

Dificultades de estudiantes de diseño gráfico en el aprendizaje de estadística matemática para visualizar datos

Difficulties of graphic design students in learning mathematical statistics to visualize data

Manuel Ponce de León¹, Gerardo Luna-Gijón^{2*}, Yaret Elsa Ruiz-Morales²

¹ Dirección de Investigación Básica y Aplicada, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Puebla, México. C.P. 72410. Teléfono +52 222 2290 9400.

² Colegio de Diseño Gráfico, Facultad de Arquitectura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México C.P. 72570. Puebla, Puebla, México. Tel. +52 222 229 5500. manuel.ponceleon@upaep.mx. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3937-5147>

gerardo.lunag@correo.buap.mx. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8216-767X> yaret.ruiz@correo.buap.mx. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5401-7970>

*Autor de correspondencia

Resumen

En el contexto actual de la sobrecarga informativa experimentada por la sociedad, la construcción de gráficos estadísticos es una tarea relevante para la profesión del diseño gráfico. Esta investigación se enfocó en identificar los obstáculos que estudiantes de primer semestre de diseño gráfico enfrentan al construir gráficos estadísticos. Mediante un enfoque de investigación-acción, se implementó una intervención educativa utilizando presentaciones digitales sobre las características de los diferentes tipos de gráficos estadísticos. Se observó en los estudiantes un aumento significativo en el conocimiento conceptual de los gráficos estadísticos, pero la aplicación práctica no mostró un incremento similar, pues los estudiantes enfrentaron dificultades al seleccionar y construir gráficos estadísticos sin la asistencia de la docente. Aunque se observaron mejoras en el aprendizaje, el desarrollo de estas capacidades de comunicación gráfica necesita de tiempo y trabajo con características particulares. Se requiere de más intervenciones focalizadas empleando guías y materiales didácticos para lograr avances significativos en el aprendizaje.

Palabras clave: Educación matemática estadística; visualización de datos; investigación-acción; diseño gráfico; diseño de información.

Abstract

In the current context of information overload experienced by society, the construction of statistical graphics is a relevant task for the graphic design profession. This research aimed to identify the obstacles that first-semester graphic design students face when constructing statistical graphics. Using an action-research approach, an educational intervention was implemented using digital presentations about the characteristics of different types of statistical graphics. A significant increase in the conceptual knowledge of statistical graphics was observed in students; however, the practical application did not show the same results, in that the students faced difficulties when selecting and constructing statistical graphics without the assistance of the teacher. Although improvements in learning were observed, the development of these graphic communication skills requires time and work with specific characteristics. More focused interventions are required using guides and teaching materials to achieve significant progress in learning.

Keywords: Statistics mathematics education; data visualization; action-research; graphic design; information design.

Recibido: 13 de mayo de 2024

Aceptado: 05 de noviembre de 2024

Publicado: 11 de diciembre de 2024

Cómo citar: Ponce de León, M., Luna-Gijón, G., & Ruiz-Morales, Y. E. (2024). Dificultades de estudiantes de diseño gráfico en el aprendizaje de estadística matemática para visualizar datos. *Acta Universitaria* 34, 4228. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2024.4228>

Introducción

La alfabetización informativa se ha vuelto esencial para manejar la información a nuestro alrededor, aprovecharla (Usova & Laws, 2021) y cuestionarla (Contreras *et al.*, 2021). Con el acceso a una gran cantidad de datos, se requiere del razonamiento cuantitativo para enfrentar las demandas de la vida diaria (Maltese *et al.*, 2015) que facilite la toma de decisiones informadas (Su *et al.*, 2024).

Así, una educación matemática que no incluya la estadística es inconcebible, ya que los ciudadanos que no pueden interpretar apropiadamente datos cuantitativos son considerados como funcionalmente iletrados (National Research Council, 1990), lo que hace evidente la necesidad de nuevos enfoques para aprender matemáticas (Isaza & Escobar, 2024).

La alfabetización matemática se define como la habilidad de utilizar y comprender conceptos matemáticos en diversos contextos para describir, explicar y predecir fenómenos, e incluye la representación de objetos y situaciones mediante medios como gráficas, tablas, diagramas, ecuaciones y materiales concretos (Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2019).

Por su parte, el currículo educativo requiere que los diseñadores cuenten con estas competencias matemáticas y que sean ciudadanos capaces de analizar información estadística y científica para crear visualizaciones que comuniquen datos complejos al público. Por tanto, la visualización de datos, conocida como Dataviz, se ha vuelto un tema central en general (Forbes *et al.*, 2014), pero sobre todo en el diseño gráfico.

Este proyecto busca mejorar la práctica educativa de los profesores, así como el aprendizaje de las matemáticas para estudiantes de la Licenciatura en Diseño Gráfico, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), para que puedan trabajar con información estadística y desarrollar habilidades en visualización de datos. Se tiene como antecedente un proyecto previo donde se analizaron, mediante una investigación cualitativa con enfoque de investigación-acción, las habilidades de estudiantes de la licenciatura en Diseño gráfico para construir gráficos estadísticos mediante pruebas diagnósticas (Luna-Gijón & Ruiz-Morales, 2023).

Los hallazgos reportados en el estudio anterior son: a) Los estudiantes de diseño tienden a utilizar el gráfico estadístico incorrecto al tipo de problema o variable que se está manejando; y b) En la aplicación de instrumentos, los estudiantes cometen errores de convención con respecto a títulos, etiquetas, ejes, escalas y proporcionalidad. A partir de ello, en una segunda etapa se buscó profundizar en la comprensión de los errores cometidos por los estudiantes al trabajar la Dataviz y analizar los efectos en sus habilidades a partir de los puntos detectados.

Se considera que el aspecto innovador se encuentra en identificar los errores y las barreras que tienen los estudiantes, lo que se espera ayude a quien enseña a mejorar su práctica y a desarrollar su competencia para diseñar actividades que promuevan los aprendizajes esperados en los estudiantes, aunado a que en la literatura hay muy poca información sobre la relación entre la enseñanza de matemáticas y el desarrollo de habilidades de visualización estadística en estudiantes de diseño gráfico.

Revisión de literatura

La capacidad de entender, procesar y extraer valor de los datos es una habilidad crucial en el ámbito profesional, como en el educativo (Eichler & Zapata-Cardona, 2016; Engel *et al.*, 2021), volviendo necesaria la adopción de la alfabetización informativa estadística en el currículo universitario.

El marco de referencia PISA establece entre las capacidades fundamentales aquellas relacionadas con la interpretación y representación de datos, incluyendo actividades como la lectura e interpretación de información para construir modelos de la situación (OECD, 2019). Por otro lado, con base en teorías de decodificación y procesamiento de información, Binder *et al.* (2015) afirman que los apoyos visuales pueden ser un soporte para la comprensión de información estadística. Las matemáticas trabajan con objetos abstractos, por lo que dependen de las representaciones visuales (Arcavi, 2003), las cuales resultan útiles porque facilitan la organización de estos objetos y sus relaciones (Rellensmann *et al.*, 2020).

La investigación en educación matemática puntuiza y explica aspectos sobre cómo las personas aprenden a extraer información al leer representaciones visuales en forma de gráficas, identificar relaciones y tendencias, hacer predicciones, establecer conexiones hacia otros contextos, cuestionarse sobre la información y cómo se producen y validan las gráficas (Rubel *et al.*, 2021).

La visualización de datos se ha convertido en una habilidad esencial para diversas áreas profesionales, tal como las ingenierías, las ciencias exactas, las ciencias computacionales, los negocios y disciplinas administrativas, pues aporta la capacidad de una lectura rápida, pero sustancial, de información valiosa (Asamoah, 2022). Arcavi (2003) define a la visualización como la habilidad y producto de la creación de imágenes y diagramas con el propósito de mostrar y comunicar información, lo que permite a las personas comprender algo en particular. Las representaciones gráficas pueden ser una herramienta efectiva para lidiar con la complejidad de la modelización matemática; sin embargo, para aprovechar estos beneficios es necesario que los estudiantes posean ciertos conocimientos sobre su selección y construcción (Rellensmann *et al.*, 2020).

La DataViz cobra importancia en los centros de enseñanza pues es intermedia para presentar información compleja (Maltese *et al.*, 2015), de ahí la importancia de que las personas sean capaces de leer gráficas. Así, la alfabetización informativa aplicada a la visualización de datos proporciona las herramientas para comprender gráficas complejas donde intervienen datos estadísticos, así como las habilidades para crear nuestras propias visualizaciones (Kirk, 2020) y evitar ser engañados por gráficos sesgados (Salcedo *et al.*, 2021).

