

# **Procedimientos estadísticos utilizados en las tesis de maestría en Agricultura Tropical, Universidad de Oriente, Periodo 1998-2016**

Guillermo ROMERO-MARCANO<sup>1</sup>; Ramón SILVA-ACUÑA<sup>2</sup>; Renny BARRIOS-MAESTRE<sup>2</sup> y Ernesto Antonio HURTADO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Nutrición Animal y Forrajes, Escuela de Zootecnia, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Venezuela.

<sup>2</sup>Postgrado de Agricultura Tropical, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Venezuela e Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola, INIA Monagas, Venezuela.

<sup>3</sup>Carrera de Medicina Veterinaria, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manuel Félix López, Ecuador.

Correos de contacto: [drramonsilvaa@gmail.com](mailto:drramonsilvaa@gmail.com); [rennybarrios@gmail.com](mailto:rennybarrios@gmail.com)

## **Resumen**

El objetivo de esta investigación consistió en describir y evaluar los procedimientos estadísticos utilizados en las 53 tesis de maestría del postgrado en Agricultura Tropical (PAT) de la Universidad de Oriente, correspondientes al periodo 1998-2016. Las variables y características metodológicas de cada trabajo fueron identificadas y organizadas por mención: mejoramiento genético, botánica agrícola, fisiología vegetal, edafología y producción vegetal, en una base de datos, donde se identificó el diseño experimental, arreglo de tratamientos, número de repeticiones, características de la unidad experimental, tipos de variables y escalas utilizadas, tipo de análisis estadísticos, verificación de supuestos requeridos por las pruebas e interpretación de interacciones, entre otros. La información sistematizada fue analizada a través de estadística descriptiva, prueba binomial y análisis de correlación, según la particularidad de cada variable examinada. Se concluye que el uso de técnicas estadísticas presenta particularidad entre las menciones del PAT; de forma análoga en todas ellas la tendencia es el uso de experimentos críticos con empleo de diseños experimentales y arreglos de tratamientos robustos; aunque en más de 60% de los experimentos se emplean menos de cuatro repeticiones, y se describen de forma incorrecta las unidades experimentales. De manera similar, se verifica que no se aplican las pruebas de homogeneidad de varianza y de normalidad de los errores, y se efectúa de forma inadecuada la interpretación de interacciones significativas. Las pruebas de comparación de promedios más frecuentes fueron Duncan y Mínima Diferencia Significativa (42,42 y 30,30%, respectivamente) que inducen mayores tasas del error tipo I.

**Palabras clave:** Diseño experimental, comparación de promedios, interacción, ANOVA

### **Abstract**

The objective of this research was to describe and evaluate the statistical procedures used in the 53 master's theses of the postgraduate degree in Tropical Agriculture (PAT) of the Universidad de Oriente, corresponding to the period 1998-2016. The variables and methodological characteristics of each work were identified and organized by mention, genetic improvement, agricultural botany, plant physiology, edaphology and plant production, in a database, where the experimental design, treatment arrangement, number of repetitions, were identified. characteristics of the experimental unit, types of variables and scales used, type of statistical analysis, verification of assumptions required by the tests and interpretation of interactions, among others. The systematized information was analyzed through descriptive statistics, binomial test and correlation analysis, according to the particularity of each variable examined. It is concluded that the use of statistical techniques presents particularity among the mentions of the PAT; Similarly, in all of them the trend is to use critical experiments with the use of experimental designs and robust treatment arrangements; although in more than 60% of the experiments less than four repetitions are used, and the experimental units are incorrectly described. Similarly, it is verified that the homogeneity of variance and normality tests of the errors are not applied, and the interpretation of significant interactions is carried out inadequately. The most frequent comparison tests of means were Duncan and Least Significant Difference (42.42 and 30.30%, respectively), which induce higher rates of type I error.

