



## Análisis estadístico de datos provenientes de experimentos con mediciones repetidas en espacio y/o tiempo

### Statistical analysis of data from experiments with repeated measurements in space and time

Manuel Emilio Milla Pino<sup>1\*</sup> 

#### RESUMEN

El análisis estadístico correcto provee de resultados y conclusiones válidas en una investigación; así el análisis en el espacio para un tiempo dado, análisis en el tiempo para un mismo espacio, análisis combinado en el espacio para cada periodo, el análisis combinado en el tiempo para cada localidad y el análisis combinado en el espacio y en el tiempo; resultan válidos según cada objetivo de las investigaciones, evaluando el espacio y tiempo de análisis.

**Palabras clave:** datos, mediciones repetidas, espacio, tiempo.

#### ABSTRACT

The correct statistical analysis provides valid results and conclusions to an investigation; therefore the analysis in space for a given time, analysis over time for the same space, the combined analysis in space for each period, and the combination analysis over time for each location and the combined analysis in space and time: are all valid according to each objective of the research, evaluating the space and time of analysis.

**Keywords:** data, repeated measurements, space, time.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Experimental del Yaracuy, Yaracuy, Venezuela

\*Autor de correspondencia: mmilla@yahoo.mx

## I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, se ha observado un incremento notable en la atención prestada por los investigadores a los principios básicos del diseño experimental. Estos cambios evidenciados pueden ser apreciados en las ciencias médicas y sociales, física y química, investigación industrial; y en otras áreas del conocimiento, aunque están dispuestos a utilizar diseños apropiados tomados de la investigación agrícola, han comenzado a examinar sus propios problemas de experimentación con nuevos enfoques, encaminados a producir nuevos diseños, mejor adaptados a condiciones particulares.

Al examinar las distintas situaciones experimentales, se hace necesario, establecer diferencias entre las pruebas estadísticas paramétricas y las no paramétricas, resaltando el hecho, de que las paramétricas deben ser aplicadas cuando los datos provienen de poblaciones normales, independientes y con varianzas constante, mientras que las no paramétricas, son flexibles en cuánto a esas exigencias. Hay que diferenciar las muestras relacionadas y las muestras independientes, encontrando, que las relacionadas son aquellas que provienen de las mismas unidades experimentales, es decir, cada unidad experimental, genera más de una observación, no siendo así en las independientes, en las que cada unidad experimental proporciona una sola observación.

Otro aspecto importante es el de clarificar análisis estadístico múltiple y multivariado, siendo el múltiple, aquel donde intervienen varias variables independientes y una respuesta, y el multivariado, caracterizado por más de una variable respuesta.

En cuanto a la esencia de las observaciones, se consideran mediciones no repetidas, aquellas que se realizan en el espacio para un tiempo dado, lo que se traduce en un análisis en el espacio, y mediciones repetidas, las que se efectúan en el tiempo para un mismo espacio, lo que conduce a un análisis en el tiempo.

## II. PROBLEMÁTICA

Cuando se somete a prueba el efecto de varios trata-

mientos, el primer aspecto a considerar y quizás la mayor dificultad esta, en cómo y dónde obtener bloques homogéneos, que permitan la utilización de un diseño clásico bloques al azar. A mayor tamaño del bloque mayor será la heterogeneidad. El diseño clásico bloques al azar, exige que cada bloque contenga un número de unidades experimentales homogéneas igual al número de tratamientos que queremos evaluar. A menudo, este requerimiento es difícil de cumplir, tal es el caso de las investigaciones en el área de las ciencias de la salud, donde es poco probable conseguir pacientes con la misma patología o características clínicas. Es posible que se puedan obtener bloques con menos unidades experimentales homogéneas, lo que hace que el bloque sea incompleto, aspecto a considerar en la concepción del diseño. Esta circunstancia, obliga a revisar y proponer nuevas estructuras experimentales, que consideren estas realidades y aporten resultados concretos y acertados.

## III. CONTEXTO TEÓRICO

Los diseños de bloques incompletos se pueden dividir en dos grupos: los genéricamente conocidos como látices (seudofactoriales o cuasifactoriales) y los bloques incompletos. Los látices se caracterizan porque es posible establecer una relación uno a uno entre los tratamientos y esto es utilizado como base para generar el método de análisis de este tipo de experimento. En los otros diseños de bloques incompletos, aun cuando es posible establecer una relación similar, esta no es de utilidad para el método de análisis.

Este tipo de diseño obedece fundamentalmente a dos necesidades: número de tratamientos muy grande que produce una gran variabilidad dentro del bloque y situaciones que requieren unidades experimentales conformadas por humanos o animales, lo cual hace difícil lograr la homogeneidad necesaria para obtener una réplica completa.

