

Evaluación de los métodos estadísticos utilizados en la investigación agrícola en Veracruz, México, en el año 2018

Evaluation of statistical methods used in agricultural research in the state of Veracruz, Mexico, in 2018

Juan Ruiz-Ramírez ^{a*} | Iván Ruiz-Hernández ^b
Gabriela Eréndira Hernández-Rodríguez ^c | Roberto G. Chiquito Contreras ^d
Héctor Cabrera-Mireles ^e

Recibido: 18 de diciembre de 2024.

Aceptado: 24 de marzo de 2025.

^a Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: jruizuv@uv.mx | ORCID: [0000-0002-6363-7389](https://orcid.org/0000-0002-6363-7389)

*Autor para correspondencia.

^b Consultor independiente. Xalapa, México. Contacto: ivnruiz87@gmail.com | ORCID: [0000-0001-5702-6269](https://orcid.org/0000-0001-5702-6269)

^c Consultor independiente. Xalapa, México. Contacto: gabyerendira@yahoo.com.mx | ORCID: [0000-0002-5667-1167](https://orcid.org/0000-0002-5667-1167)

^d Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: rchiquito@uv.mx | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8381-7507>

^e Campo experimental Cotaxtla. INIFAP. Xalapa, México. Contacto: cabo.cabrera50@gmail.com | ORCID: [0000-0002-1898-4402](https://orcid.org/0000-0002-1898-4402)

Cómo citar:

Ruiz-Ramírez, J., Ruiz-Hernández, I., Hernández-Rodríguez, G. E. y Cabrera-Mireles, H. (2025). Evaluación de los métodos estadísticos utilizados en la investigación agrícola en Veracruz, México, en el año 2018. *UVserva*, (19), 209-224. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi19.3069>

Resumen: Introducción. En la investigación agrícola, comúnmente no se evalúan los supuestos del análisis de varianza, afectando la validez de los resultados de los experimentos. Objetivo. Evaluar la correcta aplicación de los métodos estadísticos utilizados en la investigación agrícola en el estado de Veracruz 2018. Materiales y métodos. Se consideraron 59 capítulos de libro del área agrícola de la Reunión Internacional Científica y Tecnológica de Veracruz 2018, la más importante del sector primario en el estado de Veracruz. Se utilizó el muestreo irrestricto aleatorio y se obtuvo una muestra aleatoria de 37 capítulos, y al calcular la proporción de los trabajos que tenían al menos un método estadístico incorrecto, o que obviaron usarlo, se utilizaron los siguientes criterios de evaluación: a) hipótesis, b) supuestos del ANOVA, c) el valor p , d) la eficiencia relativa de bloques al azar; generando una variable dicotómica con valor de uno si existió al menos un error en la aplicación de los métodos estadísticos, y de cero si se aplicaron correctamente; con ello se calculó un intervalo de confianza del 95% para la proporción. Resultados. El intervalo de confianza al 95% para la proporción fue de [0.4464, 0.74042] y con esto no se rechazó la hipótesis nula. Conclusiones. Se concluye que el 50% de los capítulos de libro del área agrícola evaluados, no utilizaron correctamente los métodos estadísticos.

Palabras clave: Experimentación agrícola; diseños experimentales; supuestos del análisis de varianza; intervalos de confianza; validez.

Abstract: *Introduction. In agricultural research, assumptions of analysis of variance are commonly not evaluated, affecting the validity of experimental results. Objective. To evaluate the correct application of statistical methods used in agricultural research in the state of Veracruz 2018. Materials and methods. Fifty-nine book chapters of the agricultural area of the International Scientific and Technological Meeting of Veracruz 2018, the most important of the primary sector in the state of Veracruz, were considered. Unrestricted random sampling was used and a random sample of 37 chapters was obtained, and in calculating the proportion of papers that had at least one incorrect statistical method, or that obviated using it, the following evaluation criteria were used: (a) hypotheses, (b) ANOVA assumptions, (c) the p -value, (d) the relative efficiency of random blocks; generating a dichotomous variable with a value of one if there was at least one error in the application of the statistical methods, and zero if they were applied correctly; with this, a 95% confidence interval was calculated for the proportion. Results. The 95% confidence interval for the proportion was [0.4464, 0.74042] and with this the null hypothesis was not rejected. Conclusions. It is concluded that 50% of the agricultural book chapters evaluated did not use statistical methods correctly.*

Keywords: *Agricultural Experimentation; Experimental Designs; Assumptions of Analysis of Variance, Confidence Intervals, Validity.*

Introducción

Los métodos estadísticos son importantes en los campos de la agricultura, ciencias sociales, entre otras (Singh y Masuku, 2012). Para conocer cómo han evolucionado los métodos estadísticos y la agricultura, Alonso (1990) realizó un análisis histórico desde finales del siglo XVIII hasta 1990.

Sin embargo, el uso inapropiado de los métodos estadísticos en la investigación del área agrícola, así como las deficiencias en los diseños experimentales, han sido objeto de estudio en diversas investigaciones (Chew, 1976; Petersen, 1977; Johnson y Berger, 1982; Lowry, 1992; Perry, 1986).

Existen problemas en la experimentación agrícola relacionada a la normalidad de la variable dependiente, de la variabilidad entre unidades experimentales y eficiencia de los diseños experimentales de bloques al azar y cuadro latino (Neyman *et al.*, 1935); además, Sánchez *et al.*, (2006) mencionan que el 49.2 % de los trabajos de grado y tesis de Maestría en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, tuvieron al menos un error en la aplicación de los métodos estadísticos; por otra parte, los errores comunes al aplicar el diseño estadístico en la experimentación lo describen Good y Hardin (2012), así como Shrivastava *et al.*, (2018).