De esta manera, el tener la capacidad de leer, interpretar y producir gráficas estadísticas es una habilidad central para desarrollar afinidad con el conocimiento científico (Maltese *et al.*, 2015). Sobre este tema, el marco de referencia PISA aborda la importancia de la selección adecuada de representaciones, tomando en consideración el contexto del problema (OECD, 2019).

La DataViz que toma la forma de gráficas aporta, para la enseñanza y el aprendizaje, oportunidades para desarrollar el pensamiento matemático en cuestiones como el análisis estadístico o el modelado matemático, además de que en su creación permite hacer conciencia sobre el hecho de que las gráficas son textos sociales que se generan desde una perspectiva y, por tanto, contienen una narrativa particular (Rubel *et al.*, 2021). Esto habla de la importancia que tiene durante el proceso educativo en diseño la enseñanza matemática, pues quien produce las gráficas debe ser capaz, además de interpretar los datos, de concebir del potencial impacto que éstos van a tener en las personas.

La estadística ha adquirido una importancia sin precedentes debido a las numerosas oportunidades que ahora se tienen para utilizar los datos, pero es importante recordar que las fórmulas no son un sustituto del pensamiento crítico (Wheelan, 2014). Incluso, se habla de la importancia de proporcionar una cultura estadística que incluya dos componentes interrelacionados: la capacidad de evaluar e interpretar críticamente información estadística y la capacidad de discutir o comunicar sus opiniones con respecto a estas informaciones (Gal, 2002, citado en Batanero & Díaz, 2011).

Una verdadera formación en estadística no sólo incluye la memorización de conceptos o la mecanización de procesos, sino la comprensión y el desarrollo del razonamiento; ya que, como menciona Watson (2006), es importante que los estudiantes enfrenten problemas estadísticos contextualizados, de manera que puedan comprender los argumentos y razonamientos estadísticos en contextos específicos.

Por otro lado, el conocimiento estratégico sobre el dibujo se define como aquellas características que hacen que un dibujo sea útil para la tarea en cuestión, y es un conocimiento específico que permite evaluar su uso efectivo, incluye la identificación de las características de un dibujo preciso que representa adecuadamente la estructura matemática del problema y puede ayudar a resolverlo (Rellensmann *et al.*, 2017).

La importancia de la enseñanza matemática en diseño gráfico, enfocada al desarrollo de gráficas estadísticas, se debe a que este modelo permite a los estudiantes un aprendizaje y perfeccionamiento de competencias de alfabetización centradas en los datos; también se deben implementar principios de diseño de la información visual (Asamoah, 2022). Así, se tiene un impacto tanto en la maduración de habilidades para lidar con datos, en el desarrollo de pensamiento crítico para valorar lo que éstos dicen y significan, así como en la mejora de técnicas de gestión de información y de visualización (Asamoah, 2022).

Para propiciar un aprendizaje de las matemáticas que permita el desarrollo de gráficas estadísticas de calidad, los estudiantes deben tener un acercamiento crítico para madurar su entendimiento sobre el formato matemático con el que van a trabajar. Este entendimiento significa que los estudiantes diseñadores puedan identificar cantidades y unidades de medición, así como trabajar con los datos. De igual forma, esto involucra comprender cómo se contextualiza la información, es decir, qué historia están contando los datos al desarrollar la narrativa involucrada, cuál es su impacto, qué limitaciones tiene la relación que existe entre los datos y las variables y por medio de qué tipo de gráfica en específico pueden ser mostrados (Rubel *et al.*, 2021).

Arcavi (2003) coloca a la visualización como un tema central en la educación matemática que debe ser revalorizado como una herramienta útil para comprender mejor la construcción de sentido de las matemáticas. Por su parte, desde su propuesta de marco para la presentación de datos cuantitativos, Tufte (2001) reconoce el poder representacional de las gráficas estadísticas considerando que permiten percibir características de los datos y ver significados de manera más precisa y reveladora.

La literatura concuerda en que los estudiantes deben aprender los criterios científicos, como la representación correcta de los objetos relevantes y sus relaciones, así como la etiquetación numérica completa, es decir, que la selección y construcción adecuada de gráficas que presentan información matemática es una competencia que incluye un conjunto de conocimientos y habilidades que deben ser aprendidos a partir del trabajo práctico.

Materiales y métodos

El presente es un estudio interpretativo que adopta la investigación-acción como estrategia de investigación, la cual es reconocida por su importancia para la práctica docente y el aprendizaje de los estudiantes, además de que es considerada como un motor para el cambio del sistema escolar (Edwards-Groves & Rönnerman, 2022). Es una metodología que busca reflejar el amplio espectro del aprendizaje con el fin de guiar la práctica de la enseñanza para implementar mejores estrategias para generar conocimiento (Eikeland *et al.*, 2022). El implementar la investigación-acción permite a los docentes tomar una postura que provoca la reflexión, el pensamiento crítico y la acción de manera receptiva, de manera que se pueden repensar las acciones que suceden dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje.

El objetivo es que, mediante la investigación-acción, se identifiquen dificultades significativas sobre los estudiantes respecto a la forma en que aprenden y los fenómenos que intervienen en este proceso.

Participantes

Los participantes de este estudio son estudiantes de primer semestre de diseño gráfico de la BUAP que cursan la asignatura Matemáticas para el Diseño. El propósito es fomentar en el estudiante el pensamiento matemático en la resolución de problemas de diseño. El programa se divide en tres temas de estudio: (1) Geometría plana y del espacio, (2) Geometría fractal y (3) Probabilidad y estadística. En este último se aborda el tema de Dataviz, cuyo fin es que los estudiantes adquieran conocimientos y habilidades para realizar gráficas estadísticas a partir de datos duros. Es importante señalar que el tiempo asignado es de tres semanas, de un total de diecisésis que conforman el curso.

En este estudio se trabajó con tres grupos de estudiantes (139 alumnos) y con la docente a cargo del curso. Una diferencia destacada en comparación con el estudio previo, realizado en línea durante la pandemia por Covid-19, fue que, en el momento de realizar la presente investigación, ya se había retomado la modalidad de clases presenciales.

Entre los tres grupos se determinó a dos de ellos como grupos con intervención estándar y uno como intervención especial. Los grupos estándar (G1 y G2) recibieron las instrucciones, se les proporcionaron los materiales educativos y se resolvieron sus dudas al finalizar los ejercicios de práctica. Para el grupo con intervención especial (G3) se decidió incluir un parámetro extra de atención, lo que implicó un acompañamiento mayor en el proceso; es decir, conforme se avanzaba en el curso, la docente explicaba paso a paso la realización de los ejercicios.

La intervención se llevó a cabo durante tres semanas, lo que implica tres sesiones de cuatro horas cada una, dando un total de 12 horas de trabajo en clase más el trabajo independiente en casa. Además, se desarrollaron tres cuestionarios de autoevaluación, con el objetivo de que cada estudiante tuviera parámetros sobre su conocimiento y un examen de evaluación como parte del proceso formativo donde interviene la docente. Para diferenciar uno de otro, a los primeros se les denominó *test* y a la segunda se le llamó *prueba*.

Proceso de trabajo

El estudio consistió en tres etapas:

Etapa 1

- Diseño de material didáctico
- Diseño de tests de autoevaluación
- Diseño de prueba de evaluación
- Diseño de instrumentos para recopilación de información

Etapa 2

- Aplicación test de autodiagnóstico
- Intervención teórica de la docente frente a grupo
- Resolución de ejercicios de práctica

- Aplicación de test de autoevaluación
- Aplicación de prueba de evaluación

Etapa 3

- Revisión y análisis de resultados de los test de autoevaluación
- Revisión y análisis de resultados de prueba de evaluación

A continuación, se describen con mayor detalle las tres etapas del estudio. La primera etapa se enfocó en el diseño de materiales e instrumentos utilizados durante el estudio, los cuales son resultado de identificar en el experimento previo las necesidades de los estudiantes. Se elaboraron materiales específicos para cada tipo de gráfico estadístico que la docente utilizó durante la intervención teórica sobre el tema (Figura 1). Estos materiales fueron entregados a los estudiantes como recursos de estudio para la siguiente etapa.

