

Conclusiones

En este capítulo se dan a conocer los hallazgos principales del análisis de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación. Dichos hallazgos están explicitados en las categorías y subcategorías provenientes del análisis documental y de contenido sobre los datos tanto textuales como cuantitativos, y de aplicar procesos de ID a un gran número de fuentes relativas al tema de la estadística no paramétrica en los libros de texto universitarios. Además, los procesos de indagación posibilitaron la formulación de situaciones problema para potenciar la investigación científica en el aula. También se exponen las conclusiones y se indican algunas recomendaciones.

6.1 Hallazgos y discusión de resultados

Los procesos de inferencia estadística pueden ser desarrollados mediante la aplicación de métodos cuantitativos paramétricos o de modelos estadísticos no paramétricos. Los primeros se utilizan cuando se han cumplido determinados supuestos sobre la forma de la distribución de probabilidad de la población de la cual se ha obtenido la muestra aleatoria que sirve de base para estimar uno o más parámetros desconocidos de la población, construir intervalos de confianza para tales parámetros o generar regiones críticas para rechazar la hipótesis nula. En diversos casos, se debe cumplir el supuesto de normalidad, entre otros supuestos.

Los modelos estadísticos no paramétricos son técnicas estadísticas que requieren supuestos más flexibles (Corzo, 2005) o que utilizan estadísticas de prueba libres de distribución (Delicado, 2008), las cuales generalmente se definen a través de los rangos relativos a los datos de la variable o variables por investigar, ya sea que se trate de un problema de inferencia relativo a una muestra aleatoria, dos, tres o más muestras. Este trabajo investigativo ha generado resultados centrados en la aplicación de procesos relacionados con la prueba de hipótesis mediante métodos no paramétricos clásicos (Ríos y Peña, 2020), en situaciones concretas susceptibles de promover la investigación científica desde los claustros universitarios.

Con base en el análisis documental y de contenido se ha determinado que, con frecuencia, los libros de texto universitarios dedican varios de sus capítulos a abordar tópicos acerca del análisis exploratorio de datos, la inferencia estadística paramétrica, y una gran variedad de modelos estadísticos soportados en el uso de variables aleatorias, entre otros, pero solamente destinan un capítulo a presentar algunos métodos no paramétricos acompañados de ejemplos de tipo académico con poco énfasis en la investigación formativa y sin el suficiente soporte desde la teoría estadística; por consiguiente, sería deseable incluir elementos teóricos semejantes a los expuestos en Hettmansperger (1984), Hájek *et al.* (1999), Corzo (2005), Wasserman (2006) o Delicado (2008).

Aunque los modelos estadísticos no paramétricos son herramientas estadísticas robustas con un gran potencial para desarrollar procesos de investigación científica, entre otros, en las ciencias naturales, en las

ciencias sociales y de la conducta, en los libros de textos del nivel universitario no se les ha otorgado el sitio que se merecen, a pesar de que tales modelos son versátiles y pueden utilizarse en diversas carreras universitarias como la psicología, la sociología, la administración de empresas, la economía, la biología, la química, las ingenierías, la estadística misma y la simulación, entre otras (Vera et al., 2021). Además, en algunos textos universitarios se ha evidenciado que dichos modelos posibilitan efectuar una moderada transposición didáctica de las pruebas de hipótesis en la forma como lo expone Chevallard (1991).

En los libros de texto universitarios que incluyen un solo capítulo referido al análisis de algunos métodos no paramétricos se ha demostrado que utilizan distintos enfoques didácticos que van desde el tratamiento algorítmico de las técnicas estadística con la aplicación directa de fórmulas para testear hipótesis (Canavos, 1988; Freund y Miller, 2000) hasta aquellos que, con la intervención apropiada del profesor universitario, pueden promover el trabajo investigativo en el estudiantado (Siegel, 1970; Lehmann y D'Abbrera, 1975).

En este trabajo se han aportado diversas situaciones problema para promover la investigación científica desde el aula, las cuales se soportan en un conjunto estructurado de pasos para comprobar las hipótesis de manera semejante a como se exponen en Burbano y Valdivieso (2016). Este tipo de procesos pueden ser complementados por el profesor con la ayuda del modelo expuesto por Wild y Pfannkuch (1999).

La revisión de literatura ha permitido establecer que la escogencia del modelo estadístico no paramétrico está relacionada con el tipo de escala

con la cual se han medido los datos de la variable de interés (Vera et al., 2021). Además, se ha determinado que cuando los datos pertenecen a una variable en escala nominal o categórica no existen pruebas paramétricas para testear las hipótesis; en ese caso ha de recurrirse a una prueba no paramétrica basada en la distribución binomial. Varias de las pruebas no paramétricas se fundamentan en estadísticas definidas a través de la teoría de rangos, de modo que los datos han de medirse al menos en una escala ordinal o corresponder a puntajes (Randles y Wolfe, 1979).

