estadística de manera integrada, empeñándose en no subdividir el tratamiento primero en la centralidad y luego en la dispersión, como es usual.



Gráfica 8. Cantidad de tesis por tema



Gráfica 9. Cantidad de tesis por tema y país

En la gráfica 9 se observa que, con excepción de España, la mayoría de tesis se ocupan de la estadística descriptiva, mientras que el segundo tema de estudio es la probabilidad. La variabilidad predomina en las tesis de Estados Unidos, cuya importancia se destaca a partir de trabajos como los de Pfannkuch y Wild (2004) y motiva tesis como la de Meletiou (2000). A pesar del liderazgo en educación estadística que ha tenido España, la cobertura temática de sus tesis no abarca la variabilidad, mientras Brasil tiene al menos una tesis que la considera.

Las frecuencias presentadas en la gráfica 10 apoyan afirmaciones como la de que históricamente se ha prestado más atención al estudio o la conceptualización de las medidas de localización y centralidad que a las de dispersión. También resaltan que la correlación/asociación ocupa el último lugar en el interés investigativo.

De acuerdo con la gráfica 11, los subtemas de probabilidad más trabajados son: noción de aleatoriedad, conceptualización de experimento aleatorio, nociones de independencia y condicionalidad, y distribuciones de probabilidad. Sorprende que subtemas cuya conceptualización es el resultado de procesos de cambio aún en polémica (como es el caso de variable aleatoria y teorema de Bayes), solo se estudien en una tesis cada uno.

Por otra parte, un subtema que ha cobrado creciente importancia es el de la variabilidad. Algunas de las tesis revisadas (Meletiou, 2000; Porter, 2001; Slauson, 2008 y Zieffler, 2006) ponen de manifiesto este interés al considerar la omnipresencia de la variación así como la necesidad de explicarla y cuantificarla. Asimismo, en ellas se identifica un interés por el tema de la variabilidad a través del desarrollo del razonamiento estadístico y covariacional, que lleva implícito la variación en sentido univariado y bivariado. En las tesis también se encuentran alusiones a la covariación, que



Gráfica 10. Cantidad de tesis por subtema de estadística descriptiva



Gráfica 11. Cantidad de tesis por subtemas de probabilidad

puede relacionarse con análisis bivariados de datos en contextos en donde se aborda la generación y evaluación de modelos de regresión. Slauson (2008) en su tesis precisa la importancia de la variabilidad al citar a Watson y Kelly (2002): “la variación es el corazón de toda la investigación; si no hay variación en un conjunto de datos, no hay necesidad de la estadística”.

Enseñanza y aprendizaje de la estocástica

A continuación se reportan algunos asuntos abordados en las tesis, para la enseñanza y el aprendizaje de la estocástica en diferentes poblaciones.

Según Hassad (2007) es usual que la falta de comprensión de los conceptos se atribuya a estrategias pasivas de enseñanza-aprendizaje. La enseñanza de la estadística introductoria en los trabajos de Meletiou (2000), Ben-Zvi (2001), Hassad (2007) y Slauson (2008) se propone a partir de clases activas modeladas como laboratorios, donde se descubre el conocimiento desde actividades de aprendizaje activo, tales como proyectos, discusiones en grupo, recopilación de datos reales, uso de computadores para el análisis de datos, crítica de artículos de investigación, presentaciones orales, entre otras, con intención de suscitar alfabetización estadística, haciendo hincapié en los conceptos y sus aplicaciones, en lugar de enseñar métodos, cálculos, procedimientos y fórmulas de manera aislada. Para comprender los principios que subyacen a la inferencia estadística, las tesis de Noll (2007) y Reaburn (2011) sugieren estrategias afines, como las simulaciones en computador, el muestreo, las representaciones alternativas de las pruebas de hipótesis, la escritura de explicaciones del propio razonamiento, y las reflexiones y discusiones en aula. Ben-Zvi (2001) recomienda plantear proyectos de investigación que reorganicen y den sentido a las tareas que se proponen.