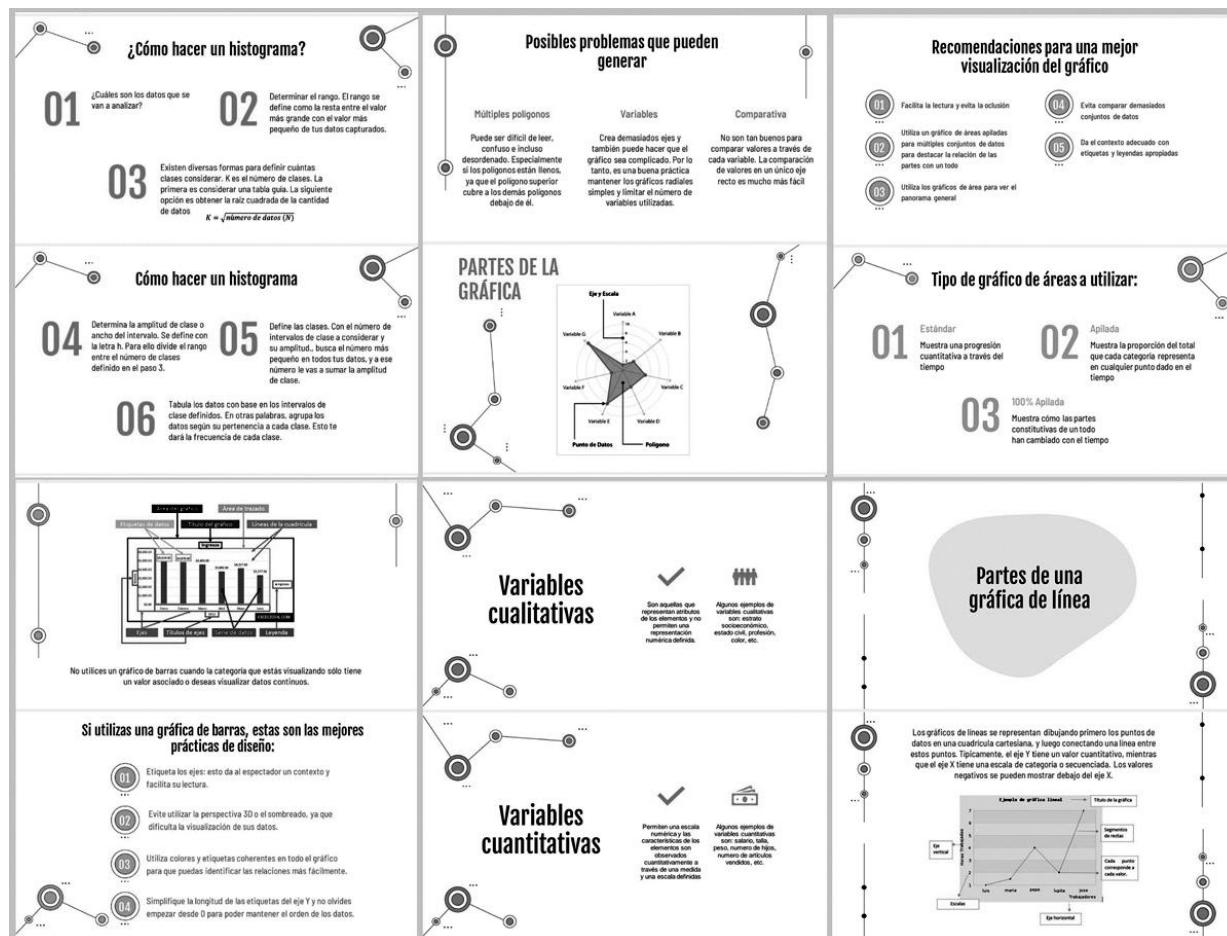


Figura 1. Ejemplo de los materiales elaborados para el curso.

Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, se diseñaron tests de autoevaluación (test 1, test 2 y test 3) con el objetivo de que el estudiante identificara su propio nivel de comprensión sobre el tema. En estos tests se consideraron tres temas: tipos de gráficos, partes del gráfico y la identificación del gráfico más adecuado según la situación dada. La selección de las preguntas se llevó a cabo a través de un proceso de análisis de pertinencia por parte de los investigadores.

También se diseñó una prueba de evaluación donde se incluyeron de igual forma preguntas de conocimiento conceptual sobre los gráficos estadísticos y las partes que conforman a los mismos. Además, se añadieron preguntas de aplicación práctica donde el estudiante debe tomar una decisión con base en los datos que se le proporcionan, sobre el tipo de gráfico que es idóneo para la representación de los datos y la construcción del gráfico. Este tipo de ejercicios son similares a los ejercicios resueltos en clase.

Es importante señalar que los datos para los ejercicios prácticos provienen del sitio web de la Asociación de Internet de México¹, el cual proporciona información actualizada sobre hábitos de internet, comercio electrónico, comercio móvil, entre otros temas. El objetivo fue asegurarse de que los ejercicios se basaran en tópicos relevantes y actuales para los estudiantes. Simultáneamente, se crearon formularios en la herramienta Forms de Microsoft para recopilar la información de cada uno de los tests y la prueba de evaluación utilizada en la siguiente etapa del estudio (Figura 2).

TEST 1 - GRÁFICOS ESTADÍSTICOS
* Obligatorio

Segunda parte. Identifica las partes que componen a los gráficos.

4
Enlista las partes del gráfico que aparecen numeradas en la siguiente ilustración * (1.5 puntos)
En esta pregunta debes introducir al menos una respuesta por fila

Gráfica de pastel 1

Parte	1	2
Título de gráfico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gráfico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Categorías	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

TEST DIAGNÓSTICO
Hola, YARET ELSA. Cuando envíe este formulario, el propietario verá su nombre y dirección de correo electrónico.

1. Es el conjunto de todos los elementos que presentan una característica común determinada, observable y medible; y del cual vamos a realizar el estudio. (1 Punto)

Muestra
 Población

2. Rama de las matemáticas que se encarga de ordenar y clasificar datos para interpretar, comparar y emitir conclusiones. (1 Punto)

Estadística
 Probabilidad
 Geometría

3. Selección del tipo de gráfico utilizados para representar el porcentaje de ciudadanos que votaron en las elecciones presidenciales en 2018 (1 Punto)

Histograma
 Circular
 Barra

TEST 2 - GRÁFICOS ESTADÍSTICOS
Hola, YARET ELSA. Cuando envíe este formulario, el propietario verá su nombre y dirección de correo electrónico.

* Obligatorio

Identifica el tipo de gráfico que corresponde a cada planteamiento.

1
Si el planteamiento del problema incluye palabras como valores similares/atípicos, variables cuantitativas, secuencia de radios o múltiples variables, ¿Qué tipo de gráfico sería el adecuado para utilizar en ese reativo? * (1 Punto)

<input type="radio"/> Histograma
<input type="radio"/> Líneas
<input type="radio"/> Área
<input type="radio"/> Radiales

PRUEBA DE EVALUACIÓN GRÁFICOS ESTADÍSTICOS
* Obligatorio

Ejercicio 1
Elabora un gráfico que represente de forma porcentual el comportamiento de los internautas entrevistados por la Asociación de Internet en México, para conocer la percepción de los compradores y no compradores digitales, obteniendo los siguientes resultados sobre si se compró algún producto o servicio durante el Buen Fin en 2020.

	Compra en tienda	Compra en línea	Compra en tienda y en línea	No compró nada
Entrevistados	122	217	205	665

2
Evidencia de construcción de gráfico (Pregunta no anónima) (2 puntos)
Debe enviarse foto del gráfico que se entrega en presencial

Cargar archivo
Límite de número de archivos: 1. Límite de tamaño del archivo individual: 10MB. Tipos de archivos permitidos: PDF, Imagen

TEST 3 - GRÁFICOS ESTADÍSTICOS
Hola, YARET ELSA. Cuando envíe este formulario, el propietario verá su nombre y dirección de correo electrónico.

1
Rama de la estadística que permite estudiar datos que puede ser resumidos gráfica o numéricamente con un margen de confianza alto (1 Punto)

<input type="radio"/> Inferencial
<input type="radio"/> Descriptiva

2
¿Qué tipo de componentes de los gráficos ayudan a compresión e interpretación? (1 Punto)

<input type="radio"/> Componentes de ejes
<input type="radio"/> Componentes de datos
<input type="radio"/> Componentes decorativas

Figura 2. Ejemplo de los tests y prueba elaborados para el curso.
Fuente: Elaboración propia.

