

Características de la enseñanza de la estadística en disciplinas de STEM en la Educación Superior

José Guadalupe Rivera Pérez
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Ana Luisa Gómez Blancarte
Instituto Politécnico Nacional

Resumen

El presente artículo reporta avances de una investigación que explora, en un ámbito nacional, características de enseñanza de la estadística en la Educación Superior. Presentamos los resultados de una encuesta respondida por 153 profesores que enseñan estadística en disciplinas de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas en la Educación Superior. La encuesta incluyó 52 ítems, 33 de ellos se diseñaron en escala tipo Likert, que exploran las recomendaciones de la Asociación Americana de Estadística para la instrucción y evaluación de la estadística. Las respuestas a los 52 ítems muestran que los profesores enseñan estadística como una disciplina que aporta información necesaria para solucionar problemas reales; sin embargo, parece que ellos no fomentan en sus estudiantes abordar tales problemas mediante una investigación estadística. Concluimos que esta discrepancia conlleva una visión de la estadística centrada en la aplicación de sus métodos y no en el proceso de investigación necesario para resolver problemas reales.

Palabras clave

Enseñanza de la estadística, Educación Superior, pensamiento estadístico, evaluación, tecnología.

Characteristics of teaching statistics in STEM disciplines in Higher Education

Abstract

This article reports on the progress of a research conducted at the national level that explores characteristics of teaching statistics in Higher Education. We present the results of a survey answered by 153 professors who teach statistics in Science, Technology, Engineering, and Mathematics majors in Higher Education. The survey included 52 items, 33 of which were designed on a Likert-type scale, that explore the American Statistical Association's recommendations for statistics instruction and assessment. The responses to these 52 items show that teachers teach statistics as a discipline to provide necessary information to solve real problems; however, it seems that they do not encourage their students to address these problems through statistical investigations. We conclude that this discrepancy leads to a view of statistics focused on the application of its methods and not on the investigation process needed to solve problems.

Keywords

Teaching statistics, Higher Education, statistical thinking, evaluation, technology.

Recibido: 29/01/2021

Aceptado: 25/05/2022

Introducción

El manejo, análisis y extracción de conocimiento de los datos es una necesidad omnipresente para los profesionistas del siglo XXI. La generación de la gran cantidad de información en múltiples sectores profesionales aumenta la necesidad de pensar, aprender y trabajar con datos de diversas fuentes, realizar un tratamiento adecuado y desarrollar algoritmos que permitan comprender lo que los datos quieren decir (American Statistical Association [ASA], 2016). En nuestros días, se dispone de una gran variedad de datos, pero como señala el economista jefe de Google y profesor de la Universidad de California en Berkeley, Hal Varian, “el factor escaso complementario es la capacidad de entender esos datos y extraer valor de ellos” (Varian, 2009). Al mismo tiempo, señala que:

La capacidad de tomar datos –de entenderlos, de procesarlos, de extraer valor de ellos, de visualizarlos y de comunicarlos– va a ser una habilidad muy importante en las próximas décadas, no sólo a nivel profesional, sino incluso a nivel educativo para los niños de primaria, de secundaria y de universidad (Varian, 2009).

El uso de métodos estadísticos se ha generalizado en áreas como el comercio, industria, gobierno, educación, investigación, milicia, salud, entre otras (Wilks, 2006). Esto permite entender que el estudio de la estadística, a nivel profesional, forma parte de una diversidad de programas académicos de licenciatura y posgrado, aunque no siempre se tiene una idea clara del papel que desempeña la estadística como materia de estudio en esos programas. En este sentido, es importante entender que la estadística no es meramente una materia que ofrece asistencia metodológica a otras áreas de conocimiento, lo que, de acuerdo con Brown y Kass (2009, p. 106), la posicionaría como una disciplina “subsidiaria”. En su lugar, la estadística debe verse como una disciplina que, junto con esas áreas de conocimiento, contribuye a la solución de problemas complejos y toma de decisiones.

La Academia Nacional de las Ciencias, Ingeniería y Medicina (National Academy of Sciences Engineering, and Medicine, 2018) posiciona a la estadística como una de las múltiples disciplinas que conforman la ciencia de los datos. Aclara que los programas de ciencias de datos demandan habilidades analíticas para trabajar con grandes y complejos conjuntos de datos, habilidades de comunicación oral y escrita, y habilidades de trabajo colaborativo, necesarias para resolver problemas del mundo real. Estas habilidades le dan a la estadística un carácter más interdisciplinario que hace referencia a investigar o resolver un problema complejo mediante la aportación de conocimientos y métodos de diversas disciplinas científicas y/o profesionales.

Para Meyers (2015), la estadística es la ciencia del aprendizaje a partir de los datos y forma parte del denominado campo de estudio STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). La educación estadística, al igual que la educación STEM, demandan un enfoque de aprendizaje interdisciplinario, lo que implica prácticas curriculares construidas en torno a solucionar problemas mediante la integración de disciplinas (ver Kettenring, 1995; Legler *et al.*, 2010; Balet, 2013; Savard y Manuel, 2016, para el caso de la educación estadística y Tyler *et al.*, 2019 para la educación STEM). En este sentido, Brown y Kass (2009) señalan que el trabajo interdisciplinar es esencial para la formación estadística en todos los niveles y que puede ser un mecanismo para “hacer los programas más manejables y la disciplina más atractiva” (p. 107).

Dada la importancia que la educación estadística tiene para la educación de profesionistas, y de cualquier ciudadano, su incursión en la educación escolar, desde los niveles básicos hasta superiores, ha sido objeto de estudio en el campo de la investigación en educación estadística. Conocer el sentido y objetivos que persigue la educación estadística es un aspecto esencial no solo para el profesor que la imparte, también para aquellos que diseñan y organizan acciones educativas para el estudio de esta disciplina. Por ello, diversas organizaciones se han ocupado de gestar investigaciones sobre la educación estadística, principalmente, en Estados Unidos (para más antecedentes históricos sobre el campo de la investigación en educación estadística se sugiere revisar el trabajo de Zieffler *et al.*, 2018).

Las investigaciones en educación estadística, entre otros objetivos, buscan explorar el estado actual que guarda la disciplina en el currículo y la manera en que se enseña en las clases. En el caso de la Educación Superior (ES), algunos estudios de gran escala dan cuenta, por ejemplo, de prácticas de enseñanza y creencias por parte de profesores que imparten cursos de estadística (e. g., Garfield *et al.*, 2002; Zieffler *et al.*, 2012) y de objetivos de aprendizaje de estadística que demandan diferentes carreras en universidades de Estados Unidos (e. g., Bargagliotti *et al.*, 2020), así como de aspectos de la enseñanza de la estadística en universidades agrícolas en Argentina (López *et al.*, 2005).

Siguiendo con investigaciones de gran escala, en el caso de México se encontró el estudio de Velázquez *et al.* (2014) que informa sobre los índices de reprobación, promedios semestrales de aprovechamiento y el lugar que ocupa la estadística en relación con las disciplinas reprobatorias en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Los autores analizaron 13, 411 registros de alumnos del periodo 2005 al 2013. Entre otros resultados, se muestra un 19.36 % de índice de reprobación con tendencia a incrementar al 25 % para el año 2020. La calificación promedio fue de 7.08 (de 10) con tendencia a disminuir a 6.53 para el año 2020 para cursos normales y 7.2 para cursos de verano.

Además, la estadística ocupó el lugar número 4 de las materias más reprobadas por los alumnos. El 75 % de los estudiantes encuestados afirmó no conocer herramientas de tecnologías que facilitaran el aprendizaje de la disciplina.

Inspirado en investigaciones que buscan explorar el estado actual de la enseñanza de la estadística en la ES, el presente artículo presenta un reporte de avance de una investigación exploratoria que investiga las características que actualmente presenta la instrucción y evaluación de la estadística que se estudia en las diferentes carreras universitarias del país. El objetivo del artículo es identificar características de qué y cómo enseña estadística el profesor de ES en disciplinas de STEM.