La tesis de Noll (2007) recomienda no abordar la estadística desprovista de contexto y centrada en teoremas, pruebas o procedimientos, sino enseñarla en contexto y enfocar los cursos de estadística a la producción y el análisis de datos más que en abstraer teoremas y pruebas. Al respecto, Chance (2002) señala la importancia que se debe dar al contexto a partir del cual surgen los datos y para el que se aplicarán los hallazgos. De manera similar, la tesis de Meletiou (2000), sugiere modelar investigaciones estadísticas reales.

Varias tesis dejan ver que la secuencia de los temas dentro de la enseñanza de la estocástica necesita ser repensada, ya que la conexión entre los objetos de estudio influye significativamente en el desarrollo del razonamiento. Por ejemplo, se sugiere no subdividir el tratamiento de la estadística descriptiva, primero en la centralidad y luego en la dispersión, sino abordarla de manera integrada y holística, prestando más atención al poder de la descripción gráfica. Ben-Zvi (2001) y Rouan (2001) insinúan que la lectura e interpretación de datos a partir de gráficas estadísticas sirve como instrumento primario de razonamiento estadístico. Slauson (2008) señala que de manera sincrónica los estudiantes pueden usar su

conocimiento *a priori* para predecir, y luego recolectar y hacer análisis exploratorio de datos para probar sus predicciones evaluadas a la luz de los resultados. Este proceso, señalan Hassad (2007) y Zieffler (2006), a partir de la formulación de preguntas adecuadas, da sentido a la estadística de nivel introductorio como herramienta de investigación. Las tesis de Meletiou (2000) y Noll (2007) muestran cómo el trabajo de los estudiantes desde sus comprensiones y nociones intuitivas ayuda a desarrollar nuevos y ricos conceptos con base en los que ya poseen.

El manejo de gráficas ayuda a superar la dificultad reconocida alrededor del error estándar, el cual concierne a ideas que no se utilizan en el mundo cotidiano. En la tesis de Meletiou (2000), se recomienda que para que los estudiantes entiendan este concepto, primero deben comprender qué es un histograma y así notar cómo la desviación estándar se relaciona con una distribución, para luego darse cuenta de que se tiene una transformación de las observaciones individuales a una función de un conjunto de observaciones. En el mismo trabajo se resalta el determinismo estadístico oculto en las aproximaciones tradicionales a la instrucción estadística y el abandono de la variabilidad como razones de las dificultades de los estudiantes para comprender conceptos estadísticos.

Más precisamente las tesis de Meletiou (2000) y Hassad (2007) apuntan a que la clave para lograr la alfabetización y el razonamiento estadístico es que se reconozca y aprecie la omnipresencia de la variabilidad, y se entienda cómo es dicha variación, cómo se cuantifica y explica. Meletiou y Porter (2001) destacan que uno de los principales objetivos de la enseñanza debe ser abordar la variabilidad y así organizar las propuestas curriculares en términos de explicar este importante constructo. Además, Meletiou alerta sobre no

recargar la instrucción y la evaluación de los estudiantes en el cálculo algorítmico o en el tratamiento de la centralidad, descuidando el desarrollo de interpretaciones ligadas a concepciones sobre la variabilidad.

También en Meletiou (2000) se advierte que la noción de distribución muestral es quizás el concepto más difícil de tratar en cursos introductorios de estadística. La conceptualización de distribución se vincula en la tesis de Slauson (2008) al razonamiento sobre la variación de los datos que la componen, y en la de Meletiou (2000) a la comprensión de las distribuciones de muestreo y a la variación entre tres conjuntos fundamentalmente diferentes de datos pero de similar apariencia: la población, la muestra, y el conjunto de valores de la estadística. Asimismo, Slauson (2008) enlaza la comprensión del error estándar con la de las conexiones entre distribuciones de datos y medidas de variabilidad, y entre conceptos de probabilidad y variabilidad.