¹ <https://www.asociaciondeinternet.mx>

En la segunda etapa se inició la recopilación de información mediante la aplicación de un test de diagnóstico. El propósito de éste fue evaluar si los estudiantes tienen conocimientos básicos de estadística y están familiarizados con los diferentes tipos de gráficos utilizados para representar datos. Sin embargo, es relevante señalar que este test fue resuelto por los estudiantes en casa, fuera del horario de clase.

Posteriormente, se llevaron a cabo las sesiones de intervención en las que la docente titular de la asignatura llevó a cabo la siguiente secuencia didáctica. En primer lugar, se presentaron los conceptos teóricos del tema utilizando los materiales didácticos desarrollados en la primera etapa sobre seis tipos de gráficos: barras, línea, área, circular, radial e histograma. Luego se solicitó a los estudiantes analizar la información de los ejercicios prácticos, para lo cual los estudiantes requirieron leer cada ejercicio y determinar el tipo de gráfico idóneo para presentar los datos. Sus respuestas se plasmaron en una tabla, indicando para cada ejercicio el gráfico seleccionado y justificando su elección, con la restricción de no repetir ningún tipo de gráfico. Una vez entregada la hoja de respuestas a la docente, se procedió a analizar el conjunto de respuestas de cada ejercicio, con el objetivo de comprender las razones detrás de la elección de cada tipo de gráfico. Finalmente, se pidió a los estudiantes que construyeran el gráfico para cada ejercicio.

El grupo especial del estudio recibió apoyo e intervención directa por parte de la docente, mientras que los dos grupos de control utilizaron material didáctico y tutoriales como recursos de apoyo en la construcción de los gráficos. Además, se solicitó a los estudiantes que completaran los tests de autoevaluación después de cada intervención de la docente, actividad que se llevó a cabo fuera del horario de clase por parte de los estudiantes.

En la sesión siguiente, se aplicó la prueba de evaluación, la cual incluye tres ejercicios. En cada ejercicio los estudiantes repitieron el proceso para resolver el problema, comenzando por seleccionar el tipo de gráfico adecuado para representar los datos y construyendo dicho gráfico. Se asignaron 120 minutos para completar la prueba, cronometrando 40 minutos por ejercicio. Además, se permitió a los estudiantes regresar a ejercicios anteriores en caso de que les quedara tiempo adicional.

En la tercera etapa, se llevó a cabo la revisión y análisis de los resultados obtenidos de los tests de autoevaluación que se aplicaron a los estudiantes durante la segunda etapa. Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos en la prueba de evaluación, donde se revisó cuantitativamente la cantidad de estudiantes que seleccionaron el gráfico adecuado, y cualitativamente se revisó la calidad de las representaciones visuales, considerando la claridad en la visualización de las partes del gráfico.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el estudio, poniendo énfasis, particularmente, en la evaluación de las pruebas de control realizadas acerca de las dificultades encontradas por los estudiantes.

Los ejercicios de clase, al igual que la prueba, corresponden a actividades de aplicación práctica. Aquí se pudo observar que el desempeño de los estudiantes de los tres grupos fue mejor en los primeros tests y durante los ejercicios de clase. En la Figura 3 se puede ver cómo en G1 hay un incremento en la cantidad de aprobados, aunque también de reprobados. De igual forma, se puede notar que el desempeño en el test 3 es menor que en los tests 1 y 2, también se observa que se obtuvieron mejores resultados en los ejercicios de clase que en la prueba final.

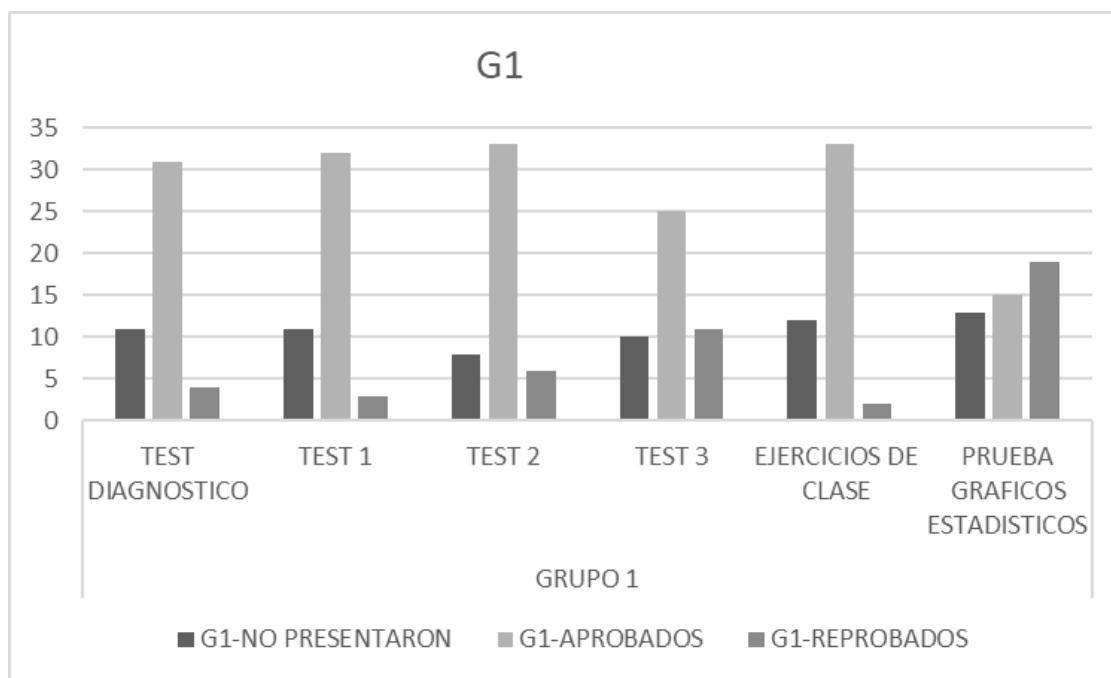


Figura 3. Niveles obtenidos en los instrumentos en el Grupo 1.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de G2, se presenta una mayor homogeneidad en los resultados de los tests. A pesar de que obtuvieron un resultado menos favorable, en este caso la diferencia resultó menos marcada que en el caso de G1. Nuevamente, los resultados de la prueba presentan menos aprobados que los ejercicios de clase y, de igual forma, más reprobados (Figura 4), lo que indica que su desempeño en la prueba independiente es menor que en los ejercicios en los que los estudiantes contaron con apoyo de la docente.

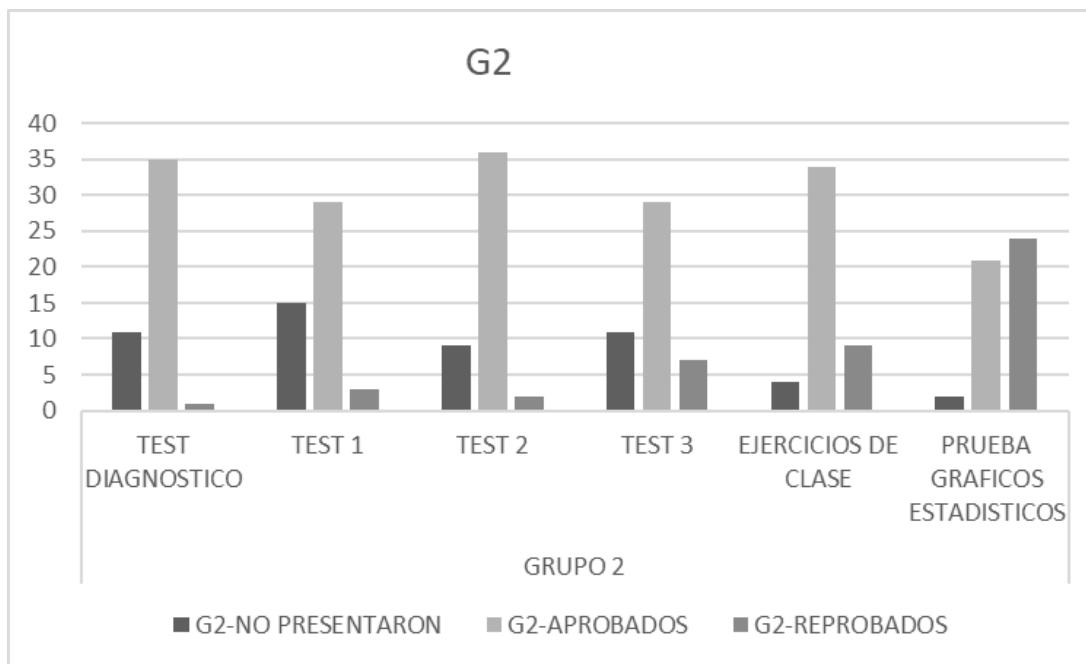


Figura 4. Niveles obtenidos en los instrumentos en el Grupo 2.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la Figura 5, se puede notar que las variaciones en los resultados de los tests son muy similares a los otros grupos; sin embargo, resalta el hecho de que el nivel de reprobados en las pruebas de gráficos es menor en G3 que en los demás grupos.