Marco de referencia

El marco de referencia que se utilizó para guiar el contenido del instrumento con el cual identificar las características de la instrucción y evaluación de la estadística en ES está basado en las seis recomendaciones sugeridas por la Asociación Americana de Estadística (ASA, 2016) expuestas en el reporte *Recomendaciones para la Evaluación e Instrucción en la Educación Estadística* (GAISE, por sus siglas en inglés). Estas recomendaciones nos informan el qué (recomendaciones 1 y 2) y cómo (recomendaciones 3-6) enseñar estadística en los cursos básicos, introductorios, intermedios y avanzados: (1) *enseñar el pensamiento estadístico*, (2) *enfocarse en la comprensión de conceptos*, (3) *realizar la integración de datos reales con un contexto y propósito real*, (4) *fomentar el aprendizaje activo*, (5) *utilizar la tecnología para explorar conceptos y análisis de datos*, y (6) *utilizar evaluaciones que mejoren y valoren el aprendizaje de los alumnos*.

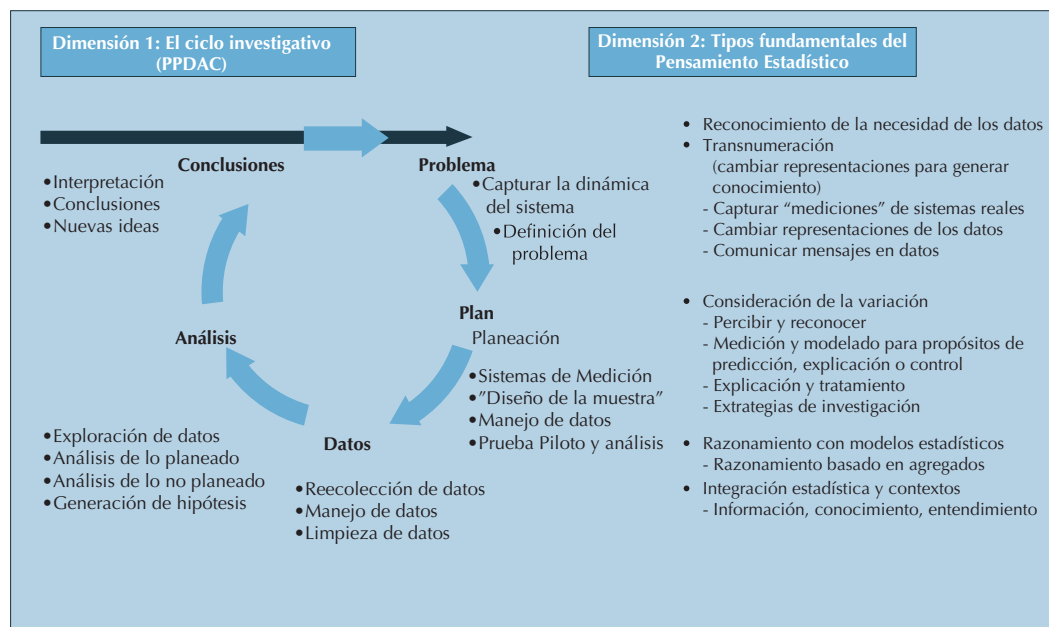
De acuerdo con la ASA (2016), la implementación, por parte de los profesores, de las seis recomendaciones en cursos introductorios de estadística en la ES permitirá lograr metas como: i) la formación de estudiantes como consumidores críticos de información basada en resultados estadísticos, ii) identificar a la estadística como una disciplina que genera conocimiento mediante el proceso investigativo para resolver un problema de la vida real, iii) producir e interpretar resúmenes numéricos, gráficos y reportes de programas estadísticos, iv) reconocer y explicar el rol de la variabilidad y aleatoriedad en estudios de investigación, v) comprender la inferencia estadística y vi) entender las cuestiones éticas en la práctica estadística.

Recomendación 1. Enseñar el pensamiento estadístico

Favorecer el desarrollo de un pensamiento estadístico en los cursos introductorios implica fomentar “el tipo de pensamiento que los estadísticos utilizan para resolver problemas de estadística” (ASA, 2016, p. 12). Este pensamiento es “el uso normativo de modelos, métodos y aplicaciones estadísticas para considerar o resolver proble-

mas estadísticos” (Garfield, 2011, p. 1439). Wild y Pfannkuch (1999), basados en una investigación documental y empírica, caracterizaron el pensamiento estadístico en un marco conceptual de cuatro dimensiones: 1) un ciclo investigativo, 2) tipos de pensamiento, 3) un ciclo interrogativo y 4) un conjunto de disposiciones. Para efectos del estudio, se consideraron las primeras dos dimensiones del modelo (figura 1).

• Figura 1. Dimensiones 1 y 2 del modelo del pensamiento estadístico.



Fuente. Elaboración propia, adaptada de Wild y Pfannkuch (1999).

El ciclo investigativo está relacionado con la forma de operar cuando se resuelve una investigación estadística para resolver un problema de la vida real a través de las fases PPDAC (problema, plan, datos, análisis, conclusión). Los tipos fundamentales del pensamiento estadístico (reconocimiento de la necesidad de los datos, transnumeración, variación, razonamiento con modelos estadísticos e integración con lo estadístico y contextual) hacen referencia a un entendimiento conceptual estadístico y se pueden asociar con las fases del ciclo PPDAC.

El pensamiento estadístico se fundamenta en el uso de la estadística para resolver problemas del mundo real que surgen en diferentes campos de conocimiento. Pfannkuch y Wild (2000) aclaran que un problema real es aquel cuyo origen y solución se encuentran fuera de la estadística, pero que las investigaciones estadísticas proporcionan parte de la comprensión necesaria para llegar a una solución. En cambio, el problema estadístico es aquel que

surge a partir de este problema real. Tanto el conocimiento del contexto del problema real como el conocimiento estadístico son aspectos sustanciales del pensamiento estadístico. La integración de ambos conocimientos permitirá juzgar una situación y tomar decisiones sobre el problema real.

Recomendación 2. Enfocarse en la comprensión de conceptos

De acuerdo con la ASA (2016), enfocarse en una comprensión conceptual, más que procedimental, sugiere definir como meta principal fortalecer el aprendizaje de conceptos, ya que unas bases sólidas de conocimientos permitirán a los estudiantes utilizar en el futuro las técnicas o procedimientos adecuados para realizar un correcto análisis de datos. La inversión de tiempo en clase para discutir, por ejemplo, la comprensión e implicaciones de la variabilidad, el estudio de las relaciones y modelados de los datos incrementan el aprovechamiento académico del estudiante y contribuyen al razonamiento estadístico (Garfield, 1995). Este razonamiento estadístico favorece la comprensión de conceptos.

Recomendación 3. Realizar la integración de datos reales con un contexto y propósito real

La utilización de datos provenientes de la realidad mejorará la experiencia de aprendizaje de los estudiantes aumentando el interés por la interpretación de resultados e ilustrando de manera significativa los conceptos de estadística. De hecho, el quinto tipo fundamental del pensamiento estadístico (figura 1, dimensión 2), implica una integración entre los resultados estadísticos y el contexto de los datos. Esto es, una interpretación de tales resultados en términos de la cuestión que originó la recolección de esos datos, es decir, del problema estadístico.

La aplicación de datos reales en actividades académicas es posible gracias a la recopilación y manejo de grandes volúmenes de datos que están accesibles a través de diferentes sitios distribuidos libremente por diversas instituciones. Se sugiere utilizar datos de diferentes tópicos profesionales con la finalidad de motivar a los estudiantes a aprender estadística y disfrutar el procedimiento (Jolliffe, 2007).

La ASA sugiere explicar sobre el origen y forma de recolección de los datos como motivación e incrementar el interés de la utilidad de la estadística en el mundo real. En muchos casos, por razones diversas, no es posible recolectar los datos de primera mano, no obstante, se puede trabajar con datos ya recolectados, pero es fundamental conocer el contexto de esos datos (e. g., qué tipo de variables son, cómo se midieron, qué problema se quiere resolver).