En la correcta aplicación de los métodos estadísticos, Ruiz-Ramírez (2010) calculó la eficiencia relativa del diseño de bloques al azar y la calidad de los experimentos de fertilización en el cultivo de caña de azúcar en los estados de Veracruz y Oaxaca, México.

Con respecto a la descripción de tres métodos estadísticos efectivos en la detección de sequías meteorológicas, Campos-Aranda (2014) aplicaron los métodos del déficit probabilístico de precipitación, el índice de precipitación estandarizada y el índice de reconocimiento de sequías. Soto-Bravo y González-Lutz (2019) evaluaron el desempeño de los modelos de las dos áreas: 1) en el análisis de diferencias y (2) en el análisis de regresión lineal simple, y encontraron que el método más apropiado fue el de regresión para el modelo de simulación en el rendimiento comercial del cultivo de tomate.

En varias disciplinas y en algunos casos aplican de manera incorrecta la estadística (Herrera y Duffau, 2001; Sánchez *et al.*, 2006). Los errores detectados son principalmente en la parte metodológica entre los que destacan la falta de verificación de los supuestos de los métodos paramétricos, el no evaluar la eficiencia relativa del diseño experimental y la calidad del experimento, la omisión del planteamiento de las hipótesis a probar; también, en la prueba de hipótesis, ya sea a través del valor de tablas del estadístico de prueba (t-student o F) o con el valor p.

Por su parte, Soto-Bravo y González-Lutz (2019: 533) señalan que cuando se utilizan modelos de simulación en investigación agrícola, la mayoría de los autores utilizan métodos “por costumbre”, evitan los detalles metodológicos básicos y utilizan terminología y simbología que conlleva a ambigüedades y confusión. No se cuestiona si al utilizar un estadístico dado, este podría ser más útil cuando se compara la capacidad de simulación entre dos modelos diferentes, o cuando se compara lo observado con lo simulado en un mismo modelo. Agregan que, la utilización de un método estadístico

apropiado, como es el análisis de regresión utilizado en forma correcta, junto con la experiencia profesional en un área específica, parece ser la combinación más adecuada para evaluar la capacidad de simulación de un modelo y llegar así a inferencias o conclusiones válidas.

A este respecto, Villasís-Keever *et al.*, (2018: 415) indican que “el concepto de validez en investigación se refiere a lo que es verdadero o lo que se acerca a la verdad. En general se considera que los resultados de una investigación serán válidos cuando el estudio está libre de errores. Para establecer si un determinado estudio es válido, se debe analizar la presencia de sesgos (errores sistemáticos) como mínimo en los siguientes puntos: el diseño de investigación, los criterios de selección y la forma de llevar a cabo las mediciones, es decir, la manera de registrar y evaluar las variables de estudio. De esta forma, se considera que un estudio tiene validez interna cuando está libre de sesgos”.

De ahí que sea necesario aplicar correctamente los métodos estadísticos en la investigación agrícola, toda vez que, al hacerlo, los resultados obtenidos proveen de información objetiva y válida a los agentes económicos involucrados en el sector primario para tomar decisiones racionales presentes y futuras con oportunidad y al mínimo costo (IICA, 2015; FAO, 2016). De acuerdo con Camacho y Carbonell (1993) la utilización inadecuada de los métodos estadísticos puede dar lugar a conclusiones erróneas y aun mal empleo de los recursos disponibles con las repercusiones tanto científicas como económicas que ello puede dar lugar.

Para Perry (1986), el uso inadecuado de los métodos estadísticos impide que los investigadores alcancen los objetivos propuestos, complica la interpretación de resultados, evita llegar a conclusiones correctas y resta habilidad para comunicar con sencillez y claridad los resultados y conclusiones, aunado al desperdicio de recursos involucrados en el proceso.

Ante el avance tecnológico, es preciso realizar de manera eficiente la investigación agrícola y aplicar los nuevos métodos estadísticos, como sugieren Soto-Bravo y González-Lutz (2019: 518) al indicar que “la investigación tradicional basada en experimentos de campo tiene un alto costo de inversión en infraestructura, equipo, mano de obra y tiempo”. Por otra parte, Paz *et al.*, (2018), encontraron que, en experimentos en la salinidad del suelo, al introducir el modelo bifásico de Munns y Termmat, que adaptaron para el caso de espacios espectrales de la reflectancia del dosel de un cultivo, reduce de manera importante los costos y tiempos implicados que si se emplearan los diseños experimentales tradicionales.

El problema que se detectó en los artículos publicados en las revistas Terra Latinoamericana del periodo 2014 hasta el volumen 38 (número 3) del 2020; así mismo, con los correspondientes a la revista Agrociencia del periodo 2014 al volumen 54 (número 4) del año 2020; al igual que en los capítulos publicados en el libro denominado “Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo Rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio Climático”, proveniente de los 189 trabajos en extenso presentados en la Reunión Internacional Científica y Tecnológica (RICyT) Veracruz 2018, la cual fue organizada, con la participación de treinta y tres instituciones y organismos del gobierno federal y estatal, así como de cuarenta y dos instituciones de

investigación y enseñanza de áreas afines en un entorno estatal, nacional e internacional (Vinay *et al.*, 2018) es que no se realiza la evaluación de los métodos estadísticos empleados y en particular, en el caso de los Diseños Experimentales, donde no se evalúan los supuestos del análisis de varianza como comúnmente ocurre en las publicaciones de artículos científicos agrícolas, sin considerar que al cumplirlos, se llegan a conclusiones justificables y válidas, como lo indican Trejo y Fernández (2016). En las pruebas de hipótesis, se le da mucha importancia al valor p y en su lugar, Sarria y Silva (2014) se recomienda emplear intervalos de confianza o inferencia bayesiana.