**Keywords:** Experimental design, mean comparison, interaction, ANOVA

## **Introducción**

En el desarrollo de la ciencia en general y en particular las ciencias biológicas, el conocimiento de la metodología estadística es una herramienta imprescindible para la obtención, análisis e interpretación de datos que proceden de observaciones sistemáticas o de investigación, donde es necesario conocer los efectos de uno o varios factores que intervienen en los fenómenos objetos de estudio (Badii *et al.* 2007). La estadística es esencial para la investigación agrícola, con grandes aportes a la agronomía moderna en áreas como: fertilización, control de plagas y enfermedades, entre otras, por ello es disciplina obligatoria en los programas formativos para agrotécnicos (Jiménez y Reyes 2013).

El programa de estudios de Postgrado de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, se creó en 1978, con estudios de cuarto nivel en Agricultura Tropical, en las menciones: Botánica Agrícola y Fisiología Vegetal; posteriormente en 1994, se incorporan las menciones Edafología, Mejoramiento de Plantas y Producción Vegetal. Desde sus inicios, esta maestría representó una alternativa válida y de calidad para formación de investigadores en el área agrícola (Michelena Alegría 1998).

Varias revisiones oficiales de procedimientos estadísticos utilizados en las ciencias agrícolas han demostrado deficiencias en los análisis e interpretación de los resultados (Chew, 1976; Petersen, 1977; Johnson y Berger, 1982; Madden *et al.*, 1982; MacDonald y Cox, 1984; Martínez y Galindo, 1994; Silva-Acuña *et al.*, 2000). Resultados similares han sido reportados en el caso de la psicología y la medicina (Pardo *et al.*, 2007; Zinsmeister y Connor, 2008; Romani *et al.*, 2010; Thiese *et al.*, 2015) y en el área de docencia (Echavarría *et al.*, 2006; Lizarzaburu, 2013).

En función de lo anteriormente planteado la presente investigación se realizó con el objetivo de revisar y analizar los procedimientos estadísticos utilizados en la elaboración de las tesis de maestría del Postgrado de Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, durante el periodo 1998-2016.

## **Materiales y métodos**

El presente estudio se realizó a partir de la información disponible en la biblioteca física del Postgrado en Agricultura Tropical, *Campus* Juanico, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Se revisaron todos los trabajos de maestría presentados de manera oficial

entre los años 1998 y 2016, 53 ejemplares en total, correspondientes a las cinco menciones impartidas, distribuidas de la siguiente manera: 2 en Mejoramiento de Plantas, 3 en Botánica Agrícola, 10 en Fisiología Vegetal, 20 en Edafología y 18 en Producción Vegetal.

Se procedió a desglosar el manejo estadístico aplicado en el procesamiento de los resultados de cada trabajo de maestría, identificando variables relacionadas con el diseño experimental utilizado, el arreglo de los tratamientos, el número de repeticiones, características de la unidad experimental, tipo de variables evaluadas, escalas de medición, tipo de análisis estadísticos aplicados, cumplimiento de supuestos relacionados al análisis e interpretación de interacciones, entre otros. La sistematización de la información se realizó a partir de una base de datos elaborada en el software ofimático MS-Excel 2010, a partir de la cual se determinaron las frecuencias relativas de las categorías de las respuestas.

Se clasificaron los procedimientos estadísticos de acuerdo a los criterios de Arriaza-Balmón (2006), el cual distingue: análisis univariante o descriptivo (medidas de tendencia central, dispersión, distribución de frecuencias, simetría y curtosis); Análisis bivariante: pruebas paramétricas (prueba de t, correlación de Pearson, análisis de varianza para un factor), pruebas no paramétricas (Mann-Whitney, correlación de Spearman, Kruskal Wallis, cuadros de contingencia de chi cuadrado); Análisis multivariante: análisis de varianza a partir de dos factores, análisis multivariante de la varianza (MANOVA), análisis discriminante, regresión lineal múltiple, regresión logística, covarianza, modelo lineal general (GLM), análisis de componentes principales y análisis de conglomerados.

Se cuantificó la frecuencia relativa de los distintos diseños experimentales utilizados en los trabajos de grado, así como la de los análisis estadísticos aplicados en cada estudio, incluyendo las pruebas de comparaciones múltiples y las técnicas de presentación de resultados. Las diferencias de proporciones, en la aplicación de los diseños experimentales y los arreglos de tratamientos, fueron analizadas por prueba binomial al 5% de probabilidad.