Por otra parte, percibir la variación dependiente y simultánea entre datos, es decir, la covariación, da sentido al trabajo con datos bivariados, pero es usual que a este asunto no se le preste atención a pesar de que el razonamiento covariacional se ha establecido como una meta esencial en los cursos introductorios de estadística y se ha recomendado empezar a desarrollarlo aun antes de la universidad, tal y como propone abordarlo en el nivel escolar elemental el National Council of Teachers of Mathematics (2000). Las tesis de Condor (2001), Cañadas (2012), Baloglu (2001) y Zieffler (2006) se enfocan en el tema de datos bivariados y sugieren tratarlo después del estudio de distribuciones univariadas, pero antes de distribuciones de muestreo, probabilidad e inferencia.

La incorporación y los aportes de la tecnología a los procesos de enseñanza y

aprendizaje son reconocidos en las tesis, de manera particular en el trabajo con variabilidad. En el trabajo de Porter (2001) el uso de este recurso posibilita proponer diversidad de actividades para abordar diferentes subtemas asociados a la conceptualización de variabilidad y su medición.

Implicaciones

Garfield y Ben-Zvi (2008) reportan 47 tesis realizadas sobre la enseñanza y el aprendizaje de la estocástica entre el 2000 y el 2008. Esta cifra casi se duplicó en los 6 años siguientes, pues este estudio acopió 129 tesis en educación estadística producidas del 2000 al 2014. Este hallazgo reafirma la visión de la educación estadística como disciplina emergente en continua consolidación y expansión, que genera conocimiento y teoría respecto a asuntos diversos.

Aunque en algunas tesis en torno a la formación se llega a resultados positivos de enseñanza y aprendizaje de la estadística, no hay indicios de que los hallazgos sean considerados como aplicables más allá del contexto donde se desarrolla la investigación o que se hayan generalizado a problemas distintos de los usados en la indagación. Por consiguiente, los resultados usualmente están limitados al estudio en particular. Es usual que los efectos de experiencias educativas no trasciendan más allá del reconocimiento, ese sí común, de dificultades y concepciones no adecuadas de las nociones estadísticas. Quizás tal situación se debe a que casi siempre los resultados de los estudios que pueden verse como alentadores son puntuales, se ubican en niveles diversos de desarrollo y en ocasiones son influidos por factores distintos a las estrategias educativas empleadas, como los conocimientos previos y actitudes de los aprendices, o limitaciones en el diseño y la adaptación de las mismas estrategias, según lo señalan Garfield y Ben-Zvi (2008).

Si bien desde la revisión de las tesis no es posible establecer cuál podría ser el mejor enfoque teórico para acogerlo en una investigación en el campo de la educación estadística, se colige que ideas del enfoque alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico –que según se revela es el más usado– siguen teniendo validez y hay espacio para continuar indagándolas. En este sentido cabe destacar que este enfoque coincide con la declaración generalizada de que se precisa un conocimiento estadístico básico para todos. Esta necesidad se reconoce en muchas tesis, aun desde otros enfoques; por ejemplo, tesis enmarcadas bajo el EOS se refieren a la necesidad de una cultura estadística, constructo similar a la alfabetización estadística. Asimismo, se establece una relación entre las ideas del razonamiento promulgadas en el enfoque de alfabetización, razonamiento y pensamiento estadístico y la recomendación, ampliamente divulgada, de un aprendizaje con comprensión, que también se manifiesta en varios de los trabajos doctorales enmarcados en distintos enfoques. Lo anterior no implica que uno u otro enfoque haya tenido mayor o menor éxito, y que el implementarlos en diferentes investigaciones y contextos aseguren resultados pertinentes y de

calidad. El inclinarse por uno u otro se deja al albedrío de los investigadores y sus equipos.