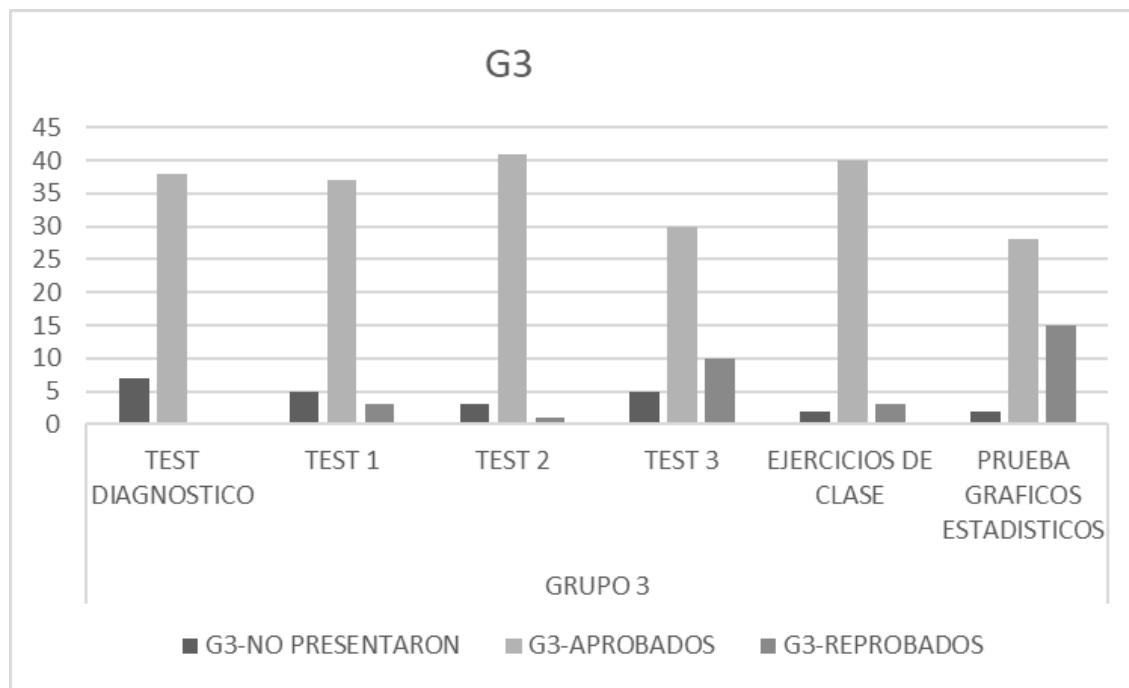


Figura 5. Niveles obtenidos en los instrumentos en el Grupo 3.
Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que este resultado tuvo relación con la intervención y las características actitudinales del grupo. El seguimiento más cercano y oportuno que recibieron los estudiantes del grupo 3 no parece tener un efecto contundente en la cantidad de aprobados, pero sí reduce significativamente la cantidad de reprobados de las pruebas.

En las Figuras 3, 4 y 5, se puede observar cómo en los tests 1 y 2 los estudiantes de los tres grupos obtienen resultados homogéneos favorables, tanto en un mismo grupo como entre los diferentes grupos.

Por otro lado, en los tres casos se muestra un desempeño menor en el test 3 que en los demás. Es importante recordar que el test 3 presenta, además de los contenidos conceptuales, dos preguntas de aplicación práctica. Se infiere que es precisamente por esta característica que se obtuvieron resultados más bajos. Nuevamente, los estudiantes presentaron un avance más rápido en la comprensión de conceptos que en la aplicación práctica y la resolución de problemas, lo que parece natural por las diferencias en sus modelos de dominio.

Los estudiantes presentaron mayor dificultad para trabajar con los gráficos tipo radial y circular. Se deduce que aquí se involucran dos factores: (1) los mismos estudiantes expresaron que no habían trabajado en la construcción de estos gráficos anteriormente y (2) el nivel de dificultad incrementó al convertir los datos a la representación gráfica, pues esto implicó hacer una conversión en grados en lugar de unidades lineales, como en el caso del gráfico de barras.

En los ejemplos de gráficos adecuados se muestra cómo algunos de los estudiantes sí lograron los objetivos de la unidad trabajando efectivamente desde la selección de los gráficos más adecuados para la presentación de los datos hasta la construcción precisa de los gráficos a mano (Figura 6).

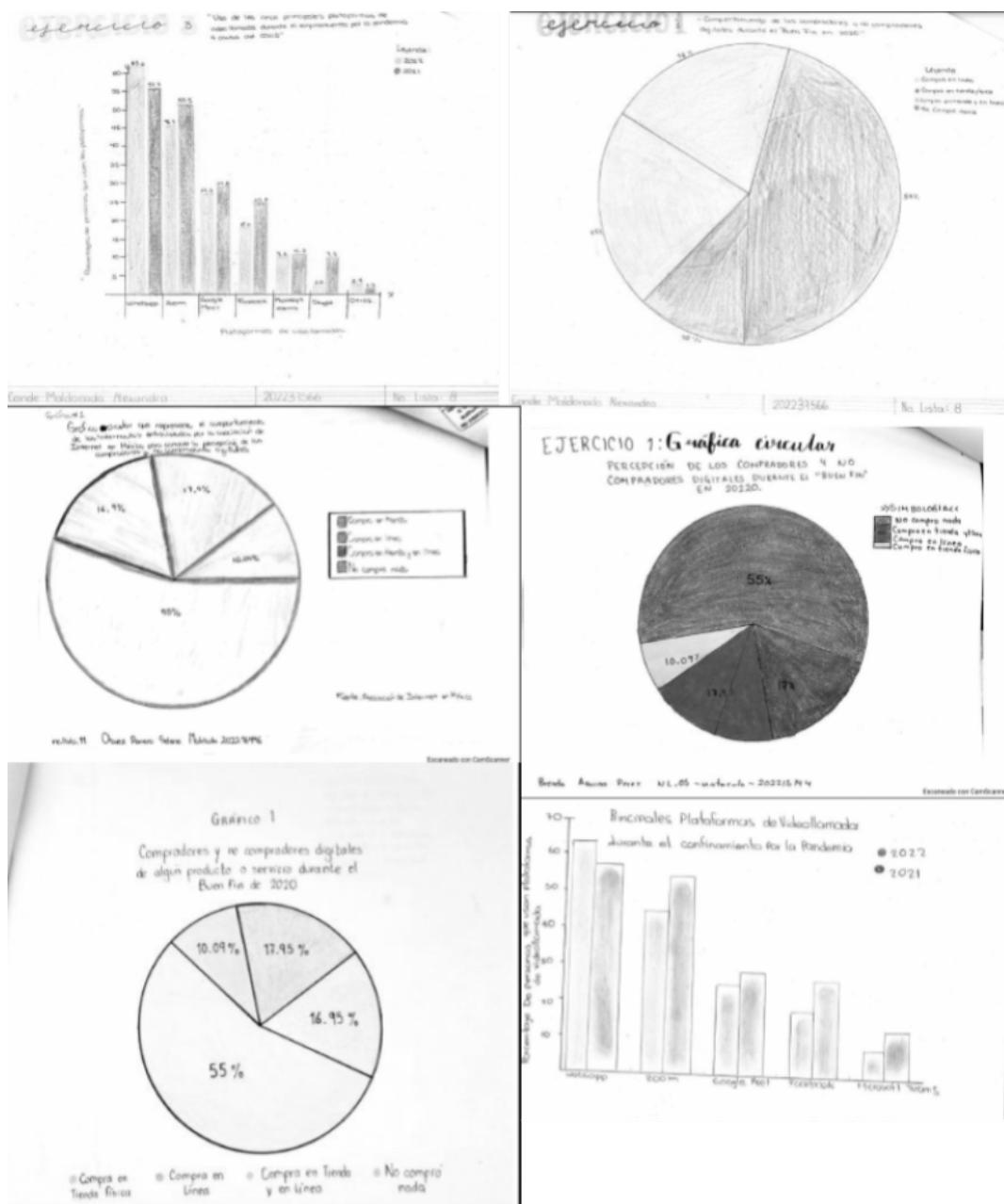


Figura 6. Ejemplos de gráficos adecuados desarrollados por los estudiantes.
Fuente: Registro fotográfico de los autores.