De manera similar, se realizó la cuantificación y análisis de los ítems: número de repeticiones por experimento, tipo y tamaño de la unidad experimental (UE), tipo y escala de medida de la variable independiente, tipo, escala de medida y coeficiente de

variación de la variable dependiente; supuesto de normalidad; supuesto de homogeneidad; supuesto de independencia; nivel de significancia; interpretación de la interacción significativa; presentación de valores por UE en el apéndice y resumen del ANAVA en la discusión.

Se aplicó análisis de correlación de Spearman, para determinar asociación entre los ítems, factores (variables independientes) y variables dependientes del trabajo de maestría en función del año de publicación del mismo; así como también entre el tamaño de la unidad experimental y el coeficiente de variación. Todos los procedimientos estadísticos fueron realizados en el programa Infostat® versión 2017 (Di Rienzo *et al.* 2017).

## **Resultados y discusión**

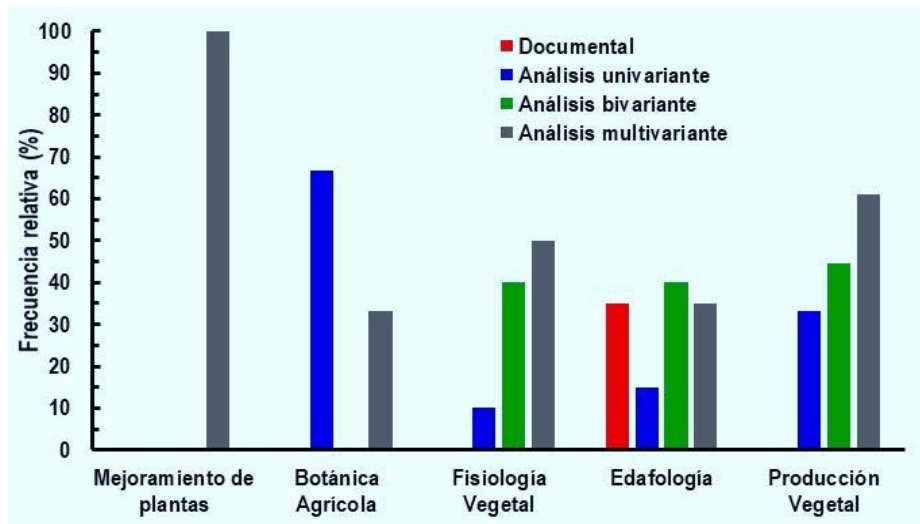
La gran mayoría de los trabajos de maestría presentados durante el periodo 1998-2016 en el Postgrado en Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, aplican procedimientos estadísticos, con excepción de la mención de Edafología donde sólo el 65% usa la herramienta estadística y el 35% restante aplicó el enfoque documental, en base a la aplicación de esquemas de evaluación de tierras y en propuestas teóricas para el establecimiento de sistemas de producción sustentables (Figura 1).

En investigación científica relacionada con agricultura, la estadística es base esencial (Jiménez y Reyes 2013) de allí que los estudios biométricos combinen, la medición de aspectos biológicos con el desarrollo y aplicación de métodos estadísticos, para extraer información a partir de datos cuantitativos y cualitativos (Balzarini *et al.* 2013).

En lo que respecta al tipo de estadística aplicado, se constataron tendencias distintas de acuerdo a la mención: en Mejoramiento de Plantas el 100% de los trabajos se realizó bajo análisis multivariante; en Botánica Agrícola el 66,67% por análisis univariante y el 33,33% restante por análisis multivariante; mientras que en los trabajos de las menciones Fisiología Vegetal y Producción Vegetal resultó más frecuente la aplicación de análisis multivariante y bivariante y en menor frecuencia el análisis univariante, y en la mención de Edafología predominó el análisis bivariante (Figura 1).