El objetivo planteado es evaluar la correcta aplicación de los métodos estadísticos utilizados en la investigación agrícola en el estado de Veracruz 2018, por lo que la hipótesis planteada es que “el 50% de los capítulos de libro utilizaron de manera incorrecta la aplicación de los métodos estadísticos”. Para poder probar esta hipótesis, el presente artículo se encuentra dividido en cuatro apartados.

En el primer apartado sobre materiales y métodos, se plantean los principales aspectos metodológicos utilizados, tales como el cálculo del tamaño de muestra, el software que se utilizó para dicho cálculo, así como los criterios de evaluación del análisis muestral, la comparación múltiple de medias, el uso del valor p en la prueba de hipótesis y como un caso especial, la inferencia bayesiana.

En el segundo apartado, se presentan los resultados de la evaluación a los 37 capítulos de libro de la RICyT 2018 de acuerdo con los criterios previamente establecidos; mientras que en el apartado de discusión se aborda el tema de la validez acerca de los resultados obtenidos y sus implicaciones en la investigación agrícola, para que, finalmente, se expongan las conclusiones y recomendaciones.

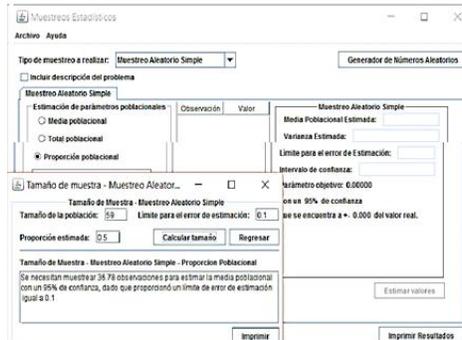
1. Materiales y métodos

En este trabajo se evaluaron los trabajos del área agrícola publicados en la RICyT Veracruz 2018 (Vinay *et al.*, 2018). Se registraron $N=59$ trabajos y para calcular el tamaño de muestra se utilizó el error de estimación de 0.1 con una proporción del 50% de los trabajos en los que se emplea de manera inadecuada los métodos estadísticos el cual es similar a $p=0.492$, tal como lo indican Sánchez *et al.*, (2006) que ocurrió en el total de 179 tesis revisadas en el período 1999-2001 en los trabajos de grado y tesis de Maestría de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Para calcular el tamaño de muestra mediante el muestreo aleatorio simple para la proporción, se puede emplear la fórmula que la describe Sheaffer *et al.*, (1987); Otra opción es utilizar el software libre “Muestreos Estadísticos”, tal como se muestra en la **Figura 1**, donde se obtuvo el tamaño de muestra $n=37$ capítulos del área agrícola.

Figura 1

Cálculo del tamaño de muestra para la proporción del método de muestreo aleatorio simple



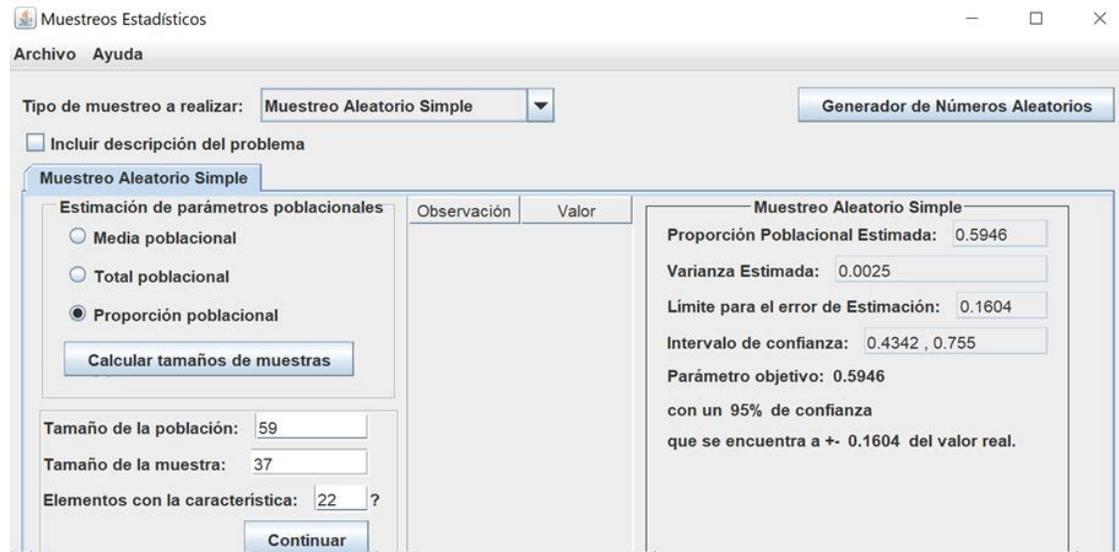
Tipo de muestreo a realizar: **Muestreo Aleatorio Simple** Generador de Números Aleatorios
 Incluir descripción del problema
Muestreo Aleatorio Simple
 Estimación de parámetros poblacionales: Media poblacional, Total poblacional, Proporción poblacional
 Observación: Valor
Muestreo Aleatorio Simple
 Media Poblacional Estimada:
 Varianza Estimada:
 Límite para el error de Estimación:
 Intervalo de confianza:
 Parámetro objetivo: 0.0000
 con un 95% de confianza
 que se encuentra a ± 0.000 del valor real.
 Tamaño de la población: 59 Límite para el error de estimación: 0.1
 Proporción estimada: 0.5 Calcular tamaño Regresar
Tamaño de muestra - Muestreo Aleatorio Simple - Proporción Poblacional
 Tamaño de muestra: 37
 Se necesitan muestrear 37 de las 59 observaciones para estimar la media poblacional con un 95% de confianza, dado que proporcionó un límite de error de estimación igual a 0.1
Estimar valores Imprimir Imprimir Resultados

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que se utilizó en el tamaño de muestra el límite de error de estimación $B=0.10$, el cual se recomienda que sea pequeño y para verificar su valor correcto se usaron los datos de este estudio para calcularlo con apoyo del software “Muestreos Estadísticos” como se indica en la **Figura 2**.