Recomendación 4. Fomentar el aprendizaje activo

El aprendizaje activo tiene características de la teoría constructivista, Garfield (1995) consideró algunas propuestas basadas en esta teoría que ayudan al aprendizaje de la estadística: i) los estudiantes aprenden construyendo su conocimiento y no de manera pasiva mediante la absorción de información como algunos modelos de clase tradicional. ii) Los estudiantes aprenden mejor si se encuentran motivados y comprometidos en su propio conocimiento, la implementación de actividades que constituyen un reto (e. g., la confrontación de ideas o realización de proyectos) han resultado atractivas para los estudiantes porque les proporcionan una oportunidad para expresar sus ideas u opiniones. iii) Los estudiantes aprenden cuando aplican lo que aprenden y lo transfieren a nuevos contextos o situaciones. iv) La retroalimentación oportuna en tiempo y forma motiva a los estudiantes en su aprendizaje. v) Los estudiantes valoran el conocimiento y habilidades que serán evaluadas. vi) El trabajo de planeación de actividades, uso adecuado de tecnología y experiencia docente ayudarán a ser más efectivo y significativo el aprendizaje de la estadística.

El uso de actividades didácticas aplicadas de manera individual o colaborativa en el salón de clase permitirá al alumno relacionarse con los contenidos de la asignatura mediante el descubrimiento de conceptos, construcción y comprensión de las ideas estadísticas fortaleciendo el pensamiento estadístico (Garfield, 1995). Algunos ejemplos de los métodos de aprendizaje cooperativo y colaborativo son: el aprendizaje basado en problemas y problemas resueltos, casos de estudio, proyectos del curso, aprendizaje basado en proyectos estadísticos, simulaciones y el uso de tecnología organizados en parejas, pequeños grupos o trabajo plenario con actividades intra y extracurricular. Además, la aplicación de este tipo de actividades puede contribuir a mejorar las actitudes, relaciones, comunicación y desarrollo de un crecimiento positivo, personal y social en el ambiente académico (Garfield, 1995; Tishkovskaya y Lancaster, 2012).

Recomendación 5. Uso de tecnología para explorar conceptos y analizar datos

La tecnología forma parte de nuestra vida diaria y, en la actualidad, se ha convertido en un elemento imprescindible para las actividades académicas, profesionales, incluso cotidianas. El acelerado desarrollo de las tecnologías de información ofrece distintas herramientas que pueden ser aplicadas en la práctica y enseñanza de la estadística para favorecer el aprendizaje de los estudiantes. El objetivo primordial de la tecnología en la enseñanza de la estadística se enfoca en la exploración y visualización de conceptos en vez de en la obtención de resultados numéricos (ASA, 2016; Garfield, 1995).

La incorporación del uso de computadoras y *software* estadístico en la enseñanza ha facilitado la ejecución de análisis numéricos de datos (anteriormente mecánicos); el descubrimiento y la comprensión de conceptos, ha permitido mejorar la interpretación de resultados y ha favorecido el desarrollo de habilidades deseadas como el pensamiento estadístico. El uso de las herramientas tecnológicas adecuadas permite realizar cálculos estadísticos de un gran conjunto de datos y obtener resultados en menor tiempo, lo que favorece la concentración del estudiante en la comprensión de ideas y conceptos subyacentes. El amplio rango de procedimientos gráficos incorporados en los programas de cómputo genera nuevas formas de visualizar información y permite a los estudiantes explorar y analizar los datos enfocando su atención en la interpretación y comprensión de resultados sin realizar cálculos numéricos de manera mecánica, los que favorece la comprensión de ideas abstractas (Tishkovskaya y Lancaster, 2012).

Para hacer posible la comprensión de conceptos estadísticos cuando la tecnología no esté accesible a los estudiantes, la ASA (2016) sugiere: a) proporcionar una breve introducción del *software* en un laboratorio o salón de clase, b) observar al profesor demostrar el uso de un *software* estadístico en el desarrollo de la solución a un problema en el contexto de una investigación y c) enseñar a comprender los resultados de un análisis estadístico similar a los emitidos por un programa especializado combinándolo con preguntas que representen retos de aprendizaje.

Las herramientas tecnológicas estadísticas pueden ser muy variadas: páginas o recursos *web*, repositorios de datos, libros de texto en línea, revistas científicas, simuladores, graficadoras, calculadoras, juegos, cursos virtuales de aprendizaje, todas ellas forman un universo de herramientas disponibles en todo momento para el profesor y estudiante. Los profesores deberán tener una apertura respecto a las herramientas en línea o dispositivos físicos y “utilizar la mejor tecnología disponible” (ASA, 2016, p. 20), así como tener en cuenta las posibilidades de adquisición, implementación, recursos tecnológicos y políticas que determine la institución educativa de nivel superior

Recomendación 6. Utilizar evaluaciones que mejoren y valoren el aprendizaje de los alumnos

La evaluación, independiente del método utilizado, es uno de los recursos para medir el aprendizaje de los alumnos, cuyo objetivo deberá ser evaluar la comprensión de ideas estadísticas o la habilidad de la aplicación de métodos estadísticos a un problema real (Jolliffe, 2007).

De acuerdo con la ASA (2016), las actividades de evaluación deben estar alineadas con los objetivos de aprendizaje. Señala que

las tareas aplicadas oportunamente con la retroalimentación efectiva del profesor permiten una mejor comprensión y facilitan la efectividad del curso. Además, aclara que el uso de esas actividades deberá enfocarse en la comprensión de ideas y conceptos; es decir, actividades orientadas al aprendizaje y no sólo a los procedimientos matemáticos y búsqueda de resultados. Las herramientas informáticas permiten que los estudiantes utilicen recursos de evaluación en plataformas tecnológicas de aprendizaje en diferentes formatos, desde implementar preguntas individuales de interpretación hasta discusiones grupales sobre interpretación de resultados (Gardfield, 1995).

El aprendizaje en estadística implica conocimientos relacionados con la aplicación de los métodos estadísticos, saber cuándo aplicarlos, qué método aplicar, y con la comprensión de lo que es estadística. Es de suma importancia que el profesor de nivel superior implemente actividades adecuadas, con los tipos de preguntas que sean acorde con los objetivos de medición y darse a la tarea de revisar los resultados de sus evaluaciones (Jolliffe, 2007). En algunos casos, dependerá del nivel, naturaleza de la profesión y preparación del docente el uso de un tipo de actividad para evaluar un determinado tema. En el caso particular de profesiones como las ciencias sociales o salud, por ejemplo, algunos alumnos presentan cierto temor hacia la estadística, en este caso, el uso de reportes escritos o de comunicación como la interpretación de resultados obtenidos por computadora o ejemplos de casos relacionados con su profesión podrían ser adecuados para una actividad de clase motivadora.

La ASA (2016) recomienda utilizar una variedad de recursos evaluativos en clase, como exámenes rápidos, proyectos estadísticos, reportes de laboratorio y proyectos finales. Algunas propuestas de evaluación que pudieran ser utilizadas para fortalecer la adquisición de competencias podrían incluir ensayos cortos, proyectos individuales, casos de estudio, reportes reflexivos, portafolios, problemas abiertos, mapas conceptuales, críticas a artículos de medios informativos, los cuales ayudan a detectar áreas de oportunidad y proporcionan información de reacciones y seguimiento del curso (Garfield, 1995). El uso de tareas o proyectos permitirá fortalecer el conocimiento de conceptos, además de fortalecer las habilidades de redacción y el desarrollo completo de habilidades de investigación para integrar los resultados estadísticos con las conclusiones.

Método

A fin de explorar si la enseñanza de la estadística en instituciones de ES atiende características de las recomendaciones de instrucción y evaluación sugeridas por la ASA, se realizó un estudio de tipo exploratorio, descriptivo transversal, y se utilizó la técnica de inves-

tigación de encuesta (Cohen *et al.*, 2007). La población de estudio fueron profesores de ES que imparten o impartieron cursos de estadística en los últimos dos años, al momento de responder la encuesta, en las instituciones de ES participantes.