El mejoramiento de plantas busca entender la compleja interacción genotipo – ambiente e identificar cultivares de alto rendimiento, a través de métodos estadísticos apropiados. Por el contrario, la botánica, asociada a taxonomía y sistemática vegetal, incluye el

estudio, clasificación y nomenclatura de las plantas, así como, las evidencias científicas que las sustentan, y a través de la estadística descriptiva pueden resumirse tales evidencias (Rendón-Macías *et al.* 2016). En los trabajos de maestría de las menciones Fisiología Vegetal, Edafología y Producción Vegetal predominaron los análisis bivariantes y multivariantes a través de vías paramétricas, lo que evidencia la necesidad de trascender al plano inferencial al incorporar más variables (independientes y/o dependientes) y estudiar la relación directa entre ellas (Tabachnick y Fidell 2001).



**Figura 1.** Tipos de investigación y tipo de estadística utilizada en los trabajos de grado del postgrado en Agricultura Tropical distinguidos por mención.

El análisis estadístico detectó efecto significativo entre las proporciones de aplicación de los diseños experimentales, siendo el diseño en bloques al azar el más aplicado. Similarmente, entre los arreglos de tratamientos, también se detectaron efectos significativos, siendo el arreglo factorial el más aplicado, en comparación a los arreglos en parcelas, mientras que, las diferencias de proporciones de aplicación entre arreglos en parcelas (divididas y subdivididas), no fueron significativas (Tabla 1).

El diseño de bloques al azar está entre los más frecuentemente utilizados en experimentación agrícola (Martínez y Galindo 1994; Ruiz-Ramírez *et al.* 2012); las virtudes que presenta, son: reducción de la varianza de error; facilidad de análisis; flexibilidad y precisión, siendo 67% más eficiente que el DCA (Baddi *et al.* 2007).

La mayor frecuencia en el uso de arreglos factoriales, corresponde con la tendencia antes descrita, vinculada a la necesidad de estudiar varios factores por experimento, con la ventaja de poder considerar adicionalmente, con estos modelos, el efecto de

interacción (Montgomery 2004); además de estudiar la interacción, los arreglos factoriales permiten ahorrar recursos e incrementar la precisión de estimación (Sahagún-Castellanos *et al.* 2008) con eficiencia de hasta 188% por encima de los experimentos de un solo factor (Baddi *et al.* 2007).

**Tabla 1.** Diseños experimentales y arreglos de tratamientos aplicados en trabajos de maestría del postgrado en Agricultura Tropical, durante el periodo 1998-2016.

Diseño experimental	Aplicación		Diferencia de proporciones (Valor p)	
	Si	No		
Diseño Completamente Aleatorizado	10	23	<b>-0,4848</b>	
Diseño Bloques al Azar	<b>26</b>	7	<b>(&lt;0,0001)</b>	
Diseño Cuadrado Latino	0	0	No aplica	
<b>Arreglo de tratamientos</b>				
Arreglo factorial	<b>27</b>	6	<b>0,4848</b>	No aplica
Arreglo en Parcelas Divididas	6	27	<b>(&lt;0,0001)</b>	<b>0,0303</b>
Arreglo en Parcelas Subdivididas	5	28		<b>(0,7553)</b>

El análisis estadístico más frecuente fue el análisis de varianza de dos o más factores (ANAVA II), relacionado directamente con las frecuencias de uso del DBA y el arreglo factorial, antes descritas; mientras que, los menos frecuentes fueron los modelos de crecimiento y el análisis de medidas repetidas (Tabla 2). En estudios donde no se empleó ningún diseño experimental, los datos fueron analizados con estadística descriptiva con 69% de los casos. Se debe resaltar que 23,1% de los trabajos bajo esta condición experimental aplicaron análisis de varianza de un factor (ANAVA I), donde cabe la posibilidad de que el investigador haya propuesto realizar un diseño experimental, pero este no fue especificado dentro de la metodología, siendo obviado en la redacción del escrito.

El análisis de varianza requiere que los datos a analizar cumplan los supuestos previos de normalidad, homogeneidad e independencia de los errores (Dawson-Saunders y Trapp 1994), para ello se necesitan datos derivados de diseños experimentales que apliquen correctamente los principios de replicación, aleatorización y control local (Montoya *et al.* 2011); en tal sentido, se debe considerar incorrecta la aplicación del ANAVA, en datos generados por muestreo u observación, debido al riesgo de cometer errores de interpretación y generar conclusiones poco válidas (Badii *et al.* 2007).