Los estudiantes comprenden la lógica de la construcción del gráfico y pueden llevar a cabo una construcción efectiva incluyendo sus elementos de manera completa y correcta. Esto implica lo que la teoría denomina conocimiento estratégico del dibujo (Rellensmann *et al.*, 2020), que abarca una selección y construcción adecuadas.

En los ejemplos de gráficos deficientes se puede notar que los estudiantes cometen errores, tanto en la selección del gráfico como en sus elementos (Figura 7). Por ejemplo, se aprecia en la gráfica circular de la columna izquierda que uno de los sectores está etiquetado como 198%. Estos errores implican una falta de conocimiento estratégico del dibujo.

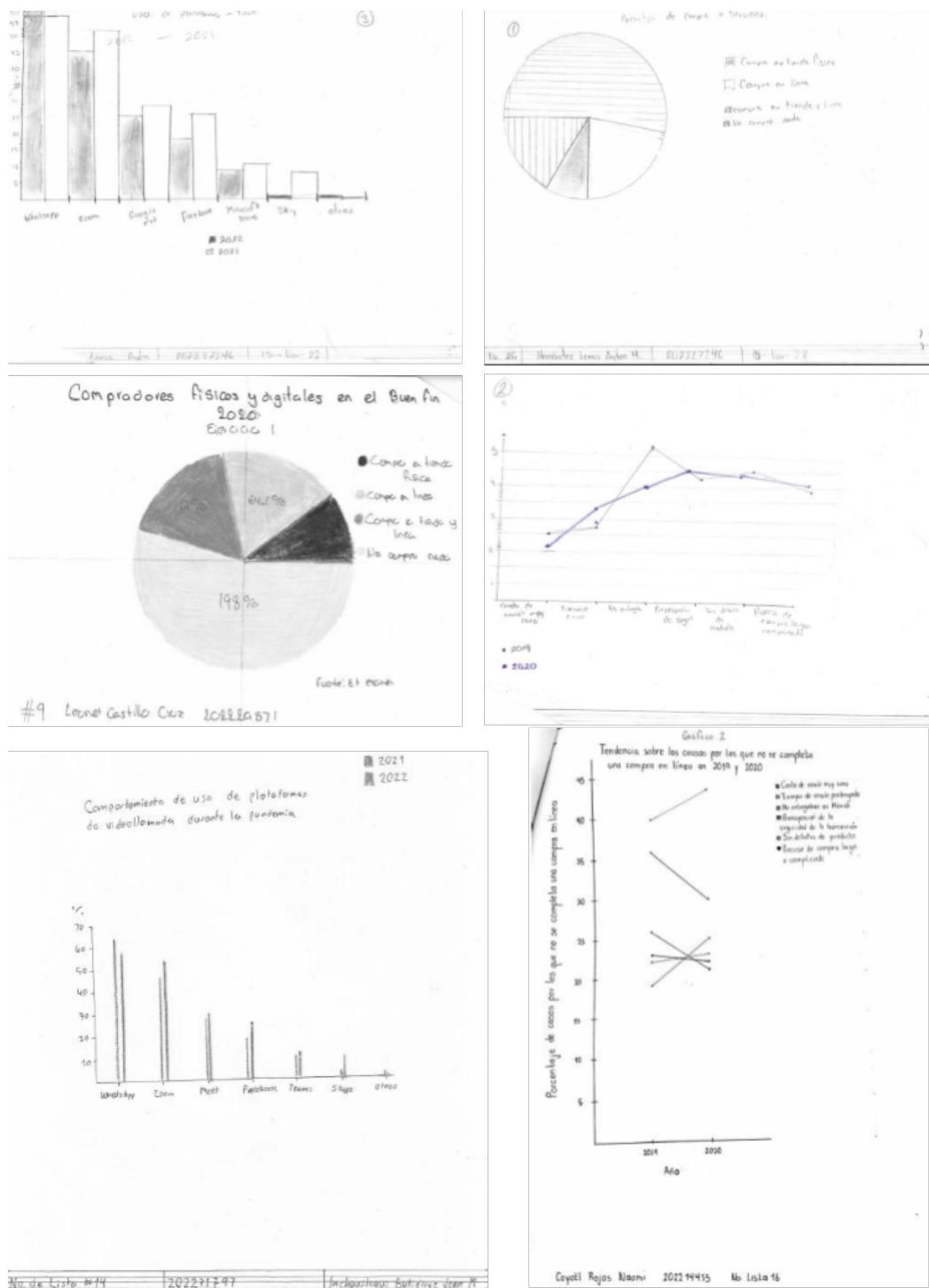


Figura 7. Ejemplos de gráficos deficientes desarrollados por los estudiantes.
Fuente: Registro fotográfico de los autores.

Vale la pena recalcar que, a pesar de que los ejercicios revelan que aún existen dificultades en su resolución, pues se siguen cometiendo errores, se nota un avance en el aprendizaje de los estudiantes y en la construcción de los gráficos.

Discusión

Para interpretar los resultados obtenidos, es fundamental comprender ciertos aspectos específicos del estudio que influyen en el proceso educativo desarrollado durante la intervención. En primer lugar, el estudio se llevó a cabo en el marco de una unidad del curso Matemáticas para el Diseño, dedicada al estudio de la estadística. Esto implica que el tiempo destinado a la enseñanza por parte de la docente, como el tiempo de práctica de los estudiantes en relación con el aprendizaje estadístico, fue limitado y no abarcó todo el curso. El curso se llevó a cabo en modalidad híbrida y está en proceso de rediseño de sus contenidos, por lo que la intervención ocurre durante un periodo de transición entre la versión anterior y la nueva, lo cual fue cuidadosamente considerado por la docente. El primer aspecto es relevante, ya que el tiempo dedicado al aprendizaje de un nuevo saber es clave para que un conocimiento perdure (Hammadi *et al.*, 2023; Hayn-Leichsenring *et al.*, 2022). Por tanto, era importante considerar el tiempo que se dedicó en las sesiones de la clase para la interpretación de los resultados.

En cuanto a las características de la población, a diferencia de los grupos 1 y 2, los participantes del grupo 3 se mostraron más abiertos, más participativos, con una mejor actitud y más assertivos en la expresión de sus dudas. De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo, no se evidencia una diferencia significativa entre los grupos; sin embargo, en la evaluación cualitativa sí se presenta una diferencia durante el aprendizaje. A través del análisis detallado de los trabajos de los estudiantes se observan avances en la comprensión conceptual y en la aplicación práctica. Estos pequeños avances parecen estar relacionados con el factor tiempo, ya que se muestra un avance con respecto al inicio de la unidad.

Según autores como Brendefur *et al.* (2013) y Lazarova *et al.* (2022), el desarrollo de aprendizajes de razonamiento matemático requiere más práctica y tiempo que los conceptuales. El avance en los conocimientos conceptuales requiere de un ejercicio de memoria y relación, mientras que el razonamiento requiere la aplicación de otras habilidades que lleva más tiempo desarrollar. Esto podría explicar los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los instrumentos.

En el periodo de tiempo en el que se trabajó el tema de estadística dentro del programa de Matemáticas para el Diseño, los estudiantes sí lograron incrementar su comprensión conceptual; sin embargo, los resultados de la prueba confirmaron que la parte de habilidades para la aplicación práctica requiere de más ejercicios y más tiempo. Los aspectos conceptuales pueden ser apropiados más rápidamente, pero, en el caso de los aspectos prácticos, estos requieren de suficientes ejercicios en un periodo de tiempo de manera concentrada e incremental.