Participantes

Como se mencionó anteriormente, el presente artículo reporta avances de una investigación en desarrollo. Los datos que se analizan provienen de una muestra de 153 profesores que imparten estadística en disciplinas de STEM (cuadro 1), quienes desde el 13 de diciembre de 2020 al 28 de enero de 2021 habían respondido la encuesta. De los 153 profesores, 40 son mujeres y 113 hombres; 12 profesores tienen menos de 30 años y los 141 restantes son mayores de 30 años. La mayoría de los profesores cuenta con estudios de posgrado (78 maestría, 44 doctorado y 9 posdoctorado), 21 solo el grado de licenciatura y 1 el de especialidad.

• Cuadro 1. Número de profesores participantes por disciplinas de STEM.

Disciplina	Carrera	No. de profesores
Ciencias	Biología, Ciencias de la Salud, Medicina, Química, Nutrición, Ciencias y Tecnología de Alimentos, Químico Farmacobiólogo (QFB), Médico Veterinario	38
Tecnología	Informática	13
Ingeniería	Arquitectura, Ingeniería Forestal, Geógrafo, Petrolera, Agrónoma, Civil, Industrial, Mecatrónica, Logística, Eléctrica, Electrónica, Comunicación, Mecánica, Ambiental, Electromecánica	79
Matemáticas	Economía, Físico-Matemáticas	23

Fuente. Elaboración propia, según las respuestas de la encuesta.

La experiencia de los profesores en la enseñanza de la estadística en la ES varía de menos de 5 años a más de 15 años: 61 profesores con experiencia menor a 5 años, 44 con experiencia de 6 a 10 años, 11 con experiencia de 11 a 15 años y 37 con más de 15 años. Estos profesores laboran en universidades (72 profesores) y tecnológicos (81 profesores), de los cuales 4 son privados y 149 públicos. Su estatus laboral es de profesor de horario libre (80 profesores), de

tiempo completo (64 profesores) y de medio tiempo (9 profesores). La mayoría de los profesores (106) imparten entre 1 y 10 horas de clases por semana; 31 profesores imparten entre 11 a 20 horas; 11 imparten clase más de 20 horas y 5 profesores no impartían clase al momento de realizar la encuesta. En cuanto al número de grupos que atienden, 121 profesores atienden de 1 a 3 grupos, 24 de 4 a 6 grupos, 1 más de 6 grupos y 7 mencionaron que no atendían grupos al momento de realizar la encuesta. Los grupos que atienden los profesores, en su mayoría, los de 104 profesores, tienen de 21 a 40 alumnos, 38 profesores tienen grupos de 1 a 20 alumnos, 9 profesores tienen grupos de más de 40 alumnos y 2 profesores dicen no tener alumnos.

Los profesores atendieron la invitación que recibieron por parte de autoridades educativas de sus instituciones. Para ello, se envió un correo con una solicitud de apoyo para la investigación a secretarios, directores, coordinadores, jefes de departamentos, entre otros, de los departamentos, facultades, escuelas y unidades académicas de instituciones de ES de nuestro país. El marco de referencia para los contactos se elaboró por medio de una búsqueda en las páginas web oficiales de las instituciones. Se organizó una base de contactos por instituciones de los estados de la república, la primera referencia de búsqueda fueron las universidades públicas de los estados y los tecnológicos nacionales; posteriormente, se utilizó el listado de instituciones de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) para ampliar la lista de instituciones. Además, se hicieron invitaciones a profesores contactados de manera personal. También se enviaron correos de invitación a los profesores miembros de la Asociación Mexicana de Estadística. En el periodo del 13 de diciembre de 2020 al 28 de enero de 2021 se habían enviado un total de 971 correos.

Diseño e implementación del instrumento

El instrumento para la recolección de datos fue un cuestionario que incluyó ítems organizados en seis apartados con un total de 76 preguntas (cuadro 2). El primer apartado corresponde a la sección de datos personales (nombre, género, estado civil, grado de estudio, nombre del curso, carrera y área en el que imparte clases) e incluye 7 ítems. Los apartados del II al V incluyen 52 ítems de contenido, 33 de ellos fueron diseñados en una escala tipo Likert de 6 respuestas y puntajes distribuidos de la siguiente manera: 0 puntos para la opción de respuesta “no aplica porque no es parte de mi programa” o “nunca”, 1 punto para “apenas lo indispensable”, 2 puntos para “solo lo indispensable”, 3 puntos para “poco más de lo indispensable” y 4 puntos para “bastante más de lo indispensable”. En su mayoría, estos ítems de contenido fueron diseñados por los autores según su conocimiento sobre las ideas teóricas de las seis

recomendaciones de la ASA (2016); otros ítems se adaptaron de instrumentos ya publicados (Gómez-Blancarte *et al.*, 2021; Bargagliotti *et al.*, 2020; Pérez, 2018). Los apartados V y VI contienen ítems relacionados con el desarrollo profesional del docente y su situación académica actual.

Para la aplicación del instrumento se diseñó una encuesta electrónica utilizando el programa LimeSurvey. En el correo de invitación enviado a los diferentes directivos de las instituciones de ES, además de informar acerca de las características del estudio y confidencialidad de las respuestas, se les proporcionó el enlace electrónico para que el profesor pudiera acceder a responder la encuesta de manera digital, también se les adjuntó la encuesta en formato PDF para que tuvieran conocimiento del tipo de preguntas.

• Cuadro 2. Apartados que conforman el cuestionario.

Apartado	No. de ítems
Datos Personales	7
I. Enseñanza de la asignatura (Ítems relacionados con las recomendaciones 1 y 2 de la ASA)	14 (10)
II. Enfoque de la enseñanza (Ítems relacionados con las recomendaciones 3 y 4 de la ASA)	16 (6)
III. Evaluación (Ítems relacionados con la recomendación 6 de la ASA)	12 (11)
IV. Uso de Tecnología (Ítems relacionados con la recomendación 5 de la ASA)	10 (6)
V. Trayectoria Profesional	6
VI. Situación Laboral	11
Total	76

() = ítems de escala tipo Likert.

Fuente. Elaboración propia.

Validación del instrumento

El proceso de validación del instrumento inició con un estudio piloto en el que se aplicó, durante los meses de mayo a julio de 2020, una primera versión del cuestionario a 34 profesores que impartían estadística en instituciones de ES. Esta primera versión incluía 49 ítems de contenido y en escala tipo Likert. Posterior a la prueba piloto, a los 49 ítems de contenido se les realizó un análisis de consistencia interna mediante la correlación ítem-total, de los cuales, se eliminaron 16 reactivos que

no contribuían a la confiabilidad total del instrumento. Así, el cuestionario final incluyó 33 ítems de contenido en escala tipo Likert.

Para medir la confiabilidad del cuestionario final se realizó el análisis de confiabilidad Alfa de Cronbach a los 33 ítems. El coeficiente α de Cronbach se utiliza para determinar la consistencia interna de un cuestionario cuyo resultado varía de 0 a 1, valores cercanos a 1 determinan alta consistencia de los ítems que componen el cuestionario. Para medir dicha consistencia se consideraron todos los ítems de contenido diseñados en escala Likert (cuadro 3).

• **Cuadro 3. Confiabilidad del cuestionario (N=153).**

Apartados	Alfa de Cronbach	Número ítems
Total del instrumento	0.948	33
I. Enseñanza de la asignatura	0.907	10
II. Enfoque de la enseñanza	0.833	6
III. Evaluación	0.896	11
IV. Tecnología	0.927	6

Fuente. Elaboración propia.

Análisis de datos

Los datos que se analizaron para el presente artículo corresponden a los 52 ítems de contenido y está basado, principalmente, en técnicas de estadística descriptiva, ya que el estudio es exploratorio y descriptivo. Se utilizaron los programas SPSS (Statistical Package for Social Science), versión 25, para el cálculo de frecuencias y porcentajes, y la hoja de cálculo Excel para las representaciones gráficas.