Figura 2

Cálculo del límite de error de estimación para la proporción en el muestreo irrestricto aleatorio



Tipo de muestreo a realizar: **Muestreo Aleatorio Simple** Generador de Números Aleatorios
 Incluir descripción del problema
Muestreo Aleatorio Simple
 Estimación de parámetros poblacionales: Media poblacional, Total poblacional, Proporción poblacional
Calcular tamaños de muestras
 Tamaño de la población: 59
 Tamaño de la muestra: 37
 Elementos con la característica: 22 ?
Continuar
Muestreo Aleatorio Simple
 Proporción Poblacional Estimada: 0.5946
 Varianza Estimada: 0.0025
 Límite para el error de Estimación: 0.1604
 Intervalo de confianza: 0.4342 , 0.755
 Parámetro objetivo: 0.5946
 con un 95% de confianza
 que se encuentra a ± 0.1604 del valor real.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinado el tamaño de muestra, se procedió a identificar a los elementos que conformó la muestra, para ello se realizó la selección aleatoria de los elementos de la población ($N=59$) con apoyo del software “Muestreos Estadísticos” mediante la opción de Generar números aleatorios y se requirió ingresar el tamaño de la población y el tamaño de la muestra.

Al realizar el marco de muestreo y numerar consecutivamente (1, 2,..., 59) el número de capítulos a seleccionar en la muestra aleatoria (n=37) que fue conformada con los números: 2, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 41, 45, 48, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58. A estos capítulos de libro, se evaluó si aplicaron correctamente el diseño experimental, al considerar si plantearon las hipótesis estadísticas, los supuestos del análisis de varianza, por el tipo de variable, si se realizó su transformación correspondiente, si se calculó la eficiencia relativa de los diseños experimentales bloques completos al azar o cuadro latino. También se evaluó la prueba de comparación múltiple de medias, si utilizaron el valor p en la prueba de hipótesis y como un caso especial, la inferencia bayesiana.

La comparación de medias que realizaron en la RICyT Veracruz 2018 fue mediante: a). Ningún método; b). Con la t de Student; c). Error estándar; d). DMS; e). PDIFF; f). Tukey; a lo cual Olsen (2003) indica que los errores de los análisis propician una interpretación incorrecta de los datos y se obtienen conclusiones erróneas, debido principalmente en la comparación múltiple de medias.

En general, debe considerarse la incorrecta aplicación de métodos estadísticos, en relación de por lo menos dos fuentes de error: a). La elección del número más pequeño posible de la muestra (Olsen, 2003) (ya que la equivalencia supone grandes muestras); o b). La relación del método estadístico fue hecha a posteriori, como lo indican Herrera y Duffau (2001), así como utilizar el valor p al realizar pruebas de hipótesis, cuando en su lugar se pueden emplear los intervalos de confianza (Clark, 2004).

En el proceso del planteamiento y pruebas de hipótesis estadísticas, en función al estado de la naturaleza del problema y los objetivos: nula (H_0 :) y la alternativa (H_1 :) (Méndez-Ramírez *et al.*, 2019). La hipótesis por probar es que la proporción de trabajos que aplican de manera incorrecta los métodos estadísticos son diferentes a 0.5.

$$H_0: P=0.5$$

$$H_1: P \neq 0.5$$

Para ello se utilizó el nivel de significancia (α) del 5%.

Previo a la regla de decisión, se calculó el intervalo de confianza al 95% para la proporción de capítulos del libro de la RICyT Veracruz 2018 que presentaron al menos un error en la aplicación de métodos estadísticos, por ejemplo, el libro de Probabilidad y Estadística: Aplicaciones y métodos de Canavos (1988) emplea la ecuación 1.

$$IC_{Wald} = \hat{p} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \dots (1)$$

Donde:

$$\hat{p} = \frac{T}{n}$$

Al calcular la proporción de los trabajos que tenían al menos un método estadístico incorrecto o que obviaron usarlo, se utilizaron los siguientes criterios de evaluación: a) hipótesis, b) supuestos del ANOVA, c) el valor p, d) la eficiencia relativa del diseño de bloques al azar; generando una variable dicotómica con valor de uno si existió al menos un error en la aplicación de los métodos estadísticos y cero si se

aplicaron correctamente. Con ellos se calculó un intervalo de confianza del 95% para la proporción.

$$X = \begin{cases} 1 & \text{si se existió al menos un error en la aplicación de los métodos estadísticos} \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

\hat{p} Es el estimador de la proporción obtenido al dividir el número total de trabajos que emplearon de manera incorrecta los métodos $T = \sum_{i=1}^n X_i$ entre el número total (n) de capítulos de libro publicados en el área agrícola (n) del libro de la Reunión Internacional Científica Forestal y Agropecuaria 2018.

La proporción hipotética de 0.5 de los trabajos que aplicaron mal los métodos estadísticos, fue muy parecida a los trabajos de grado y tesis de Maestría de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (Sánchez *et al.*, 2006).