Dicho de otra forma, se requiere de disciplina, práctica y tiempo para poder desarrollar las competencias relacionadas con la interpretación de información estadística y la construcción correcta y adecuada de un gráfico. Los resultados muestran evidencia de una fase inicial de este proceso gradual de desarrollo, donde los estudiantes pueden identificar algunos aspectos y resolver parcialmente el problema de la interpretación-representación, aunque todavía no en su totalidad. Las evidencias muestran que los estudiantes obtienen mejores resultados en los ejercicios de evaluación relacionados con conocimientos conceptuales que en aquellos de aplicación práctica para la resolución de problemas y construcción de gráficos estadísticos.

Si se consideran estos resultados y el método de investigación-acción con la intención de propiciar una mejora en la práctica educativa, en términos didácticos se recomienda que en las futuras iteraciones del curso se trabajen ejercicios de aplicación práctica de los conceptos desde una etapa temprana del curso. Esto tiene la finalidad de que los estudiantes acumulen más horas de práctica para desarrollar habilidades relacionadas a la resolución de problemas y el razonamiento matemático y que logren mejores resultados en el aprendizaje.

En los trabajos de los estudiantes se puede ver que logran una estructuración adecuada a pesar de los errores de forma e identificación de elementos. Esto remite a la aplicación de conocimiento derivado de un aumento en su nivel de alfabetización estadística, pues como se señala en el apartado teórico, se percibe una relación entre los datos y lo que éstos quieren narrar (Rubel *et al.*, 2021).

En las gráficas se puede notar cómo el G3 obtuvo resultados, en lo general, más satisfactorios y un rendimiento mayor tanto en la comprensión conceptual como en los ejercicios de aplicación práctica (Figura 5), en comparación con G1 y G2. Para lo anterior, los trabajos de los estudiantes se revisaron y clasificaron de la siguiente manera: (1) gráficas exitosas, (2) gráficas inadecuadas y (3) gráficas con errores.

Se consideraron exitosas aquellas que resolvían adecuadamente la gráfica, pues mostraban una concordancia en relación con lo enunciado por el problema solicitado en la prueba de gráficos estadísticos, la forma de representación visual elegida y todos los elementos estructurales indicados durante las sesiones de la clase (Figura 6). Por su parte, las gráficas inadecuadas son aquellas en que la solución dada no correspondía a una visualización que tuviera relación con el problema enunciado y además podían presentar algún fallo u omisión en sus elementos estructurales (Figura 7). Finalmente, las gráficas con errores fueron aquellas en que se tenía una gráfica adecuada de acuerdo con el problema enunciado, pero que presentaba algún fallo u omisión en sus elementos estructurales.

Las referencias teóricas de la investigación permitieron valorar cualitativamente el desarrollo del conocimiento en función de las cualidades del trazo observable de las representaciones construidas por los estudiantes (Rellensmann *et al.*, 2017), tanto en los casos donde fueron bien resueltas como en los casos donde no lo fueron, ya que funcionan como representaciones gráficas.

Así, en ambos casos se encontraron soluciones en donde la estructura muestra claramente una gráfica con características identificables; y situándonos en el nivel de aprendizaje, se aprecia un esmero en el trazo, lo que se puede identificar al ver precisión en las líneas, un uso de tonalidades para separar los valores y un esfuerzo tipográfico, indicadores valiosos del aprendizaje de un estudiante de diseño gráfico.

Los resultados anteriores permiten confirmar los hallazgos descubiertos en el primer estudio respecto de las características de los estudiantes y su forma de abordar los problemas de visualización estadística. De igual manera, se ha obtenido evidencia de que las intervenciones realizadas han tenido un impacto positivo en el desarrollo del aprendizaje; sin embargo, todavía hay camino por recorrer para obtener una estrategia de enseñanza y aprendizaje que agilice el proceso, resuelva las deficiencias y motive a los estudiantes de diseño en su acercamiento a la visualización de datos estadísticos.

Este estudio ha permitido identificar los fallos recurrentes que presentan los estudiantes de diseño gráfico al hacer visualización mediante gráficas estadísticas: deficiencias en su conocimiento previo acerca de los diferentes tipos de gráficas, dificultad para relacionar el conocimiento teórico con la práctica y fallas en su capacidad de dibujar gráficas estructuralmente adecuadas.

Por otro lado, la investigación-acción facilitó realizar una revisión retrospectiva de ambos estudios, lo cual permite comparar la labor docente y conocer si ésta ha evolucionado en la asignatura. Adicionalmente, ha dado indicios de que la solución debe considerar el tiempo disponible y la relevancia de los materiales didácticos explicativos para la experiencia de aprendizaje. Además, brinda la oportunidad de evaluar si ha habido cambios en la forma en que los estudiantes de diseño gráfico aprenden y desarrollan habilidades, lo que proporciona elementos para documentar y retroalimentar el estudio, especialmente respecto a identificar las dificultades en su aprendizaje.

De esta manera, se puede obtener una perspectiva de los cambios graduales que han ocurrido, respaldando así la teoría planteada (Janse van Rensburg, 2022), siendo especialmente valiosa para los profesores, pues permite mejorar la práctica docente, entender esta práctica y comprender el contexto y situaciones en que ocurre la enseñanza (Edwards-Groves & Rönnerman, 2022).

La parte conceptual de la intervención ayudó a la consolidación del conocimiento estratégico del dibujo en los estudiantes, tal como lo definen Rellensmann *et al.* (2020). En las evidencias gráficas se pudo observar cómo comienzan a relacionar la parte gráfica con la matemática como un proceso de asignación de significados que se traducen de un lenguaje a otro. Este es un paso muy importante en la alfabetización estadística y la capacidad de visualización de datos, como lo mencionan Eichler & Zapata-Cardona (2016), ya que justamente se relaciona con la capacidad de extraer valor de los datos. El conocimiento estratégico de los gráficos estadísticos no puede surgir únicamente a partir de una interacción conceptual, es necesario llevar a cabo ejercicios y resolver una diversidad de problemas para consolidar la parte de las habilidades.

A partir del análisis de los resultados, se pudo constatar que el desarrollo de gráficos estadísticos es una actividad que exige, por parte del estudiante de diseño, un conjunto específico de conocimientos y habilidades. Este conjunto de conocimientos tiene bases en la actividad de configuración gráfica, en la disciplina de las matemáticas y en la convergencia de ambas como medios de representación de información.

Lo importante, como lo mencionan Eichler & Zapata-Cardona (2016), es que los estudiantes van más allá de la frontera de la pura representación gráfica y empiezan a ser capaces de extraer valor y significado de los datos, al mismo tiempo que aprenden a traducir gráficamente, esto es lo que se espera de los futuros profesionales del diseño en estos tiempos (Usova & Laws, 2021).

La aportación de esta investigación es identificar las situaciones problemáticas que los estudiantes de diseño gráfico presentan al momento de aprender matemáticas y conocimiento estadístico. Esto es relevante porque pone en evidencia áreas de mejora en la práctica docente, permitiendo al profesorado identificar dichas situaciones y proponer estrategias para abordarlas. De este modo, se facilita que los estudiantes mejoren su competencia y desarrollen habilidades en visualización de datos.

A partir de estos hallazgos, se espera implementar una estrategia de enseñanza mejorada que impacte en el aprendizaje de los estudiantes y que incluya los siguientes aspectos: Dar mayor profundidad a conceptos clave, dedicar más atención al proceso de elaboración de los gráficos y generar tácticas de socialización del conocimiento, de actividades en equipo y reajuste de los contenidos del curso y de los materiales de aprendizaje.

Conclusiones

La educación matemática, anteriormente considerada un complemento opcional en la disciplina del diseño gráfico, es hoy día indispensable, puesto que la representación de objetos matemáticos es esencial dentro del proceso comunicativo. Este estudio ha permitido profundizar en cómo los estudiantes de diseño gráfico desarrollan un pensamiento matemático enfocado en la elaboración de gráficas estadísticas, para poder desarrollar estrategias de diseño de información aplicadas en la visualización de datos, lo que enriquecerá su práctica profesional.

Los resultados más favorables del G3 dejan claro que un acompañamiento más cercano y oportuno de los procesos para generar los gráficos tienen un efecto positivo en los estudiantes, ayudándoles a comprender mejor el lenguaje estadístico e incrementando su rendimiento general en la construcción de gráficos estadísticos.