Las pruebas de comparación de medias más utilizadas en los trabajos de maestría revisados fueron la prueba de rangos múltiples de Duncan con 42,4% y la prueba de mínima diferencia significativa con 30,3%. A pesar de su alta frecuencia de uso, son las

menos recomendadas por los estadísticos, debido a que rechazan la hipótesis nula con facilidad, y diferencias muy pequeñas son declaradas significativas de manera incorrecta (MacDonald y Cox 1984; Dawson-Saunders y Trapp 1994).

**Tabla 2.** Análisis estadísticos aplicados en los trabajos de maestría del postgrado en Agricultura Tropical, durante el periodo 1998-2016, según condición experimental.

Tipo de análisis	Con diseño experimental		Con diseño experimental	
	N	%	N	%
Estadística descriptiva	0	0,0	9	69,2
ANAVA I	6	18,2	3	21,1
ANAVA II	27	81,8	0	0,0
Análisis de regresión	6	18,2	0	0,0
Kruskal Wallis	2	6,1	2	15,4
Modelos de crecimiento	1	3,0	0	0,0
Análisis medidas repetidas	1	3,0	0	0,0
Prueba de Friedman	0	0,0	1	7,7
Análisis de conglomerados	0	0,0	2	15,4

ANAVA I: Análisis de varianza de un factor; ANAVA II: Análisis de varianza de dos o más factores.

Por otro lado, el número de repeticiones más frecuentemente utilizadas correspondió a experimentos con cuatro y tres repeticiones (41 y 37% respectivamente). Raudonius (2017) señala que, para experimentos agronómicos, el número óptimo de repeticiones está entre 4 y 6, de manera de garantizar un mínimo de 10 grados de libertad en el error experimental.

Cuando se analizan las características de la unidad experimental utilizada en los experimentos, se observó que 39,1% de los trabajos no la describen. En los trabajos revisados, el tamaño de la unidad experimental estuvo representado por recipientes, bolsas de vivero de 1kg, capsulas de Petri, hojas, suelo, agua y por algunas plantas, que corresponde a una observación. Las unidades experimentales representadas por bandejas de germinación, semillas, frutos y plantas, en su mayoría abarcan un tamaño entre 3 y 200 observaciones.

Las características de la unidad experimental, en cualquier estudio, determinan la validez externa (representatividad con lo real) e interna (comparabilidad entre grupos) y regulan el error experimental (Ávila-Baray 2006). Unidades experimentales deficientes en cantidad y calidad, provocan disminución de la potencia estadística para detectar efectos de tratamientos y detección de diferencias estadísticas confundidas, debido a otros factores ajenos al interés del investigador (Montoya-Márquez *et al.* 2011).



En la Tabla 3, se presentan los tipos de variable independiente utilizados en los trabajos de maestría revisados, donde se observa mayor frecuencia de variables cualitativas o categóricas (58,14%) en comparación a las variables cuantitativas (41,86%); dentro de las cuales, el 98,66% está representado por variables de tipo nominal, mientras que, en las variables cuantitativas el 100% resultó de tipo de intervalo.

En cualquier experimento, el tipo de variable que exprese el factor tratamiento, estará acorde con el objetivo del investigador, el análisis estadístico más conveniente (Fuentes 2015). Para tratamientos cualitativos no estructurados, tipo nominal, se recomienda determinar diferencias significativas mediante ANAVA y pruebas de comparaciones múltiples; tratamientos cualitativos estructurados del tipo ordinales), deben analizarse por contrastes ortogonales, mientras que tratamientos cuantitativos (de intervalo o de razón), recomiendan ser procesados mediante análisis de regresión (Blanco 2001).

**Tabla 3.** Tipo de variables utilizadas en los trabajos de maestría del Postgrado en Agricultura Tropical, durante el periodo 1998-2016.