Al ser criticado el IC de Wald que aparece en muchos libros de estadística clásica, en su lugar se calculó el IC de Wald ajustado (Agresti y Caffo, 2000) el cual está dado por la ecuación 2.

$$IC_{Wald-ajust} = \tilde{p} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\tilde{p}(1-\tilde{p})}{\tilde{n}}} \dots (2)$$

Donde:

$$\tilde{x} = x + \frac{Z_{\alpha/2}^2}{2}; \tilde{n} = n + Z_{\alpha/2}^2; \tilde{p} = \frac{\tilde{x}}{\tilde{n}}$$

2. Resultados

Al llevar a cabo la evaluación de los métodos estadísticos de los 37 capítulos del área agrícola del libro de la RICyT Veracruz 2018, se obtuvo que T= 22 de ellos no presentaron las hipótesis estadísticas, no evaluaron los supuestos del análisis de varianza, obviaron presentar la regla de decisión o el valor p, ninguno evaluó la eficiencia relativa del diseño experimental, comúnmente realizaban la comparación múltiple de medias y ninguno de ellos calculó intervalos de confianza o realizaron la inferencia bayesiana.

La proporción estimada de capítulos de libro con al menos un error estadístico se obtuvo al sustituir los valores de T en la ecuación (1):

$$\hat{p} = \frac{22}{37} = 0.5946$$

La cual es mayor a la reportada por Sánchez *et al.* (2006).

$$IC_{Wald} = 0.5946 \pm 1.96 \sqrt{\frac{0.5946(1 - 0.5946)}{37}}$$

Por lo que se obtiene el intervalo de confianza al 95% para la proporción es [0.4464, 0.74042].

La regla de decisión indica que se rechaza H_0 : con $\alpha=0.05$ si el valor de la proporción hipotética de 0.5 no se encuentra dentro del intervalo de confianza para la proporción [0.4464, 0.74042], por lo que, en este estudio, no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye con un nivel de significancia del 5% que la proporción de capítulos del libro de RICyT Veracruz 2018 que emplearon de manera incorrecta los métodos estadísticos es parecida a las que cometieron en los trabajos de grado y tesis de Maestría de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (Sánchez *et al.*, 2006).

Al calcular el intervalo de confianza al 95% para la proporción por el método de Wald ajustado de la ecuación (2) se realizaron los siguientes cálculos:

$$\tilde{x} = 22 + \frac{1.96^2}{2} = 23.9208;$$

$$\tilde{n} = 22 + 1.96^2 = 25.8496;$$

$$\tilde{p} = \frac{23.9208}{25.8496} = 0.9254$$

$$IC_{Wald-ajust} = 0.9254 \pm 1.96 \sqrt{\frac{0.9254(1 - 0.9254)}{25.8496}}$$

Se obtuvo que el Intervalo de Confianza al 95% para la proporción es: [0.8240, 1.0267], el cual es incorrecto debido a que método de Wald ajustado es eficiente cuando el valor de probabilidad está cercano a los valores de cero o uno y la proporción máximo debe ser igual a 1, aunque Cepeda-Cuervo *et al.*, (2008) indican que debe de incluirse en los libros de estadística en lugar del Intervalo de Confianza de Wald.

3. Discusión

Con respecto a los errores detectados en la revisión de capítulos del libro de la RICyT Veracruz 2018, se observa que el hecho de emplear variables expresadas en porcentaje o número de la característica de interés, se realiza la transformación de la variable de respuesta por el tipo de variable (Little y Hill, 1978), sin indicar si cumple con los supuestos del análisis de varianza (De Calzadilla *et al.*, 2002).

Los métodos estadísticos que se utilizaron en los capítulos de la RICyT Veracruz 2018 revisados son: t de student para muestras dependientes, diseño completamente al azar, diseño de bloques al azar, alfa látice, factorial en diseño de bloques al azar, parcelas divididas en bloques al azar, análisis combinado en bloques al azar. Se presentó un capítulo con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, y dos capítulos con

diseño de bloques al azar con tres repeticiones, cuando lo comúnmente reportado en la bibliografía son cuatro bloques.

De los trabajos similares al presente, se tiene que los artículos que presentaron al menos un error en la aplicación de los métodos estadísticos, Kanter y Taylor (1994), lo obtuvieron en el 75% de los artículos de la revista *Transfusion*; el 95% de los artículos científicos del *Journal of Infectious Diseases*, presentaron ocho errores estadísticos comúnmente cometidos (MacArthur y Jackson, 1984); un poco más del 50% en la revista *Infection and Immunity* (Olsen, 2003), aunque en la literatura existen resultados similares del área médica. En los trabajos de grado y tesis de Maestría en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, el 49.2 % de los trabajos que aplicaron mal los métodos estadísticos (Sánchez *et al.*, 2006).

La aparición de metodologías como minería de datos, big data ha permitido analizar grandes volúmenes de información ya sean datos, pixeles de una imagen, texto permitiendo tomar en cuenta otros factores que por su naturaleza no podrían ser modelados mediante métodos estadísticos clásicos, por ejemplo, De la Torre-Gea (2014) determinaron mediante Redes Bayesianas aplicadas a un modelo de Dinámica de Fluidos Computacional, la temperatura, concentración de CO₂ y humedad relativa con respecto a la altura del cultivo, en un invernadero con ventilación natural.

En la inferencia estadística, Méndez-Ramírez *et al.*, (2019), presentaron tres paradigmas en la inferencia estadística, estos son 1) comportamental; 2) en la instancia (Fisher); y 3) Bayesiano. La tendencia en el proceso de prueba de hipótesis es utilizar intervalos de confianza y la inferencia bayesiana; sin embargo, estos autores indican que los paradigmas no compiten entre sí porque se basan en supuestos diferentes y la interpretación también es diferente; aunado a que Neyman *et al.* (1935) y González-Lutz (2008) indican que, al probar hipótesis estadísticas, se ignora si se comete el error tipo I o el error tipo II y por consecuencia, no se calcula la potencia de prueba.

