

PROBLEMAS EN EL ANALISIS DE LA INFORMACION GENERADA A TRAVES DE LA INVESTIGACION AGRONOMICA

Freddy Alemán¹

¹ Dr. Agr. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua,
Apartado 453
E-mails: freddy@ibw.com.ni

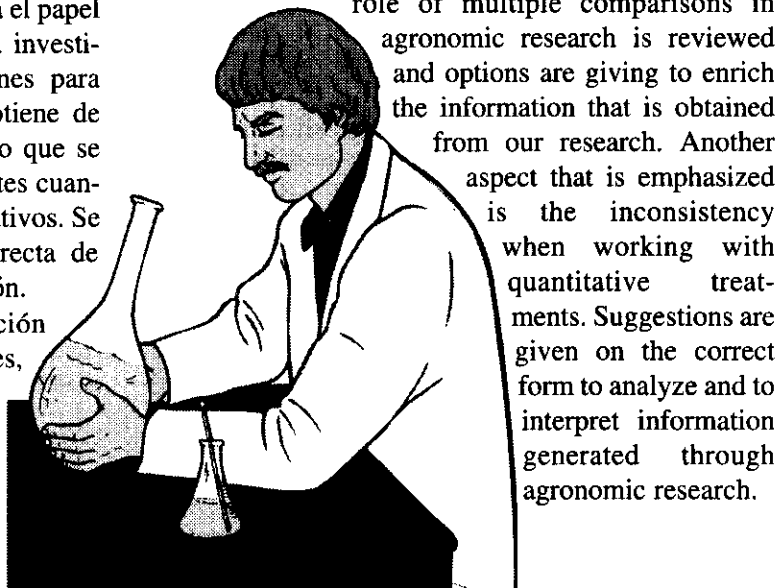
RESUMEN

Se discuten algunos de los problemas más sentidos en el análisis de la información que se genera a través de la investigación agronómica. Se enfatiza sobre la forma correcta de proceder en el análisis de experimentos factoriales y las alternativas existentes para sustituir las comparaciones múltiples. Se revisa el papel de las comparaciones múltiples en la investigación agronómica y se dan opciones para enriquecer la información que se obtiene de nuestras investigaciones. Otro aspecto que se resalta son las inconsistencias existentes cuando se trabaja con tratamientos cuantitativos. Se dan sugerencias sobre la forma correcta de analizar e interpretar dicha información.

Palabras claves: Investigación agronómica; comparaciones múltiples, tratamientos cuantitativos, experimentos factoriales. Abreviaturas: CM, comparaciones múltiples; ANDEVA, análisis de varianza.

ABSTRACT

Some of the most common problems in the analysis of data generated through agronomic research are discussed. It is emphasized the correct form to proceed with the analysis of factorial experiments and alternatives are given to replace multiple comparisons. The role of multiple comparisons in agronomic research is reviewed and options are giving to enrich the information that is obtained from our research. Another aspect that is emphasized is the inconsistency when working with quantitative treatments. Suggestions are given on the correct form to analyze and to interpret information generated through agronomic research.



La investigación agronómica es una necesidad urgente en el ámbito Centro Americano. Las autoridades y los investigadores estamos conscientes de la importancia que tiene la generación de tecnología y del gran significado que la misma tiene para el sector agropecuario nicaragüense. En el pasado se ha debatido ampliamente que la Ciencia y la Tecnología son motores del desarrollo y que invertir en ellas es una prioridad de primer orden. La investigación, debería ser una tarea de todos los agrónomos ya que la misma retroalimenta y permite explorar los últimos adelantos de la Ciencia y la Tecnología. En la actualidad, a pesar de las limitaciones, son muchos los proyectos de investigación agronómica

que se ejecutan en Nicaragua con la participación de técnicos y profesionales de la agronomía.

A pesar del rol de la investigación agronómica en nuestro país y de lo conciente que estamos de su importancia, son muchos los problemas que se enfrentan para producir información confiable para el sector agropecuario. Los problemas inician desde la planificación de la investigación, se continúan durante la ejecución y aun persisten durante la fase de análisis y presentación de los resultados. A esta última fase me referiré en el presente escrito. Camacho & Carbonell (1993) dan una excelente descripción de los problemas existentes en las principales etapas del proceso de investigación.

Durante las discusiones en los foros y congresos de agronomía, la parte estadística se constituye en un tabú para los investigadores. En mas de una ocasión se ha observado la confusión de los investigadores cuando se les formulan preguntas sobre la forma correcta de analizar los datos provenientes de las investigaciones. Bajo dichas circunstancias, el investigador fabrica sus respuestas a preguntas telegrafadas. Cuantas veces hemos escuchado por ejemplo, por que utilizó Tukey y no Duncan para la separación de medias? y la respuesta prefabricada es "Tukey es mas precisa". Por otro lado, si la pregunta es a la inversa, la respuesta casi siempre es "se trata de un experimento preliminar ... y durante esta etapa de la investigación no hay que ser exigentes ...". Cuantas veces algún colega ha afirmado, refiriéndose a nuestros datos "los resultados de ese experimento no son confiables por que el coeficiente de variación es demasiado alto"??? y al final el colega y los investigadores, damos explicaciones confusas al respecto, las cuales no aclaran a los interlocutores.