Quizás también por razón del realce reciente de la alfabetización estadística, la estadística descriptiva es el objeto de estudio más frecuente en las tesis, seguido por la probabilidad. Es notorio, sin embargo, que antes, e incluso después, de intervenciones instruccionales, se reportan en las tesis numerosas y reconocidas dificultades con los conceptos y nociones de la estadística y la probabilidad, lo que indica la complejidad de su enseñanza y aprendizaje. En palabras de Garfield y Ben-Zvi (2008), los conceptos de la estadística parecen ser más difíciles de aprender de lo que se pensaba. Entonces es pertinente persistir en su exploración, y en alternativas para abordarlos; en particular, parece promisorio el desarrollo de interpretaciones ligadas a concepciones sobre la variabilidad, y la incorporación de la tecnología en su enseñanza-aprendizaje, así como el trabajo con muestreo y combinatoria, puesto que son estos temas los que menor abordaje tienen en las tesis doctorales contempladas en este estudio.

Los sujetos centro de atención de la mayor parte de las tesis son estudiantes de diversas carreras y, en segundo lugar, estudiantes de colegio, tal vez igualmente por la primacía dada a la alfabetización estadística. Si bien varias tesis se ocupan de la formación de profesores en servicio, la formación inicial de docentes de estadística es menos abordada, por lo que se reitera la necesidad de investigar en torno a dificultades de los profesores, tanto relativas a la estadística como a su didáctica.

Referencias

- Artigue, M. (1995). Ingeniería didáctica. En P. Gómez (ed.), *Ingeniería didáctica en educación matemática. Un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas* (pp. 33-60). Bogotá: Grupo Editorial Iberoamérica y Una Empresa Docente.
- Baglin, J. (2013). *Evaluating learning theory-based methods for improving the learning outcomes of introductory statistics courses* (tesis doctoral). RMIT University, Australia.
- Baker, J. (2009). *Web-based vs. classroom instruction of statistics* (tesis doctoral). Universidad Estatal de Ohio, Estados Unidos.
- Baloglu, M. (2001). *An application of structural equation modeling techniques in the prediction of statistics anxiety among college students* (tesis doctoral). Texas A&M.U.-Commerce, Estados Unidos.
- Ben-Zvi, D. (2001). *Children as explorers: Exploratory Data Analysis by junior high school students in a computer assisted environment* (tesis doctoral). Instituto Weizmann de Ciencias, Israel.
- Ben-Zvi, D. y Garfield, J. (2004). Statistical literacy, reasoning and thinking: Goals, definitions and challenges. En D. Ben-Zvi y J. Garfield (eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (pp. 3-16). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Bifi, C. (2014). *Conhecimentos estatísticos no Ciclo I do Ensino Fundamental: um estudo diagnóstico com professores em exercício* (tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica de São Paulo, Brasil.
- Brousseau, G. (1994). *Fundamentos y métodos de la didáctica de la Matemática*. Córdoba: Serie B. Trabajos de Matemática, Famaf, UNC.
- Cañadas, G. (2012). *Comprensión intuitiva y aprendizaje formal de las tablas de contingencia en alumnos de psicología* (tesis doctoral). Universidad de Granada, España.