A partir de los resultados del estudio, queda claro que el tiempo y la práctica son factores clave para el aprendizaje óptimo de la Dataviz. Los estudiantes requieren de mayor tiempo y práctica con ejercicios de aplicación para lograr el dominio de estas tareas. Esto es determinante en el desarrollo de habilidades de razonamiento aplicadas a la resolución de problemas, en este caso: el generar el gráfico adecuado, completo y con todas las características necesarias para ser efectivo en la representación de datos estadísticos. Entonces, se debe dedicar más tiempo a la práctica de ejercicios, así como a la resolución de problemas en los que se apliquen las habilidades a desarrollar. Didácticamente se recomienda comenzar con ejercicios prácticos desde una etapa más temprana del curso, paralelo al abordaje conceptual de los temas.

Otro factor que resultó determinante fue la retroalimentación oportuna al momento de realizar los ejercicios de práctica. Este modelo de evaluación formativa resultó más efectivo que una retroalimentación de formato sumativo, entregada una vez que se habían concluido los ejercicios.

De igual forma, se requiere que los estudiantes de diseño logren cierta suficiencia en el manejo del lenguaje matemático y su respectiva traducción al lenguaje común y gráfico, algo a lo que, en general, no están habituados ni preparados para hacer.

Un punto que no fue posible determinar fue si la actitud positiva de los estudiantes del G3 fue causa o efecto de la intervención que aplicó la docente. Una futura investigación podría medir el efecto de la motivación y evaluar cómo este factor contribuye a una mejor dinámica de trabajo con el grupo, o si es la dinámica de atención oportuna y de seguimiento cercano la que influye en la motivación que presentan los estudiantes.

En cuanto a las limitaciones del estudio, se encuentra: (1) que la investigación únicamente se llevó a cabo en una institución educativa y (2) que se contó con un tiempo limitado para la aplicación de la intervención y la recolección de datos, ya que el tema de estadística sólo se considera en una unidad del plan de asignatura. Por lo anterior, este texto no pretende hacer generalizaciones, sino presentar información de valor sobre los casos analizados para referencia de futuras investigaciones sobre la misma línea.

Conflictos de interés

Los autores no tienen conflictos de interés con instituciones u organizaciones gubernamentales, académicas o privadas, relacionadas con los temas que trata esta investigación.

Referencias

- Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52, 215-241. <https://doi.org/10.1023/A:1024312321077>
- Asamoah, D. (2022). Improving data visualization skills: a curriculum design. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 18(1), 213-235. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1345404>
- Batanero, C., & Díaz, C. (2011). *Estadística con proyectos*. Universidad de Granada.
- Binder, K., Krauss, S., & Bruckmaier, G. (2015). Effects of visualizing statistical information—An empirical study on tree diagrams and 2×2 tables. *Frontiers in Psychology*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01186>
- Brendefur, J. L., Thiede, K., Strother, S., Bunning, K., & Peck, D. (2013). Developing mathematical thinking: changing teachers' knowledge and instruction. *Journal of Curriculum and Teaching*, 2(2), 62-75. <https://doi.org/10.5430/jct.v2n2p62>
- Contreras, J. M., Molina, E., Martínez, F., & Ruz, F. (2021). Disposiciones de ciudadanos españoles ante noticias con gráficos relacionadas con la COVID-19. *Sociología y Tecnociencia*, 11(2), 196-212. <https://revistas.uva.es/index.php/sociotecno/article/view/5185>
- Edwards-Groves, C., & Rönneman, K. (2022). Action Research conceptualised in seven cornerstones as conditions for transforming education. *IJAR - International Journal of Action Research*, 18(2), 116-133. <https://doi.org/10.3224/ijar.v18i2.03>
- Eichler, A., & Zapata-Cardona, L. (2016). *Empirical research in statistics education*. Springer Open. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-38968-4>
- Eikeland, O., Frimann, S., Hersted, L., & Borup, J. (2022). Are action researchers mixed up? Reviewing and revising basic assumptions, concepts, and terminology in and by means of action research. *IJAR - International Journal of Action Research*, 18(2), 165-182. <https://doi.org/10.3224/ijar.v18i2.06>
- Engel, J., Ridgway, J., & Weber, F. (2021). Educación estadística, democracia y empoderamiento de los ciudadanos. *Paradigma*, 42(1), 01-31. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.p01-31.id1016>
- Forbes, S., Chapman, J., Harraway, J., Stirling, D., & Wild, C. (2014). Use of data visualisation in the teaching of statistics: a New Zealand perspective. *Statistics Education Research Journal*, 13(2), 187-201. <https://doi.org/10.52041/serj.v13i2.290>
- Hammadi, S. S., Majeed, B. H., & Hassan, A. K. (2023). Impact of deep learning strategy in mathematics achievement and practical intelligence among high school students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 18(6), 42-52. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i06.38615>
- Hayn-Leichsenring, G. U., Vartanian, O., & Chatterjee, A. (2022). The role of expertise in the aesthetic evaluation of mathematical equations. *Psychological Research*, 86(5), 1655-1664. <https://doi.org/10.1007/s00426-021-01592-5>
- Isaza, Y. L., & Escobar, J. V. (2024). Análisis de la educación matemática crítica como posible guía para el diseño de estrategias metodológicas. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 17(1), 376-397. <https://doi.org/10.15332/25005421.9492>
- Janse van Rensburg, A. (2022). Retrospective action research on facilitating equitable learning outcomes in a diverse class. *IJAR - International Journal of Action Research*, 18(3), 247-267. <https://doi.org/10.3224/ijar.v18i3.04>
- Kirk, A. (2020). Data visualisation literacy – Learning to see. *Revista de Contabilidad y Dirección*, 31, 37-48. https://accid.org/wp-content/uploads/2021/12/Data-Visualisation-Literacy-Learning-to-See_watermark-1.pdf
- Lazarova, L. K., Stojkovicj, N., Stojanova, A., & Miteva, M. (2022). Application of graph theory in teaching and understanding of the mathematical problems. En *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 1594-1601. <https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766566>
- Luna-Gijón, G., & Ruiz-Morales, Y. E. (2023). Enseñanza de las matemáticas en diseño gráfico para aprender visualización de datos y diseño de información. *Acta Universitaria*, 33, 1-25. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3572>

- Maltese, A. V., Svetina, D., & Harsh, J. A. (2015). Research and teaching: data visualization literacy: investigating data interpretation along the novice-expert continuum. *Journal of College Science Teaching*, 45(01), 84-90. https://doi.org/10.2505/4/jcst15_045_01_84
- National Research Council. (1990). *Reshaping school mathematics: a philosophy and framework for curriculum*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/1498>
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Rellensmann, J., Schukajlow, S., & Leopold, C. (2017). Make a drawing. Effects of strategic knowledge, drawing accuracy, and type of drawing on students' mathematical modelling performance. *Educational Studies in Mathematics*, 95(1), 53-78.
<https://doi.org/10.1007/s10649-016-9736-1>
- Rellensmann, J., Schukajlow, S., & Leopold, C. (2020). Measuring and investigating strategic knowledge about drawing to solve geometry modelling problems. *ZDM Mathematics Education*, 52, 97-110. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01085-1>
- Rubel, L. H., Nicol, C., & Chronaki, A. (2021). A critical mathematics perspective on reading data visualizations: reimagining through reformatting, reframing, and renarrating. *Educational Studies in Mathematics*, 108, 249-268. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10087-4>
- Salcedo, A., González, J., & González, J. (2021). Lectura e interpretación de gráficos estadísticos, ¿cómo lo hace el ciudadano?. *Paradigma*, 42(1), 61-88. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.p61-88.id1018>
- Su, C. S., Díaz-Levicoy, D., & Hsu, C. C. (2024). Integración del desarrollo sostenible en la enseñanza de la Estadística y Probabilidades: Un análisis de los libros de texto de Matemática de la Educación Primaria. *Educación y Humanismo*, 26(46), 222-246. <https://doi.org/10.17081/eduhum.26.46.6602>
- Tufte, E. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press.
- Usova, T., & Laws, R. (2021). Teaching a one-credit course on data literacy and data visualisation. *Journal of Information Literacy*, 15(1), 84-95. <https://dx.doi.org/10.11645/15.1.2840>
- Watson, J. M. (2006). *Statistical literacy at schools: growth and goals*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Wheelan, C. (2014). *Naked Statistics*. W.W. Norton & Company.