Por otra parte, el auge del enfoque bayesiano de la mano con el desarrollo computacional ha logrado desarrollar diferentes herramientas las cuales, han permitido resolver modelos que anteriormente parecían imposibles (en cuanto a complejidad de cálculo) en cuestión de minutos a través de integrales de Laplace (mismo que fue desarrollado por Haavard Rue), Lindgren y Rue (2015), Rue *et al.*, (2017), Krainiski *et al.*, (2018) y métodos de aproximación numérica como las Cadenas de Markov de Monte Carlo mejor conocidas como MCMC mediante algoritmos como Gibbs sampling o Metropolis Hastings siendo éstos últimos de los más populares (Gilks *et al.*, 1996; Davidson-Pilon, 2015). Una de las ventajas que posee este enfoque radica en que al hacer inferencia no utiliza el valor p calculando realmente las probabilidades de cada una de las hipótesis.

En la Regla de Decisión al probar hipótesis estadísticas, se observa el gran uso del valor p en las pruebas de hipótesis en los artículos científicos publicados en las Ciencias Agrícolas y en otras disciplinas, lo cual es ampliamente criticado su uso y abuso (Nuzzo, 2014; Wasserstein y Laza, 2016). En la utilización del valor p, Veldkamp, *et al.*, (2014) encontraron en la revisión de cinco revistas de Psicología del Journal Citation Report, que el 63% de los artículos contenían al menos un valor p que era inconsistente con el estadístico de prueba.

Es recomendable conocer las características esenciales de los métodos estadísticos para el análisis y pruebas de hipótesis estadísticas (Little y Hill, 1978; Martínez, 1994; Nayak y Hazra, 2011; Bajwa, 2015; Shrivastava *et al.*, 2018; Mishra *et al.*, 2019; Coskun, 2020).

Es deseable que en las Instituciones de Educación Superior a nivel licenciatura y postgrado mejoren la calidad de sus cursos en métodos estadísticos y que los profesores sean estadísticos o hayan cursado un posgrado en esa área (Fernández *et al.*, 2013, Wasserstein y Laza, 2016) y en Centros de Investigación, se cuente con un profesional estadístico que participe en todo el proceso de las investigaciones (Coskun, 2020); considerando los requisitos que Blaconá (2011) señala sobre el desempeño ético en estadística: a) Utilizar una metodología adecuada, b) protección de la confidencialidad y c) integridad de las agencias estadísticas en el sistema estadístico nacional.

Se requiere la actualización y aplicación de los nuevos métodos estadísticos, para evitar el abuso de los métodos estadísticos tradicionales (Alonso, 1990) como comúnmente se observa en los capítulos del área agrícola del libro de la Reunión Internacional Científica y Tecnológica 2018, donde se emplea el valor p al probar una hipótesis estadística.

4. Conclusiones y recomendaciones

La investigación agrícola, así como la correcta aplicación de los métodos estadísticos utilizados proveen información confiable y válida que resulta indispensable para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y sustentabilidad de los mercados agrícolas y reducir costos entre los diversos agentes económicos participantes.

En la evaluación de los capítulos del libro RICyT 2018 en la incorrecta aplicación de los métodos estadísticos en la investigación agrícola, se concluye que el 50% de los capítulos de libro de la RICyT Veracruz 2018 cometen error en la aplicación de los métodos estadísticos.

Para atender esta situación, se recomienda reestructurar los planes y programas de estudio de los cursos de estadística y en particular de los diseños experimentales, con el objeto de que se apliquen correctamente los métodos estadísticos clásicos y actuales, dependiendo de la naturaleza del problema de investigación. Del mismo modo, se considera pertinente, para investigaciones ulteriores, desarrollar un protocolo de evaluación exhaustiva que permita detectar con oportunidad todos aquellos aspectos metodológicos útiles en la correcta aplicación de los métodos estadísticos en la investigación agrícola en el estado de Veracruz.

Referencias

Agresti, A., y Caffo, B. (2000). Simple and Effective Confidence Intervals for Proportion and Differences of Proportions Result from Adding Two Successes and Two