Resultados

Los resultados se organizaron en dos secciones: la primera intenta mostrar características de qué enseña el profesor de estadística; la segunda, cómo enseña.

Características de la enseñanza de estadística en las disciplinas de STEM

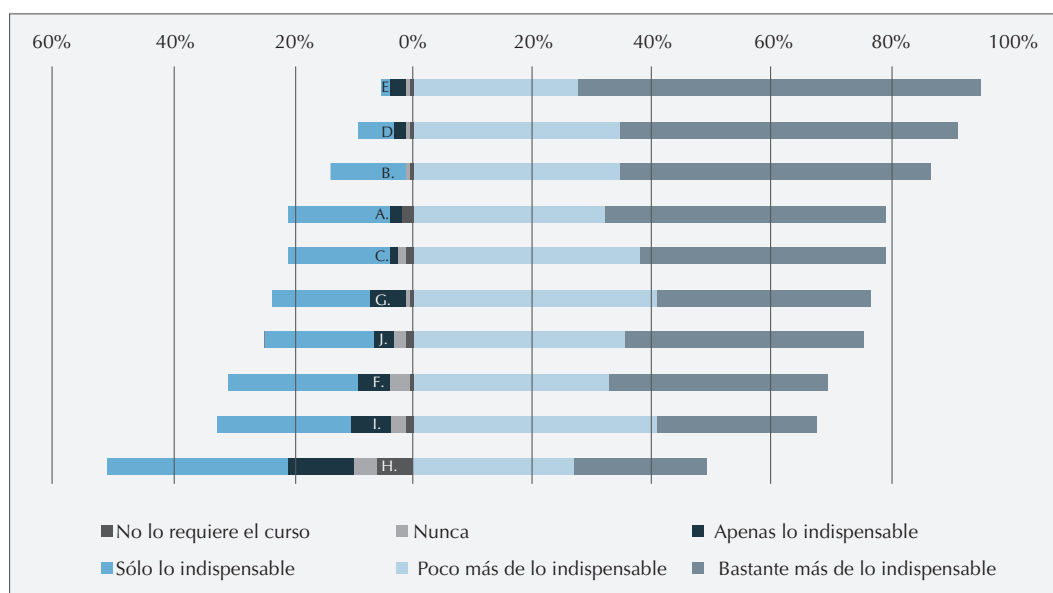
Las preguntas de esta sección dan cuenta de las recomendaciones 1 y 2 de la ASA: enseñar el pensamiento estadístico y un entendimiento conceptual. De los 14 ítems diseñados para identificar qué

enseña el profesor, 10 de ellos (letras A-J) cuestionan características específicas de las dos recomendaciones, los 4 restantes se refieren al material de clase que el profesor usa para guiar su enseñanza.

De acuerdo con las respuestas (figura 2), en las escalas poco más de lo indispensable y bastante más de lo indispensable, los profesores incorporan algunos elementos importantes del pensamiento estadístico y de un entendimiento conceptual, como:

- Promover la enseñanza de la estadística como una disciplina que busca aportar información para solucionar o tomar decisiones sobre problemas reales (95 %, pregunta E).
- Promover que los estudiantes interpreten los resultados de un análisis estadístico en términos del contexto de donde provienen los datos (91 %, pregunta D).
- Acentuar la existencia de la variabilidad durante el proceso de investigación de un problema real (86 %, pregunta B).

• Figura 2. Porcentaje de respuestas a los ítems de Enseñanza de la asignatura.



Fuente. Elaboración propia.

No obstante, en algunas características del pensamiento estadístico, relacionadas con las fases de una investigación estadística, los profesores manifiestan promoverlas en menor medida, ya sea nunca, apenas o sólo lo indispensable, por ejemplo:

- El uso de instrumentos (*e. g.*, cuestionarios, entrevistas) por parte de los alumnos para recolectar datos reales (51 %, pregunta H).

- Promover actividades que permitan a los alumnos decidir y justificar los modelos o herramientas estadísticas necesarias para el análisis de los datos (33 %, pregunta D).
- Promover que los estudiantes formulen preguntas de investigación estadística ante un problema real (31 %, pregunta F).

Referente al material de clase que el profesor utiliza para guiar su enseñanza, 145 profesores manifestaron utilizar material o antologías propias (94.7 %); 116 de ellos, adicionalmente, utilizan libro de texto (75.8 %) y 83 (54.2 %) participantes recurren a fuentes de internet para complementar su enseñanza de la estadística. Los títulos de los libros de texto más utilizados fueron, con un 16 %, *Probabilidad y Estadística para Ingeniería* (de autores como Jay L. Devore y Douglas C. Montgomery, William Mendenhall, Walpole M.); con un 11 %, *Estadística* (de autores como Murray R. Spiegel, y Larry J. Stephens, y Mario Triola); con un 7 %, *Bioestadística* (de autores como Daniel Wayne W., y Pagano Robert R.), *Probabilidad y Estadística* (de autores como William Mendenhall y Walpole M.), y *Estadística aplicada a los negocios y la economía* (de autores como David R. Anderson, Dennis J. Sweeney Thomas A. y Williams R.).

Las fuentes de internet más consultadas por los profesores para guiar la enseñanza de la asignatura de estadística son: videos de YouTube relacionados con estadística; repositorios institucionales como INEGI, Banxico, Bibliotecas de universidades; artículos científicos en bases de datos científicas o revistas indizadas (e. g., Pubmed, Google académico, ELSEVIER) y material *online* (e. g., apuntes y presentaciones de clase, documentos y ejercicios generados por otros profesores, páginas web con información relacionada con estadística).

Características de cómo se enseña estadística en disciplinas de STEM

Esta sección muestra características relacionadas con las recomendaciones 3 a 6 de la ASA: integrar datos reales con un contexto y un propósito, fomentar el aprendizaje activo, evaluación y uso de la tecnología.

Uso de datos reales

Las respuestas a los 6 ítems (A–F) sobre si el profesor integra datos reales con un contexto y un propósito (figura 3) nos indican que ellos atienden aspectos importantes para fomentar el pensamiento estadístico y una comprensión conceptual dentro de su enseñanza. En mayor medida (poco más o bastante más de lo indispensable) señalan que:

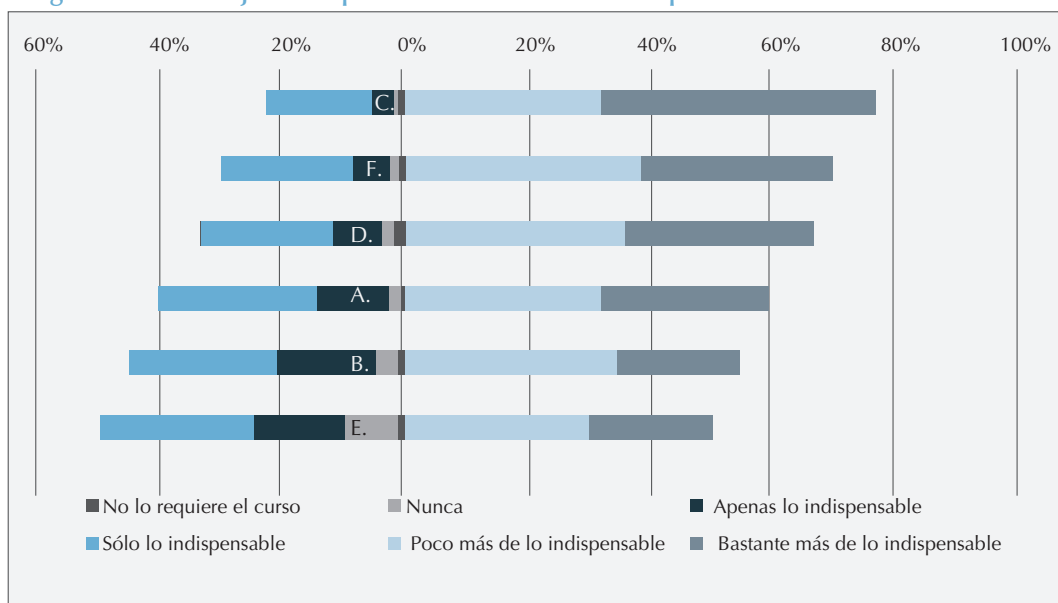
- Toman en cuenta que los datos que usan para enseñar estadística estén relacionados con el área de formación de los estudiantes (77 %, pregunta C).