Tipo de variable	Variable independiente		Variable dependiente	
	n	%	N	%
<b>Cualitativa</b>	75	<b>58,14</b>	92	8,04
Nominal	74	<b>98,66</b>	91	<b>98,91</b>
Ordinal	1	1,34	1	1,09
<b>Cuantitativa</b>	54	41,86	1052	<b>91,96</b>
Ordinal	0	<b>0</b>	91	8,65
Intervalo	54	<b>100</b>	868	<b>82,51</b>
Razón	0	0	93	8,84

El análisis estadístico detectó correlación negativa altamente significativa entre el número de factores (variables independientes) y el año de publicación del trabajo de maestría, lo que evidencia que a medida que avanza el tiempo en el Postgrado de Agricultura Tropical se consideran menor número de factores (variables independientes) en los experimentos, reflejando la evolución de investigaciones del tipo preliminar, donde se comparan un gran número de tratamientos, hacia el desarrollo de experimentos cada vez más críticos y específicos.

En lo que respecta al tipo de variable dependiente utilizada en los trabajos de maestría, se obtuvo mayor frecuencia para variables cuantitativas (91,96%) en comparación con las de tipo cualitativa (8,04%). En las cuantitativas, el 82,51% está representado por variables de intervalo; mientras que, en las cualitativas, el 98,91% corresponde a

variables nominales. Estos valores sustentan el comportamiento observado previamente en el uso de las distintas pruebas estadísticas, donde el ANAVA I y II y la estadística descriptiva fueron las más utilizadas.

Así como para cada tipo de variable independiente (tratamiento) existe un análisis estadístico conveniente, cada tipo de variable dependiente (respuesta) tiene el análisis estadístico más recomendable. Para variables cualitativas (nominales y ordinales) las pruebas de comparación más convenientes son los análisis no paramétricos (Chi cuadrado, Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, Friedman, entre otros); mientras que para variables cuantitativas (ordinales, intervalo o de razón), según el cumplimiento de los supuestos, será más conveniente el uso de pruebas paramétricas (Prueba t Student, ANAVA I, ANAVA II, correlación, regresión, entre otros) (Gómez-Gómez *et al.* 2013).

En relación a la evaluación de los supuestos del ANAVA, sólo el 30,55% de los trabajos analizan el supuesto de normalidad de la variable, y apenas el 11,11% de los trabajos corrobora la homogeneidad de varianzas; ningún trabajo revisado consideró el supuesto de independencia.

Aunque muchas pruebas paramétricas y no paramétricas son robustas al no cumplimiento de algunos supuestos, es muy importante analizarlos y observar los efectos de su incumplimiento, su omisión puede provocar errores de interpretación, encontrar asociación entre variables cuando no existe, encontrar diferencias entre tratamientos cuando no existen o viceversa, entre otros (Montoya-Márquez *et al.* 2011). No todos los supuestos tienen igual importancia, la prueba ANAVA se considera robusta ante el incumplimiento de normalidad, sobre todo con mayor número de observaciones; sin embargo, es bastante sensible a la falta de homogeneidad de varianzas e independencia de los errores (Dawson-Saunders y Trapp 1994).

La Tabla 4 muestra las interpretaciones realizadas a la interacción significativa obtenida en los trabajos de maestría revisados, siendo la más frecuente el uso de pruebas de media generalizada sin descomposición del efecto (84,62%), lo cual resulta incorrecto según diversas investigaciones. La interpretación por curvas de regresión ocurre en 7,59% y con menor frecuencia se encuentran las pruebas de media por factor y su posterior combinación, así como la descomposición estadística de la interacción significativa (3,85%).

**Tabla 4.** Interpretación de la interacción significativa obtenida en los trabajos de grado del Postgrado en Agricultura Tropical, durante el periodo 1998-2016.

<b>Interpretación de la interacción</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
Prueba de media generalizada sin descomponer el efecto	22	<b>84,62</b>
Descomposición de interacción significativa	1	3,85
No se descompone el efecto, presenta curvas de regresión	2	7,69
Prueba de media por factor y luego se combinan	1	3,85

En publicaciones con experimentos factoriales, frecuentemente los efectos significativos de interacción son ignorados, analizados sin interpretación o analizados e interpretados incorrectamente (Pardo *et al.* 2007; Sahagún-Castellanos *et al.* 2008); la interacción significativa indica que los factores no son independientes entre sí, en este caso, los efectos simples de un factor dependerán del nivel del otro factor del término de interacción, por lo que, analizar e interpretar efectos simples (por factor) resulta contradictorio e inapropiado.