- Failures. *The American Statistician*, 54(4), 280–288.
http://users.stat.ufl.edu/~aa/articles/agresti_caffo_2000.pdf.
- Alonso Sanz, R.** (1990). Estadística y Agricultura. *Estadística Española*, 32(125), 47 – 503.
https://www.academia.edu/14776325/Estad%C3%ADstica_y_Agricultura.
- Bajwa, S. J.** (2015). Basics, common errors and essentials of statistical tools and techniques in anesthesiology research. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 31(4), 547-553. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4676249/>. Doi: 10.4103 / 0970-9185.169087.
- Blaconá, M. T.** (2011). Ética en estadística: responsabilidad de las universidades en la formación del profesional. *SaberEs*, 3, 77-82.
<http://biblioteca.puntoedu.edu.ar/bitstream/handle/2133/2595/50-222-1-PB.pdf?sequence=1>
- Camacho, J. A. y Carbonell, E. A.** (1993). Estadística e investigación agraria: problemas existentes, Investigación Agraria. *Prod Prot Veg*, 8(3), 293-309.
<https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/8082>
- Campos-Aranda, D. F.** (2014). Comparación de tres métodos estadísticos para detección y monitoreo de sequías meteorológicas. *Agrociencia*, 48(5), 463-476
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_isorefypid=S1405-31952014000500001ylng=esytlng=es
- Canavos, G.** (1988). *Probabilidad y Estadística: Aplicaciones y métodos*. México: McGraw-Hill.
- Cepeda-Cuervo, E., Aguilar W., Cervantes V., Corrales M., Díaz I. y Rodríguez, D.** (2008). Intervalos de confianza e intervalos de credibilidad para una proporción. *Revista Colombiana de Estadística*, 31 (2), 211-228
<https://www.redalyc.org/pdf/899/89912222006.pdf>
- Chew, V.** (1976). Comparing treatment means. *A compendium. HortScience*, 11(4), 348-356.
https://www.researchgate.net/publication/265049417_Comparing_treatment_means_A_compendium
- Clark, M. L.** (2004). Los valores p y los intervalos de confianza: ¿en qué confiar? *Revista Panamericana de Salud Pública*, 15(5), 293-296.
<https://www.scielosp.org/article/rpsp/2004.v15n5/293-296/>
- Coskun, B. I.** (2020). Statistical Accuracy in Rheumatology Research. *Mediterranean journal of rheumatology*, 30(4), 207–215.
http://mjrheum.org/assets/files/792/file198_1057.pdf.
- Davidson-Pilon, C.** (2015). *Bayesian Methods for Hackers: Probabilistic Programming and Bayesian Inference*. Addison-Wesley Professional.
- De Calzadilla, J., Guerra, W., y Torres, V.** (2002). El uso y abuso de transformaciones matemáticas. Aplicaciones en modelos de análisis de varianza. *Revista Cubana de Ciencia Animal*, 36(2), 103-106.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193018119002>
- De la Torre-Gea, G., Delfín-Santisteban, O., Torres-Pacheco, I., Soto-Zarazúa, G., Guevara-González, R., y Rico-García, E.** (2014). Redes bayesianas aplicadas a un

- modelo CFD del entorno de un cultivo en invernadero. *Agrociencia*, 48(3), 307-319. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30230744006.pdf>
- Fernández L.**, Lara, A. M., Pereyra, A. M., Guerra, W., y de Calzadilla. J. (2013). Estadística Aplicada a la Ingeniería Agrícola y las Ciencias Agropecuarias. Su contribución en la docencia, investigación y transferencia de conocimiento. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(2), 84-88. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n2/rcta14213.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2016). *Manual de Estadísticas sobre Costos de Producción Agrícola. Lineamientos para la Recolección, Compilación y Difusión de Datos*, pp. 3-10. <http://www.fao.org/3/ca6411es/ca6411es.pdf>
- Gilks W.R.**, Richardson S., Spiegelhalter D. (Ed.) (1996). *Markov Chain Monte Carlo in Practice*. New York, USA: Chapman y Hall /CRC.
- González-Lutz, M. I.** (2008). Potencia de prueba: la gran ausente en muchos trabajos científicos. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2), 309-313. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43711425018.pdf>
- Good I Phillip y Hardin JW.** (2012). *Common Errors in Statistics (and How to Avoid Them)*. New Jersey, USA: John Willey y Sons, Inc., Hoboken. http://inis.jinr.ru/sl/M_Mathematics/MV_Probability/MVas_Applied%20statistics/Good%20Common.pdf.
- Herrera Lebarca, P.**, y Duffau, T. G. (2001). Errores metodológicos aún en revistas de corriente principal. *Revista médica de Chile*, 129(4), 464-465. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872001000400018&lng=es.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)** (2015), Market Information Organization of the Americas, Washington, D.C. (United States of America), Organización de Información de los Mercados de las Américas (OIMA), Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Programa de Comercio Internacional e Integración Regional (PCIIR) y Eje Transversal Innovación y Tecnología (ETIT). Sistemas de información de mercados agrícolas SIMA, pp. 10-12. <https://hdl.handle.net/11324/3133>
- Johnson, S.B.**, Berger R.D. (1982). On the status of statistics in phytopathology. *Phytopathology*, 72(8), 1014-1015. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Document/s/1982Articles/Phyto72n08_1014.PDF
- Kanter, M. H.**, y Taylor, J. R. (1994). Accuracy of statistical methods in transfusion: a review of articles from July/August 1992 through June 1993. *Transfusion* 34(8), 697-701. Doi: 10.1046/j.1537-2995.1994.34894353466.x.
- Krainski E.**, Gómez-Rubio, V., Bakka, H., Lenzi A., Castro-Camilio D., Simpson D., Lindgren F., y Haavard R. (2018). *Advanced spatial modelling with stochastic partial differential equations using R and INLA*. New York, USA: Chapman and Fall /CRC.
- Lingren, F.**, y Rue, H. (2015). Bayesian Spatial modelling with R-INLA. *Journal of Statistical Software*, 63(19), 1-25. https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/123011395/Lindgren_Rue_ISS_v63i19.pdf