La verdad es que en el ámbito de nuestros países, en el área Centro Americana y el Caribe, existen problemas en el análisis de la información generada a través de las investigaciones, lo cual esta llevando a conclusiones erradas. Lo anterior no debe tomarse como una crítica, si no como punto de partida para revisar los métodos utilizados y encontrar la solución a dicha problemática. Los problemas existentes en la investigación agronómica no son propios de nuestras instituciones, ni propia de nuestros países. Lauckner (1988) realizó una encuesta que incluyo los números de los años 1980-1986 de la revista *Tropical agriculture*, al final concluye que únicamente el diez por ciento de la muestra cumplió con los principios del análisis y presentación de los resultados, mas enfáticamente expresa que el uso de la estadística de parte de los autores que contribuyen a dicha publicación deja mucho que desear. Al igual que Lauckner, hay muchos otros autores que se han referido a dicha problemática. En nuestro caso, lo importante es generar una discusión a lo interno de las instituciones que nos guíe a superar esos escollos y permita que en el futuro realicemos investigación de calidad, con conclusiones válidas para el experimento que establecimos. De esa forma, aprovechamos el tiempo y los recursos de forma eficiente.

Con esta entrega, pretendo señalar algunos de los principales problemas que pueden enfrentar los investigadores en la aplicación de la estadística en la investigación agronómica. También pretendo crear una discusión sobre el tema a lo interno de la institución, con otras entidades afines, y buscar juntos —investigadores y especialistas en la materia— soluciones a dicha problemática.

Parte de la problemática. En el presente escrito tratare de resumir algunos de los principales problemas que enfrentan los investigadores cuando analizamos la información proveniente de las investigaciones. En otras

entregas abordaré cada uno de los temas por separado proponiendo soluciones y expondré otras inconsistencias.

Como problema inicial me referiré al análisis de experimentos factoriales (producto de la combinación de dos o más factores). Si el investigador seleccionó mas de un factor en el experimento, significa que esta interesado en observar el patrón de respuesta de los niveles de un factor en presencia de los niveles del otro factor, por lo tanto, al momento del análisis debe de mantener la estructura de sus tratamientos.

En estos casos, aún cuando existe interacción entre factores, nos limitamos a analizar los efectos principales de cada factor, utilizando comparaciones múltiples para determinar diferencias entre medias de los efectos principales. En la práctica el resultado del efecto principal de un factor no es de interés, ya que su comportamiento depende de la presencia del otro factor. En otros casos, siempre en presencia de interacción, lo que hacemos es incluir en el ANDEVA los tratamientos cruzados, combinando en el análisis —de forma inapropiada— los efectos principales de los factores y su interacción. El procedimiento anterior enmascara la naturaleza de la respuesta. Como paso final a este procedimiento, se despliegan las medias de tratamientos en una sola columna y se separan las medias utilizando una comparación múltiple. Con este análisis, se pierde la posibilidad de enriquecer las conclusiones, y lo peor, dicho procedimiento puede conducir a girar conclusiones erradas.

Lo correcto en estos casos es —luego del análisis— determinar si hay presencia de interacción, si existiera, hay que evaluar la respuesta del un factor en cada uno de los niveles del otro factor. La información puede ser desplegada en una tabla de doble entrada facilitando de esa forma la observación de la respuesta. Las CM no son apropiadas debido a que en la mayoría de los casos, en experimentos factoriales, existen comparaciones que son sugeridas por la estructura factorial del experimento. Lo correcto es descomponer los grados de libertad y la suma de cuadrado asociada a tratamientos y definir comparaciones de interés, que pueden ser entre los factores por separado ó producto de la interacción entre factores.

Como ejemplo, supongamos que se quiere estudiar el efecto de dos productos herbicidas (A y B) en aplicación pre-emergente y post-temprana, sobre el rendimiento de un cultivo X. Para cumplir los objetivos se establece un experimento factorial (2^2). Las preguntas involucran el efecto de los herbicidas, el efecto del momento de aplicación y la

Análisis de la información agronómica

En el pasado se ha debatido ampliamente que la Ciencia y la Tecnología son motores del desarrollo y que invertir en ellas es una prioridad de primer orden.

posible interacción entre productos y momento de aplicación. Las respuestas a dichas preguntas se pueden obtener por medio de la observación en las medias de tratamientos o grupos de tratamientos. Las preguntas que podemos contestar serían:

1. Existe diferencia entre aplicar el herbicida A y el herbicida B?
2. Existe diferencia entre aplicar los herbicidas como pre-emergentes o como post-tempranos?
3. La diferencia en el efecto de los herbicidas A y B esta en dependencia del momento de aplicación?