En estos experimentos, los tratamientos (combinación de niveles de cada factor), bajo ningún concepto, deben ser analizados con pruebas de comparaciones múltiples, lo que implicaría ignorar la estructura factorial y renunciar a las ventajas que ella ofrece (Petersen 1977; Blanco 2001); además de fragmentar el orden lógico de los tratamientos, estas pruebas pueden añadir cuotas propias de error de interpretación, facilitando que el investigador incurra en error tipo I y genere falsas expectativas (Mihail y Niblack 1991).

Sahagún-Castellanos *et al.* (2008) señalan que el método adecuado de análisis e interpretación de la interacción significativa está condicionado por el tipo de variable independiente involucrada. Garrido (2008) señala que la interpretación correcta de una interacción significativa exige plantear comparaciones lineales de un grado de libertad (desglosamiento), haciendo posible aislar y agotar el significado de la interacción; el objeto es detectar si un efecto simple concreto es o no el mismo en los diferentes niveles del segundo factor. Luego de desglosar el efecto, el investigador puede apoyar el análisis, según sea el caso, con pruebas complementarias de regresión o incluso con análisis gráfico.

## **Conclusiones**

El uso de las técnicas estadísticas difiere entre las menciones del Postgrado en Agricultura Tropical. Se emplea mayormente diseños experimentales y arreglos de tratamientos robustos, con predominio de análisis estadísticos acordes con la condición experimental; sin embargo, predomina el uso de pruebas de comparación de medias que inducen a error tipo I.

En la mayoría de las tesis, los experimentos emplean menos de cuatro repeticiones por tratamiento; la unidad experimental no está debidamente descrita o está representada por solo una observación. De manera general, se ignoran los supuestos del ANAVA y su análisis previo, y de forma similar, se interpretan inadecuadamente los efectos de interacción significativa.

## Bibliografías

- Arriaza-Balmón, M. (2006). Guía práctica de análisis de datos. Instituto Andaluz de investigación y Formación Agraria, España.
- Ávila-Baray, H. (2006). Introducción a la metodología de la investigación. Edición electrónica, España. [www.eumed.net/libros/2006c/203/](http://www.eumed.net/libros/2006c/203/).
- Badii, M. Castillo, J. Landeros, J. & Cortez, K. (2007). Papel de la estadística en la investigación científica. *Innovaciones de Negocios* **4**(1). 107-145.
- Balzarini, M. Di Rienzo, J. Tablada, M. González, L. Bruno, C. Córdoba, M. Robledo, W. & Casanoves, F. (2013). Estadística y biometría: ilustraciones del uso de InfoStat en problemas de agronomía (No. 570.15195 B198e 2016). Brujas.
- Blanco, F. (2001). Métodos apropiados de análisis estadístico subsiguiente al análisis de varianza (ANDEVA). Nota Técnica, *Agronomía Costarricense* **25**(1). 53-60.
- Catalán, P. (2016). ¿Por qué es importante investigar en Botánica?, *Lucas Mallada, Revista de Ciencias* **17**, 9-13.
- Chew, V. (1976). Comparing treatment means: A compendium. *Hortscience* **11**(4). 348-357.
- Dawson-Saunders, B. & Trapp, R. (1994). Bioestadística médica. Segunda edición, El Manual Moderno S.A. México.
- Di Rienzo, J. Casanoves, F. Balzarini, M. González, L. Tablada, M. & Robledo, C. (2017). Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. \*URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Echavarría, H. Correa, G. Patiño, J. Acosta, J. & Rueda, J. (2006). Evaluación de métodos estadísticos utilizados en trabajos de grado y tesis de los programas de la facultad de ciencias agropecuarias, en un período de tres años. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. **59** (2). 3465-3580.
- Fuentes, R. (2015). Análisis de variables múltiples. *Rev. Chil. Anest.* **44**, 106-111.
- Garrido, J. (2008). La interacción entre factores en el análisis de varianza: errores de interpretación. Tesis doctoral, Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Gómez-Gómez, M. Danglot-Banck, C. & Vega-Franco, L. (2013). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuando usarlas. *RevMexPediatr.* **70** (2). 91-99.
- Jiménez, M. & Reyes, M. (2013). Evolución de los desarrollos estadísticos en la agronomía. *Revista de la Universidad de la Salle* **62**, 307 – 321.
- Johnson, S. & Berger, R. (1982). On the status of statistics in phytopathology. *Phytopathology* **72** (8). 1014-1015.
- Lizarzaburu, L. (2013). Uso de la estadística en trabajos de investigación en la Universidad San Pedro. Memorias del II Congreso Binacional de Investigación, Ciencia y Tecnología de las Universidades del Sur del Ecuador y Norte de Perú. 935-939.
- Macdonald, J. & Cox, N. (1984). Use of statistical evidence in some recent issues of DSIR agricultural journals. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **27** (4). 597-610.
- Madden, L. Knoke, J. & Louie, R. (1982). Considerations for the use of multiple comparison procedures in Phytopathological investigations. Letter to the editor. *Phytopathology* **72** (8).1015-1017.