- ▶ Permiten que los estudiantes generen, critiquen, juzguen, interpreten y busquen información para la solución de un problema real (70 %, pregunta F).
- ▶ Promueven actividades en las que los estudiantes exploren un conjunto de datos (*e. g.*, identificar variables de estudio, tipos de variable, niveles de medición, entre otros) (67 %, pregunta D).
- ▶ Usan datos reales, es decir que no son datos inventados (59 %, pregunta A).

En menor medida con nunca, apenas o sólo lo indispensable, los profesores:

- ▶ Permiten que los estudiantes anticipen resultados de los datos, sin realizar un análisis, a fin de concientizar la necesidad de un método estadístico (50 %, pregunta E).
- ▶ Usan datos que provienen de repositorios o bases de datos para abordar problemas reales (45 %, pregunta B).

• Figura 3. Porcentaje de respuestas a los ítems de Enfoque de la enseñanza.



Fuente. Elaboración propia.

Cabe resaltar que algunos profesores del área de ingeniería e informática señalaron que estas características de integrar datos reales con un contexto y anticipar resultados de los datos sin realizar un análisis no eran actividades requeridas, es decir, no formaban parte del programa de estudios, por lo que no las atienden.

El análisis estadístico que realizan los profesores con los datos que integran a su enseñanza es, en su mayoría, descriptivo (85.6 %),

regresión lineal (77.8 %) e intervalos de confianza (75.8 %). Entre los análisis menos utilizados se tienen series de tiempo (31.4 %), control de calidad (19.6 %) y análisis multivariado (18.3 %).

Aprendizaje activo

Para conocer si el profesor fomenta un aprendizaje activo, se plantearon preguntas relacionadas con las actividades que realiza en clase y el porcentaje del tiempo que les dedica por semestre (cuadro 4). Dentro de estas actividades, sobresalen las 1, 8 y 9. Actividades en las que el profesor tiene un papel preponderante, en comparación con el alumno. En cambio, las actividades en las que el alumno pudiera tener una participación más activa fueron las que presentaron un menor porcentaje de tiempo invertido: exposición de trabajos estadísticos y realización de proyectos estadísticos.

• Cuadro 4. Porcentaje promedio de tiempo utilizado en el semestre en actividades de clase.

Actividad	M	DE
1.Exposición por parte del profesor de los contenidos programáticos.	54.8	27.7
2. Uso de la tecnología por parte de los estudiantes para realizar análisis estadísticos de datos	52.0	31.6
3. Uso de la tecnología por parte de los estudiantes para comprender los contenidos programáticos expuestos por el profesor.	51.6	33.0
4. Solución de ejercicios o problemas (lápiz y papel) por parte de los estudiantes para aplicar los contenidos programáticos enseñados por el profesor.	46.8	31.0
5. Discusión por parte de los estudiantes sobre los resultados estadísticos obtenidos en sus diferentes actividades.	50.8	33.6
6. Realización de proyectos estadísticos por parte de los estudiantes.	45.0	31.9
7. Exposición de trabajos estadísticos por parte de los estudiantes.	38.4	31.4
8. Retroalimentación por parte del profesor a trabajos realizados por los estudiantes.	57.8	36.8
9. Aplicación de evaluaciones.	56.1	37.7

M = Media, DE = Desviación Estándar

Fuente. Elaboración propia

Evaluación

Los ítems de evaluación atienden a la recomendación 6 de la ASA, las respuestas a estos 11 ítems (ordenadas de la A la K) (figura 4), y un ítem de opción múltiple, nos muestran los aspectos de eva-

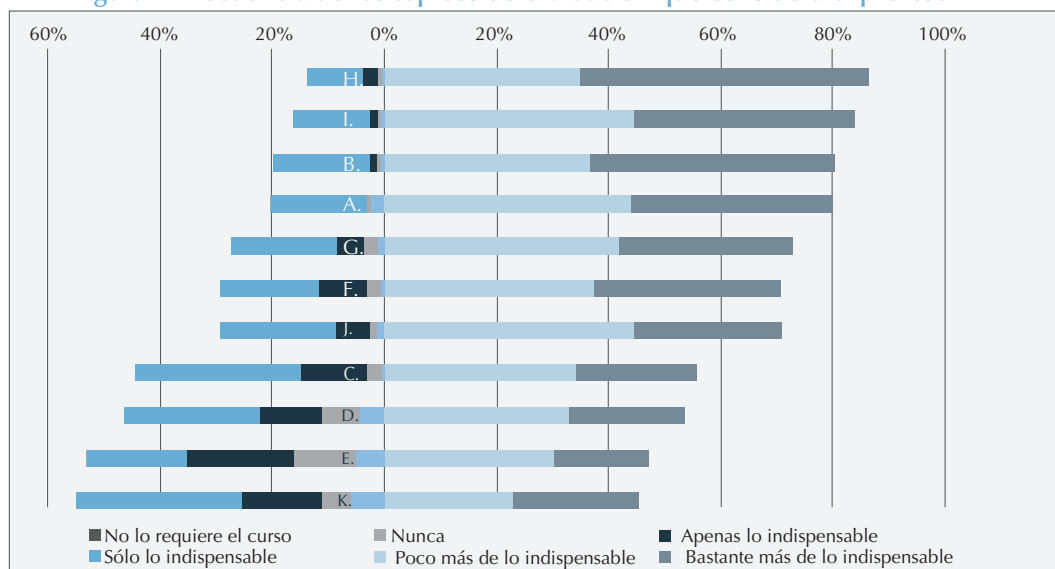
luación del aprendizaje en que los profesores dicen centrarse con mayor medida (poco y bastante más de lo indispensable), dentro de los cuales destacan:

- ▶ La habilidad de los estudiantes para interpretar los resultados de un análisis estadístico (86 %, pregunta H).
- ▶ La habilidad de los estudiantes para relacionar un concepto con otro (*e. g.*, la media y la dispersión), (84 %, pregunta D).
- ▶ Que los estudiantes interpreten correctamente información mostrada en diferentes representaciones estadísticas (*e. g.*, tablas, gráficas, resumen estadístico) (80 %, pregunta B).

En menor porcentaje (nunca, apenas y sólo lo indispensable) los profesores evalúan:

- ▶ La habilidad de los estudiantes para realizar una investigación estadística en la que se planteen un problema de investigación, formulen una pregunta de investigación estadística, recolecten datos reales, realicen un análisis estadístico y extraigan conclusiones basadas en el análisis y en el contexto del problema real (55 %, pregunta K), es decir, que operen en el ciclo investigativo PPDAC.
- ▶ Que los estudiantes interpreten resultados estadísticos publicados en diferentes medios de comunicación (*e. g.*, periódico, revistas, noticiarios, libros, artículos científicos, entre otros) (53 %, pregunta E).
- ▶ La elaboración de reportes escritos derivados de trabajos de investigación estadística (46 %, pregunta D).
- ▶ El trabajo colaborativo de los estudiantes (44 %, pregunta C).

• Figura 4. Frecuencia de los tópicos de evaluación que considera el profesor.



Fuente. Elaboración propia.

Entre 7 y 9 profesores de ingeniería declararon que su curso no requiere evaluar reportes escritos derivados de trabajos de investigación estadística (pregunta D), la interpretación de resultados estadísticos publicados en diferentes medios de comunicación (pregunta E), y la habilidad de los estudiantes para realizar una investigación estadística (pregunta K).