Las respuestas a dichas preguntas no podrían ser encontradas si se utiliza una comparación múltiple. En cambio, con la descomposición de la varianza y la definición de comparaciones entre tratamientos o entre grupos de tratamientos se obtienen dichas respuestas.

Otro problema común es el análisis de tratamientos cuantitativos (niveles de fertilizantes, dosis de productos químicos, densidades de plantas, distancias de siembra, etc.). Casi siempre, el procedimiento que se sigue es realizar el ANDEVA y luego —muchas veces sin tomar en cuenta el resultado de la prueba de hipótesis— realizamos separaciones de medias, utilizando, en la mayoría de los casos, la prueba de rangos múltiples de Duncan. En honor a la verdad, no hay nada más inapropiado que una prueba de rangos múltiples para dichos tratamientos.

Quando se utilizan tratamientos cuantitativos, el interés no es obtener respuesta de un determinado nivel, si no que interesa un universo infinito de niveles. Una vez que se han determinado diferencias significativas entre tratamientos, los niveles evaluados difieren entre sí, pero también todos los posibles niveles que se encuentran entre cada uno de los niveles seleccionados para el experimento. En estos casos lo mas adecuado es realizar un análisis de regresión para la variable respuesta o realizar la descomposición de los grados de libertad y la suma de cuadrado de los tratamientos (contrastes lineales de un grado de libertad), con el propósito de determinar el tipo de relación existente entre la variable respuesta y todos los valores que puede tomar el factor cuantitativo. El reporte de dicho resultado se realiza por medio de una gráfica que muestre la relación entre la variable dependiente y el factor cuantitativo. Se deben incluir la ecuación y las medidas de precisión.

Un tercer problema común en los reportes de investigación es el uso indiscriminado de las separaciones de medias (Duncan, Tukey, SNK, etc.). La popularidad de dichas pruebas se ha originado en que la mayoría de los investigadores las usan y en el hecho de que están disponibles en la mayoría de los paquetes estadísticos que utilizan los investigadores. Las CM son aceptadas únicamente cuando se tienen tratamientos sin estructura, materiales no relacionados o cuando se quiere determinar "un ganador" (e.g., cultivos, productos químicos, etc.).

La prueba mas aceptada en la actualidad es la descomposición de la varianza en comparaciones de un grado de libertad (contrastes ortogonales). Esta prueba permite hacer comparaciones entre grupos de tratamientos, o entre tratamiento y grupo de tratamientos y no únicamente entre pares de medias. Si en nuestro experimento existen tratamientos que tienen alguna afinidad, podemos juntarlos y realizar comparaciones con otros tratamientos (i.e., fertilizantes orgánicos contra fertilizantes químicos). Este tipo de comparaciones son menos frecuentes en los reportes científicos, en parte por desconocimiento o por la tendencia existente de seguir fielmente lo que hacen otros investigadores. Little (1981) menciona que en cursos de experimentación agrícola que ha impartido en diferentes Universidades todos los participantes tenían conocimiento acerca de las separaciones de medias, pero solo una mínima parte tenía conocimiento acerca de la descomposición de la varianza para realizar los contrastes ortogonales.

CONCLUSIONES

En conclusión, no se debe utilizar pruebas de rangos múltiples para separar las medias de los efectos principales en experimentos factoriales en los cuales existe interacción entre factores y en experimentos que incluyen niveles de factores cuantitativos. Las pruebas de rangos múltiples se deben utilizar únicamente en tratamientos sin estructura o cuando se quiere obtener el tratamiento con mejor respuesta. La descomposición de la varianza que permita comparar tratamientos o grupos de tratamientos debe ser retomada si queremos enriquecer las conclusiones de nuestras investigaciones.

Hasta el momento he comentado únicamente tres de los problemas más comunes en el análisis de la información agronómica, espero poder contribuir en el futuro inmediato al exponer otras inconsistencias existentes en el análisis de la información agronómica. Espero también que otros investigadores a quienes la experiencia y la necesidad les ha ayudado a analizar correctamente sus datos puedan contribuir con su aporte a un pequeño foro que urge establecer. Nuestro propósito debe ser generar resultados confiables en nuestras investigaciones y transmitir la forma correcta de analizar la información de los experimentos de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CAMACHO, J. A & E. A. CARBONELL. 1995. *Estadística e Investigación Agraria: Problemas existentes. Investigación Agraria* 8 (3) 293-309
- LAUCKNER, F. B. 1989. *Survey of the use of statistics in agricultural research journals. Tropical Agriculture*, 66 (1): 2-7.
- LITTLE, T. M. 1981. *Interpretation and presentation of results. Horticultural Sciences*, 13 (5): 504-506.