- Martínez, O. & Galindo, R. (1994). Una revisión analítica de diseños y métodos estadísticos en ciencias agrícolas. *Agronomía Colombiana* **10** (1). 90-94.
- Michelena-Alegría, V. (1998). La educación agrícola en la Universidad de Oriente, Venezuela. *Ceiba* **39** (1). 161-163.
- Mihail, J. & Niblack, T. (1991). Comparison of treatment means: a statistical fantasy. *Journal of Nematology* **23** (45). 557-563.
- Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición, John Wiley & Sons Inc. New York, USA.
- Montoya-Márquez, J. Sánchez-Estudillo, L. & Torres-Hernández, P. (2011). Diseños experimentales ¿qué son y cómo se utilizan en las ciencias acuáticas? *Rev. Ciencia y Mar* **15** (43). 61-70.
- Pardo, A. Garrido, J. Ruiz, M. & San Martín, R. (2007). La interacción entre factores en el análisis de varianza: errores de interpretación. *Psicothema* **19** (2). 343-349.
- Petersen, R. (1977). Use and misuse of multiple comparison procedures. *Agronomy Journal* **69** (2). 205-208.
- Ramírez, I. Barrera, C. & Correa, J. (2013). Efecto del tamaño de muestra y el número de réplicas bootstrap. *Ingeniería y Competitividad* **15** (1). 93-101.
- Raudonius, S. (2017). Application of statistics in plant and crop research: important issues. *Zemdirbyste-Agriculture* **104** (4). 377–382.
- Rendón-Macías, M. Villasís-Keever, M. & Miranda-Navales, M. (2016). Estadística descriptiva. *Rev. Alerg. Mex.* **63**(4). 397-407.
- Reyes, M. (2013). El poder estadístico. Diferencias observadas cuando se cambia el alpha establecido en un estudio de investigación. *Scientific International Journal* **10** (1). 23-32.
- Ruiz-Ramírez, J. Pérez-Salazar, C. Cruz-Kuri, L. & Hernández-Rodríguez, G. (2012). Programa que calcula la eficiencia relativa de los diseños experimentales. *Terra Latinoamericana* **30**, 97-100.
- Sahagún-Castellanos, J. Martínez-Garza, A. & Rodríguez-Pérez, J. (2008). Problemas y métodos comunes del análisis de experimentos factoriales. *Revista Chapingo Serie Horticultura* **14**(2). 213-222.
- Silva-Acuña, R. Álvarez, V. & Silva-Acuña, A. (2000). Como comparar correctamente tratamientos de naturaleza cualitativa. *Agronomía Tropical* **50** (2). 151-155.
- Tabachnick, B. & Fidell, L. (2001). Using multivariate statistics. (4a. ed.). Allyn & Bacon, Boston, USA.
- Thiese, M. Zachary, A. & Skyler, W. (2015). The misuse and abuse of statistics in biomedical research. *Biochemia Medica* **25** (1). 5–11.