En cuanto al tipo de actividades o medios que utiliza el profesor para evaluar, los más utilizados fueron los ejercicios en clase (90 %), tareas (89 %), exámenes de periodo (80 %), exámenes rápidos (75 %) y actividades de equipo (59 %). Las actividades menos usadas fueron la elaboración de ensayos (21 %), autoevaluaciones (18 %) y reportes de laboratorio (10 %). Los proyectos estadísticos y las actividades en equipo fueron consideradas por, aproximadamente, 59 % de los profesores.

Uso de la tecnología

Respecto al uso de tecnología, 147 (96 %) de los profesores señalaron utilizar herramientas tecnológicas en sus clases. El resto de los profesores indican que no la usan por: falta de tecnología disponible (1.3 %), restricciones en la institución educativa (0.7 %) y falta de conocimiento sobre el uso de herramientas tecnológicas para la enseñanza de la estadística (2 %).

En el caso de los profesores que sí la usan, los programas más utilizados fueron Microsoft Excel (86.9 %) y la calculadora electrónica (59.5 %); los de menor uso: Minitab (35.9 %), Geogebra (24.8 %), páginas web (22.9 %), R (19.6 %), SPSS (18.3 %), Matlab (16.3 %), aplicaciones web interactivas (15 %). Cabe mencionar que un profesor señaló usar el programa Fathom, el cual es ampliamente recomendado por la comunidad de investigación en educación estadística.

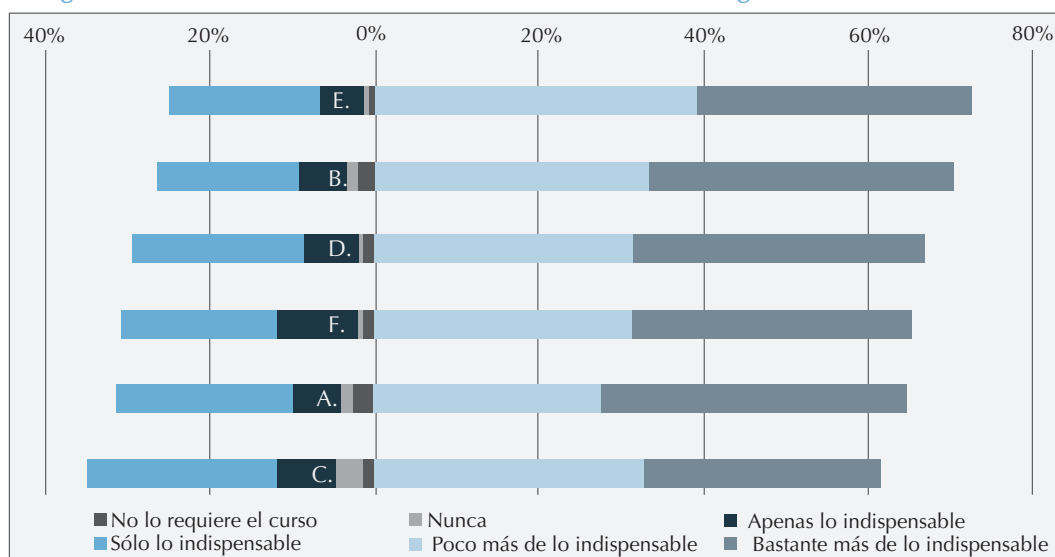
La dinámica de cómo trabajan los profesores con la tecnología se presentó de la siguiente manera: el profesor enseña desde una computadora dentro del salón y los alumnos practican en sus propios equipos dentro o fuera del aula (60.8 %); enseña con el equipo de laboratorio y los alumnos practican en el mismo laboratorio (13.1 %); enseñan sin una computadora en el salón de clase y los alumnos practican en el laboratorio o en su propio equipo (9.8 %); enseñan desde una computadora en el salón de clase y los alumnos practican en el laboratorio (7.8 %) y enseñan desde una computadora en el salón de clase y los alumnos solo observan el procedimiento (4.6 %).

Es importante recordar que la ASA (2016) sugiere que el uso de la tecnología sea para explorar conceptos estadísticos (lo que ayudaría a fomentar un entendimiento conceptual) y analizar datos. De acuerdo con las respuestas de los profesores (figura 5), ellos usan la tecnología para:

- Que los estudiantes realicen procedimientos numéricos de conceptos estadísticos (e. g., calcular medidas de tendencia central, medidas de dispersión, coeficiente de correlación, entre otros) (71 %, pregunta E).

- ▶ Que los estudiantes realicen un análisis inferencial de los datos (e. g., correlaciones, pruebas de hipótesis, tablas de contingencia, entre otros) (70 %, pregunta B).
- ▶ Que los estudiantes exploren gráficamente una distribución de datos (e. g., identificar las medidas de tendencia central, explorar la variabilidad de los datos, identificar sesgos, entre otros) (67 %, pregunta D).
- ▶ Que los estudiantes trasformen un conjunto de datos en múltiples representaciones (e. g., tablas, gráficos estadísticos) y obtengan diferente información de los datos (65 %, pregunta F).
- ▶ Que los estudiantes realicen un análisis exploratorio de datos (e. g., datos perdidos, atípicos, calcular frecuencias o porcentajes, entre otros procesos descriptivos básicos) (65 %, pregunta A).
- ▶ Que los estudiantes exploren características de conceptos estadísticos (e. g., explorar cómo se afectan la moda y la mediana al eliminar valores atípicos) (61 %, pregunta C).

• Figura 5. Frecuencia de las actividades de uso de la tecnología.



Fuente. Elaboración propia.

Conclusiones y consideraciones finales

Los resultados de la encuesta nos permiten concluir que los profesores, en su mayoría, parecen enseñar estadística como una disciplina para resolver problemas reales. Por un lado, el 95 % de los profe-

sores dicen enfocar, poco más de lo indispensable y bastante más de lo indispensable, la enseñanza de la disciplina a la solución o toma de decisiones sobre problemas reales. Por otro lado, promueven (el 91 %) el análisis estadístico en términos del contexto de donde provienen los datos. Además, los proyectos estadísticos, uno de los medios más sugeridos para realizar investigaciones estadísticas y experimentar el ciclo PPDAC, son una actividad practicada por los profesores. El tiempo que los profesores dedican en la clase a trabajar proyectos estadísticos fue de 45 %, aproximadamente, y 59 % de los profesores, aproximadamente, usan los proyectos estadísticos como un medio de evaluación. Sin embargo, otros resultados nos informan de posibles inconsistencias en el enfoque de enseñanza que los profesores dicen abordar. Por ejemplo:

- ▶ Pocos profesores promueven actividades que permitan a los alumnos decidir y justificar los modelos o herramientas estadísticas necesarias para el análisis de los datos. La decisión y justificación de esos modelos o herramientas impele cuestionarse qué problema se quiere resolver, a qué pregunta se quiere responder, qué tipo de datos se tienen. Es decir, tener presente las primeras tres fases del ciclo PPDAC.
- ▶ La mayoría de los profesores no promueven la formulación de preguntas de investigación ante un problema real, lo que es parte de la primera fase del ciclo PPDAC.

En este sentido, los profesores pueden estar enfocando su enseñanza en la aplicación de métodos estadísticos para resolver problemas, pero sin comprometer a los estudiantes a experimentar todo el proceso de investigación (ciclo PPDAC) necesario para resolver esos problemas. En otras palabras, parece que se pone más énfasis en la cuarta fase de ese proceso (análisis) sin tomar en cuenta el resto de las fases. De acuerdo con Chance (2002), experimentar este proceso de investigación es una característica de la promoción del pensamiento estadístico. En este caso, la recomendación es, al menos, favorecer un entendimiento de las fases previas y darle más sentido a la última fase, para motivar con ello los tipos fundamentales del pensamiento estadístico (figura 1, dimensión 2).

Respecto del entendimiento conceptual que los profesores dicen promover, los resultados sobre el uso de la tecnología sustentan algunas discrepancias. Hay una diferencia entre usar tecnología como una ayuda para que los estudiantes comprendan conceptos estadísticos y usarla para que los estudiantes se ayuden en los cálculos. Las tecnologías más usadas, Excel y calculadora electrónica, sugieren el segundo uso. Es decir, el tipo de tecnología que el profesor usa es para que los estudiantes “hagan estadística” (Gould, *et al.*, 2018). En este caso, la ayuda en los cálculos debe considerarse como un tiempo que se puede aprovechar para la comprensión de conceptos (primer uso).