Los resultados también han demostrado un bajo porcentaje de contenidos referidos a las pruebas no paramétricas en los libros de texto; para mitigar este tipo de deficiencia, en esta obra de investigación se han expuesto diversas situaciones problema que, a criterio de los autores, pueden promover el acrecentamiento de procesos investigativos en el estudiantado universitario, los profesores y los profesionales desde una mirada cuantitativa. Tales situaciones están relacionadas con la prueba basada en la distribución binomial, la chi-cuadrado y la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra; las pruebas de MacNemar, del signo, la del rango signado de Wilcoxon y la Mann-Whitney para dos muestras; las pruebas de Kruskal-Wallis, Friedman para k muestras; esto no excluye el uso de pruebas no paramétricas adicionales reportadas en textos especializados sobre el tema.

Los hallazgos también permitieron determinar que existen libros especializados que tratan diversos tópicos acerca de los modelos estadísticos no paramétricos, tanto desde un punto de vista clásico como contemporáneo, los cuales manejan diferentes niveles de profundización y tratamiento formal. Entre tales obras se pueden mencionar: el libro de Lehmann y D'Abrera (1975), Randles y Wolfe (1979), Hettmansperger

(1984), Manoukian (1986), Hájek *et al.* (1999), Lehmann y Casella (2001), Corzo (2005), Wasserman (2006) y Marshal y Olkim (2007).

Para terminar es conveniente mencionar que para el diseño e implementación de obras como el presente libro de investigación es pertinente asumir un marco teórico que sirva de referencia y posibilite elaborar una metodología que trace un camino para seguir durante el proceso de indagación; además, que permita realizar un tratamiento sistemático de la información obtenida de diversas fuentes documentales, tales como libros de texto universitarios, artículos, libros especializados referidos a los modelos estadísticos no paramétricos, ponencias, trabajos de pregrado, maestría o doctorado. En este campo, según Burbano *et al.* (2021), cuando el investigador y sus colaboradores tienen acceso a un conjunto amplio de fuentes (primarias y secundarias), es conveniente usar técnicas de investigación documental, de análisis textual y de tratamiento de contenido (Bardín, 1986) con la finalidad de enriquecer paulatinamente la obra que se está elaborando. Para ello, también es pertinente acudir al análisis interpretativo a través de la hermenéutica (Guevara, 2015; Burbano, 2017), con el propósito de construir un manuscrito con altos niveles de originalidad en concomitancia con la ID (Uribe, 2005) y con metodologías que propicien la promoción de la investigación científica y formativa desde el aula.

6.2 Principales conclusiones

Con fundamento en el marco conceptual y metodológico se concluye que los modelos estadísticos no paramétricos se han de utilizar solamente cuando en la prueba de hipótesis resulte improcedente la aplicación de

los métodos paramétricos de inferencia estadística; esto implica que es conveniente comenzar por verificar los supuestos sobre la forma de la distribución de probabilidad que subyace tras la población de donde se ha seleccionado la muestra, y si hay incumplimiento de tales supuestos, entonces se emplean tales modelos.

Los hallazgos demuestran que los libros de texto universitarios de estadística presentan bajos porcentajes de contenidos referidos al uso de los métodos no paramétricos y se focalizan principalmente en tópicos de estadística descriptiva, probabilidad, distribuciones de probabilidad, inferencia estadística paramétrica, modelos de regresión y elementos de diseño experimental, entre otros; de allí que sea necesario consultar libros especializados en estadística no paramétrica a fin de abordar con suficiente profundidad los temas sobre este tipo de estadística, para aplicarlos en procesos de investigación científica a través de la prueba de hipótesis.

Los planes curriculares de diferentes carreras (titulaciones) incluyen uno o dos cursos de estadística, dentro de los cuales se da poca prelación al tratamiento y uso de los métodos no paramétricos. Con el presente trabajo se contribuye a la dinamización de la investigación científica con enfoque experimental y se promueven los procesos de investigación desde el aula, porque al aplicar los métodos no paramétricos también se fortalece el uso del método científico que comprende la observación (recogida de datos), la formulación de hipótesis, la prueba de estas (mediante estadísticas basadas en rangos) y la obtención de conclusiones.

En este libro se va más allá del uso cotidiano de la estadística descriptiva y la inferencia estadística paramétrica, pues se hace un aporte epistemológico, didáctico y metodológico, que fortalece el proceso E-A de ciertos tópicos de la prueba de hipótesis mediante las situaciones problema planteadas y resueltas que incluyen el uso de métodos no paramétricos clásicos. Además, la utilización de técnicas relativas al análisis de contenido y de investigación documental ha posibilitado crear espacios de reflexión académica que confirman la necesidad de promover la elaboración de textos universitarios que examinen más ampliamente los aspectos fundamentales y de aplicación de los modelos no paramétricos.

En estas circunstancias, la indagación realizada también genera elementos de juicio para recomendar a los profesores universitarios que utilizan la estadística, que elaboren un análisis crítico desde su actividad académica que les permita seleccionar mejor los libros de texto que emplean para orientar a sus estudiantes, planifiquen e implementen situaciones problema semejantes a las expuestas en esta obra, tendientes a promover la investigación científica desde los claustros universitarios con metodologías alternativas. Desde luego, esta obra puede presentar limitaciones de distinta índole, pero también puede constituirse en un aporte para que otros investigadores produzcan diversos avances en esta dirección.