- Carpenter, T.; Fennema, E. y Franke, M. (1996). Cognitively Guided Instruction: A knowledge base for reform in primary mathematics instruction. *The Elementary School Journal*, 97(1), 3-20.
- Castellanos, R. (2011). Interactividad y atención a la diversidad en el aprendizaje de la estadística (tesis doctoral). España: Universidad de La Rioja.
- Chance, B. (2002). Components of statistical thinking and implications for instruction and assessment. *Journal of Statistics Education*, 10 (3). Recuperado de www.amstat.org/publications/jse/v10n3/chance.html.
- Condor, J. (2001). Effects of computer coaching in metacognitively cued elementary statistics instruction (tesis doctoral). University of South Florida, Estados Unidos.
- Curcio, F. (1989). *Developing graph comprehension*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- DelMas, R. (2002). Statistical literacy, reasoning, and learning: A commentary. *Journal of Statistics Education*, 10 (3).
- Denzin, N. y Lincoln, Y. (2000). Introduction: The discipline and practice of qualitative research. En N. K. Denzin y Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of Qualitative Research*. Londres: Sage.
- Font, V. (2002). Una organización de los programas de investigación en Didáctica de las Matemáticas. *Revista EMA*, 7(2), 127-170.
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an educational task*. Dordrecht: Reidel.
- Gal, I. (2002). Adult's statistical literacy. Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70(1), 1-25.
- Garfield, J. (2002). The challenge of developing statistical reasoning. *Journal of Statistics Education*, 10 (3).
- Garfield, J. y Ben-Zvi, D. (2008). *Developing students' statistical reasoning. Connecting research and teaching practice*. Dordrecht. The Netherlands: Springer.
- Hassad, R. (2007). *Development and validation of a scale for measuring instructors' attitudes toward concept-based or reform-oriented teaching of introductory statistics in the health and behavioral sciences* (tesis doctoral). Universidad Internacional de Touro, Estados Unidos.
- Kahneman, D., Slovic, P. y Tversky, A. (1982). *Judgement under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Madden, S. (2008). *High school mathematics teachers' evolving understanding of comparing distributions* (tesis doctoral). Western Michigan University, Estados Unidos.
- Meletiou, M. (2000). *Student understanding of variation. An untapped well in statistical reasoning* (tesis doctoral). Universidad de Texas, Austin, Estados Unidos.

- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Noll, J. (2007). Graduate teaching assistants' statistical knowledge for teaching (tesis doctoral). Universidad Estatal de Portland, Estados Unidos.
- Perrenoud, P. (2004). *Desarrollar la práctica educativa en el oficio de enseñar*. España: Grao.
- Pfannkuch, M. y Wild, C. (2004). Towards an understanding of statistical thinking. En J. Garfield y D. Ben-Zvi (eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (pp. 17-46). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Piaget, J. y García, R. (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México, D. F.: Siglo XXI.
- Pochulu, M. (2012). Enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática. En M. Pochulu y M. Rodríguez (comps.), *Educación matemática: aportes a la formación docente desde distintos enfoques teóricos* (pp. 63-90). Villa María, Argentina: Universidad Nacional de Villa María.
- Porter, A. (2001). Improving statistical education through the experience of reflective practice (tesis doctoral). Universidad de Wollongong, Australia.
- Reaburn, R. (2011). *Students' understanding of statistical inference: Implications for teaching* (tesis doctoral). Universidad de Tasmania, Australia.
- Rouan, O. (2001). *Lecture et interprétation des représentations graphiques des données statistiques chez les élèves et les enseignants du secondaire* (tesis doctoral). Universidad de Rabat, Francia.
- Schoenfeld, A. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition and sense making in Mathematics. En D. Grouws (ed.), *Handbook for research on mathematics teaching and learning*. New York: MacMillan.
- Schön, D. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Sfard, A. (2008). *Aprendizaje de las matemáticas escolares desde un enfoque comunicacional*. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Skovsmose, O. (1999). *Hacia una filosofía de la educación matemática crítica*. Bogotá: Una Empresa Docente, Universidad de los Andes.
- Slauson, L. (2008). *Students' conceptual understanding of variability* (tesis doctoral). Universidad Estatal de Ohio, Estados Unidos.
- Watson, J. y Kelly, B. (2002). Emerging concepts in chance and data. *Australian Journal of Early Childhood*, 27(4), 24-28.
- Zeichner, K. y Liston, D. (1996). *Reflective teaching: An introduction* (Serie Reflective Teaching and the Social Conditions of Schooling. A series for prospective and practicing teachers). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Zieffler, A. (2006). *A longitudinal investigation of the development of college students' reasoning about bivariate data during an introductory statistics course* (tesis doctoral). Universidad de Minnesota, Estados Unidos.

Para citar este artículo

Andrade, L.; Fernández, F. y Álvarez, I. (2017). Panorama de la investigación en educación estadística desde tesis doctorales 2000-2014. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología-Tecné, Episteme y Didaxis, TED*, 41, 87-107.