La investigación sigue en curso, el número de profesores que responde la encuesta está aumentado. Se tiene planificado realizar diferentes tipos de análisis que nos permitan, por ejemplo, robustecer nuestros hallazgos e identificar posibles diferencias entre las disciplinas (más allá de las disciplinas STEM) sobre qué y cómo enseñan estadística. Es reconocido que la enseñanza de la estadística, al formar parte de una diversidad de profesiones, puede presentar diferentes escenarios, que son específicos de las necesidades de cada curso, pero las recomendaciones de la ASA pueden aplicarse a una variedad de cursos (ASA, 2016). En este sentido, el propósito fundamental de la investigación es conocer esas necesidades para tener bases sobre las cuales diseñar mecanismos para apoyar al profesor.

Agradecimiento:

Esta investigación fue apoyada por la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN, Proyecto 20211396.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, así también que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

• Referencias

- ASA. (2016). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) college report 2016*. American Statistical Association. [https://www.amstat.org/education/guidelines-for-assessment-and-instruction-in-statistics-education-\(gaise\)-reports](https://www.amstat.org/education/guidelines-for-assessment-and-instruction-in-statistics-education-(gaise)-reports)
- Balet, S. (2013). Interdisciplinariedad de la estadística: Revisión curricular de un programa subgraduado. *DataCrítica: International Journal of Critical Statistics*, 4(1), 17-22.
- Bargagliotti, A., Binder, W., Blakesle, L., Eusufzai, Z., Fitzpatrick, B., Ford, M., Huchting, K., Larson, S., Miric, N., Rovetti, R., Seal, K. y Zachariah, T. (2020). Undergraduate learning outcomes for achieving data acumen. *Journal of Statistics Education*, 28(2), 197-211. <https://doi.org/10.1080/10691898.2020.1776653>
- Brown, E. N. y Kass, R. E. (2009). What is statistics? *The American Statistician*, 63(2), 105-110. <https://doi.org/10.1198/tast.2009.0019>
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (sexta edición). Routledge.
- Chance, B. L. (2002). Components of statistical thinking and implications for instruction and assessment. *Journal of Statistics Education*, 10(3), 1-14. <https://doi.org/10.1080/10691898.2002.11910677>
- Garfield, J. (1995). How students learn statistics. *International Statistical Review*, 63(1), 25-34.
- Garfield, J. (2011). Statistical literacy, reasoning, and thinking. En M. Lovric (Ed.), *International encyclopedia of statistical science* (pp. 1439-1442). Springer. <https://link.springer.com/referencework/10.1007/978-3-642-04898-2>
- Garfield, J., Hogg, B., Schau, C. y Whittinghill, D. (2002). First courses in statistical science: The status of educational reform efforts. *Journal of Statistics Education*, 10(2), 1-14. <https://doi.org/10.1080/10691898.2002.11910665>
- Gómez-Blancarte, A. L., Rocha, C. R. y Chávez, A. R. D. (2021). A survey of the teaching of statistical literacy, reasoning and thinking: teachers' classroom practice in Mexican high school education [Número especial]. *Statistics Education Research Journal*, 20(2), Artículo 13. <https://doi.org/10.52041/serj.v20i2.397>

- Gould, R., Wild, C. J., Baglin, J., McNamara, A., Ridway, J. y McConway, K. (2018). Revolutions in teaching in learning statistics: a collection of reflections. En D. Ben-Zvi, K. Makar y J. Garfield (Eds.), *International handbook of research in statistics education* (pp. 457-472). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-66195-7>
- Jolliffe, F. (2007). The changing brave new world of statistics assessment. *Proceedings of the IASE/ISI-Satellite Conference on Assessing Student Learning in Statistics*, Guimarães, Portugal. https://iase-web.org/Conference_Proceedings.php?p=2007_Assess_Stud_Learn
- Kettenring, J. R. (1995). What industry needs. *The American Statistician*, 49(1), 2-4. <https://doi.org/10.2307/2684799>
- Legler, J., Roback, P., Ziegler-Graham, K. y Scott, J. (2010). A model for interdisciplinary undergraduate research program. *The American Statistician*, 64(1), 59-69. <https://doi.org/10.1198/tast.2010.09198>
- López, M. V., Fabrizio, M. D. C., Plencovich, M. C. y Giorgini, H. (2005). Some issues about the status of statistics teaching in agricultural colleges in Argentina. *Statistics Education Research Journal*, 3(1), 60-71. http://iase-web.org/Publications.php?p=SERJ_issues
- Meyers, J. (2015). *Statistics: Fastest-growing undergraduate STEM degree*. Recuperado de: <https://magazine.amstat.org/blog/2015/03/01/statistics-fastest-growing-undergraduate-stem-degree/>
- National Academies of Sciences, Engineering, y Medicine (2018). *Envisioning the data science discipline: The undergraduate perspective: Interim report*. The National Academies Press. Recuperado de: <https://www.nap.edu/catalog/24886/envisioning-the-data-science-discipline-the-undergraduate-perspective-interim-report>
- Pérez, E. J. P. (2018). *Características de la enseñanza de la estadística en la carrera de gastronomía* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio de CICATA-Legaria. <https://www.cicata.ipn.mx/oferta-educativa/promo/egresados/egresados-de-maestr%C3%ADa.html>
- Pfannkuch, M. y Wild, C. J. (2000). Statistical thinking and statistical practice: Themes gleaned from professional statisticians. *Statistical Science*, 15(2), 132-152.
- Savard, A. y Manuel, D. (2016). Teaching statistics: Creating an intersection for intra and interdisciplinary. *Statistics Education Research Journal*, 15(2), 239-256. http://iase-web.org/Publications.php?p=SERJ_issues
- Tishkovskaya, S. y Lancaster, G. A. (2012). Statistical education in the 21st century: A review of challenges, teaching innovations and strategies for reform. *Journal of Statistics Education*, 20(2), 1-24. <https://doi.org/10.1080/10691898.2012.11889641>
- Tyler, R., Williams, G., Hobbs, L. y Anderson, J. (2019). Challenges and opportunities for a STEM interdisciplinary agenda. En B. Doig, J. Williams, D. Swanson, R. Borromeo Ferri y P. Drake (Eds.), *Interdisciplinary mathematics education* (pp. 51-81). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11066-6_5
- Varian, H. (2009). *Hal Varian on how the web challenges managers*. Recuperado el 27 de enero de 2021, de: <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/hal-varian-on-how-the-web-challenges-managers>
- Velázquez, P. F. C., Araiza, R. L. O. y Pérez, H. C. P. (2014, septiembre 10-12). *Estadística: Una estrategia distinta de aprendizaje basada en tecnologías de información y comunicación* [Ponencia]. XVII Congreso Internacional sobre Innovaciones en Docencia e Investigación en Ciencias Económico Administrativas. Durango, México. http://www.fca.uach.mx/apcam/xvi_congreso/2015/02/24/P120_UACH.pdf
- Wild, C. J. y Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223-248. <https://doi.org/10.2307/1403699>
- Wilks, S. S. (2006). Undergraduate statistical education. *American Statistician*, 60(1), 39-45. <https://doi.org/10.1198/000313006X91773>
- Zieffler, A., Garfield, J. y Fry, E. (2018). What is statistics education? En D. Ben-Zvi, K. Makar y J. Garfield (Eds.), *International handbook of research in statistics education* (pp. 37-10). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-66195-7>
- Zieffler, A., Park, J., Garfield, J., delMas, R. y Bjornsdottir, A. (2012). The statistics teaching inventory: A survey on statistics teachers' classroom practices and beliefs. *Journal of Statistics Education*, 20(1), 1-29. <https://doi.org/10.1080/10691898.2012.11889632>