- Little**, T.M., y Hills, F. J. (1978). *Agricultural Experimentation: Design and Analysis*. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Lowry** S.R. (1992). Use and misuse of multiple comparisons in animal experiments. *Journal of Animal Science*. 70: 1971-1977. <https://doi.org/10.2527/1992.7061971x>
- MacArthur**, R. D. y Jackson, G. G. (1984). An evaluation of the use of statistical methodology. *Journal of Infectious Diseases*. *Journal of Infectious Diseases*, 149(3), 349-354. Doi: 10.1093/infdis/149.3.349.
- Martínez**, G. A. (1994). *Experimentación agrícola. Métodos Estadísticos*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Méndez-Ramírez**, I., Moreno-Macías, H., Murata, Ch., y Zaldívar-López, F. de J. (2019). Tres paradigmas en la inferencia estadística. *Agrociencia*, 53(7), 1043-1069. <https://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2019/oct-nov/oct-nov-19.html>
- Mishra**, P., Pandey, C. M., Singh, U., Keshri, A., y Sabaretnam, M. (2019). Selection of appropriate statistical methods for data analysis. *Annals of cardiac anaesthesia*, 22(3), 297-301. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6639881/>. doi: 10.4103/aca.ACA_248_18.
- Nayak**, B. K. y Hazra, A. (2011). How to choose the right statistical test? *Indian Journal of Ophthalmology*, 59(2), 85-86. http://www.ijo.in/temp/IndianJOphthalmol59285-7068998_193809.pdf. doi: 10.4103/0301-4738.77005.
- Neyman**, J., Iwazskiewicz, K., Kolodziejczyk, St. (1935). Statistical Problems in Agricultural Experimentation. *Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society*, 2(2), 107-180. Doi:10.2307/2983637. https://www.jstor.org/stable/2983637?read-now=1yseq=1#page_scan_tab_contents.
- Nuzzo**, R. (2014). Scientific Method: Statistical Errors. *Nature*, 506, 150-152. https://www.nature.com/news/polopoly_fs/1.14700!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/506150a.pdf
- Olsen**, C. H. (2003). Review of the use of statistics in infection and immunity. *Infect Immun*, 71(12), 6689-6692. <https://iai.asm.org/content/iai/71/12/6689.full.pdf>. Doi:10.1128/iai.71.12.6689-6692.2003
- Paz**, P., F., Palacios, S. L. A., y Ramírez, A. C. (2018). Efecto de las sales solubles del suelo sobre las reflectancias de los cultivos y sus implicaciones en el diseño experimental. *Terra Latinoamericana* 36(4), 355-368. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792018000400355&lng=es&nrm=iso. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.400>
- Perry** J. N. (1986). Multiple-comparison procedures: a dissenting view. *J Econ Entomol*, 79(5), 1149-55. <https://doi.org/10.1093/jee/79.5.1149> <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/79/5/1149/881865>
- Petersen**, R.G. (1977). Use and misuse of multiple comparison procedures. *Agronomy Journal* 69, 205-208. <https://doi.org/10.2134/agronj1977.00021962006900020003x>

- Rue, H., Riebler, A., Sorbye, Sh., Illian, J.B., y Simpson, D. P.** (2017). Bayesian Computing with INLA: a review. *Annual Review of Statistics and its Applications*, 4, 395-421.
- Ruiz-Ramírez, J.** (2010). Eficiencia relativa y calidad de los experimentos de fertilización en el cultivo de caña de azúcar en los estados de Veracruz y Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana*, 28, 149-154. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000200006&lng=es&nrm=iso.
- Sánchez, H. E., Londoño, G. C., Díez, J. F. P., Jaramillo, J. J. A., y Restrepo, J. A. R.** (2006). Evaluación de métodos estadísticos utilizados en trabajos de grado y tesis de los programas de la facultad de Ciencias Agropecuarias, en un periodo de tres años. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 59(2), 3565-3580. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1799/179914075012>
- Sarria, Castro, M., y Silva, A. L. C.** (2004). Las pruebas de significación estadística en tres revistas biomédicas: una revisión crítica. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 15(5), 300-306. http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892004000500003
- Sheaffer, R. L., Mendenhall, W., y Lyman O.** (1987). *Elementos de muestreo*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Shrivastava, A., Singh, V., Patel, K. G., Hiremath, D., y Abhishek, D.** (2018). Common errors while applying design of experimentation in special reference to aromatic and medicinal plant. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, SP3: 290-296. <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue3S/PartG/SP-7-3-46-341.pdf>
- Singh, A. S., y Masuku, M. B.** (2012). An Insight in Statistical Techniques and Design in Agricultural and Applied Research. *World Journal of Agricultural Sciences*, 8 (6), 568-584. <http://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue3S/PartG/SP-7-3-46-341.pdf>.
- Soto-Bravo, F., y González-Lutz, M. I.** (2019). Análisis de métodos estadísticos para evaluar el desempeño de modelos de simulación en cultivos hortícolas. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 517-534. [https://www.researchgate.net/publication/332887059 Analisis de metodos estadisticos para evaluar el desempeno de modelos de simulacion en cultivos hortícolas](https://www.researchgate.net/publication/332887059_Analisis_de_metodos_estadisticos_para_evaluar_el_desempeno_de_modelos_de_simulacion_en_cultivos_hortícolas).
- Trejo, V. B., y Fernández, N. J. A.** (2016). Costumbres, mal uso y abuso en Estadística. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 48(1), 5-6. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072016000100001&lng=en&tylng=es.
- Veldkamp, C. L., Nuijten, M. B., Dominguez-Alvarez, L., Van Assen, M. A., y Wicherts, J. M.** (2014). Statistical reporting errors and collaboration on statistical analyses. *Psychological Science. PloS one*, 9(12), e114876. <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0114876&type=printable>. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114876>

- Villasís-Keever**, MÁ, Márquez-González, H., Zurita-Cruz JN., Miranda-Novales, G. y Escamilla-Núñez, A. (2018). El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones. *Rev Alerg Mex.*, 65(4), 414-421. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v65n4/2448-9190-ram-65-04-414.pdf>
- Vinay**, V. J. C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., R. Zetina L., A. Ríos U., M. V. Vázquez H., A. L. Del Ángel P. y C. Perdomo M. (Comps.) (2018). *Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático*. Medellín, Ver., México: INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TecNM. Año 2, Núm. 1, 1849 p.
- Wasserstein**, R. L. y Laza N. A. (2016). The ASA Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose. *The American Statistician*, 78(2), 129-133. <https://amstat.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00031305.2016.1154108>.
Doi: 10.1080/00031305.2016.1154108.