## IV. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Si la metodología de bloques incompletos balanceados es usada para la realización de un conjunto de

experimentos en varias localidades y se toman observaciones de una o más variables en distintos tiempos sobre las mismas unidades experimentales, el análisis estadístico de los resultados debe hacerse de acuerdo a algunas de las siguientes estrategias:

#### **Análisis de espacio para un tiempo dado (mediciones no repetidas)**

##### *Estrategias:*

- Análisis individual de los experimentos.
- Prueba de homogeneidad de varianzas.
- Análisis combinado en el espacio para evaluar el efecto de localidad y su interacción con el efecto de tratamientos. Este paso será realizado solo si las varianzas resultan homogéneas.
- Interpretación de los resultados.

#### **Análisis en el tiempo para un mismo espacio (mediciones repetidas en el tiempo)**

##### *Estrategia I:*

- Análisis individual de los experimentos.
- Prueba de homogeneidad de varianzas.
- Prueba de correlación seriada de las observaciones en el tiempo.
- Análisis combinado en el tiempo, si se cumplen los supuestos de varianzas homogéneas y observaciones no correlacionadas. Este análisis se realiza considerando un diseño de parcelas divididas en el tiempo con el período como subparcela.

##### *Estrategia II:*

- Análisis individual de los experimentos.
- Prueba de homogeneidad de varianzas.
- Prueba de homogeneidad de la matriz var-cov.
- Análisis combinado (si se cumplen los dos supuestos anteriores) usando un esquema de parcelas divididas en el tiempo
- Si no se cumple el supuesto de uniformidad de la matriz var-cov se usa un esquema de parcelas divididas en el tiempo con grados de libertad conservadores (Greenhouse y Geiser, 1958).

##### *Estrategia III:*

- Análisis individual de los experimentos.
- Prueba de homogeneidad de varianzas.
- Prueba de uniformidad de la matriz var-cov.

- Análisis combinado (multivariado) de perfiles múltiples, el cual puede usarse con matriz var-cov desuniforme.

##### *Estrategia IV:*

Adicional a los pasos de la estrategia III, en el caso de tratamientos cuantitativos, realizar un análisis de regresión en cada período y cada tratamiento a objeto de optimizar y medir la estabilidad de los modelos para determinar los efectos de período y su interacción con los tratamientos (Chacín, 1988).

Al referirnos a los análisis combinados, su estructura y propósito, tanto para el caso univariado como para el caso multivariado, serían los siguientes:

#### **Análisis combinado en el espacio para cada período (mediciones no repetidas)**

Se realiza para evaluar el efecto de la localidad (área geográfica) sobre las respuestas, así como también su interacción con el tratamiento.

##### *Estrategia III:*

- Análisis individuales de los experimentos.
- Prueba de homogeneidad de varianzas.
- Prueba de uniformidad de la matriz var-cov.
- Análisis combinado (multivariado) de perfiles múltiples, el cual puede usarse con matriz var-cov desuniforme.

##### *Estrategia IV:*

Adicional a los pasos de la estrategia III, en el caso de tratamientos cuantitativos, realizar un análisis de regresión en cada período y cada tratamiento a los objetos de optimizar y medir la estabilidad de los modelos para determinar los efectos de período y su interacción con los tratamientos (Chacín, 1998).

#### **Análisis combinado en el espacio para cada período (mediciones repetidas)**

Se realiza para evaluar el efecto de la localidad (área geográfica) sobre la respuesta, así como también su interacción con tratamientos, de manera que podamos detectar si el efecto de tratamiento está condicionado al lugar.

#### **Análisis combinado en el tiempo para cada localidad (mediciones repetidas).**

Caso univariado: cuando las mediciones de las res-

puestas son tomadas sobre la misma unidad experimental en varios periodos considerando un esquema de bloques incompletos balanceados, estos pudieran ser analizados bajo un esquema de parcelas divididas en el tiempo con el factor periodos como subparcela, siempre y cuando cumplan además de los supuestos del análisis de varianza, que las observaciones no estén correlacionadas en el tiempo.

Caso multivariado: el análisis de perfiles múltiples no impone restricciones sobre la matriz var-cov correspondiente a las observaciones realizadas sobre la misma unidad experimental. Además, las varianzas tienden, por lo general, a aumentar en el tiempo. (Singer y Domenech, 1989).

#### **Análisis combinado en el espacio y en el tiempo (mediciones repetidas en espacio y tiempo):**

Caso univariado: El comportamiento de los tratamientos en el tiempo y en el espacio simultáneamente. En el caso de no cumplirse los supuestos para su validez, lo procedente es realizar un análisis de parcelas divididas en el tiempo con grados de libertad conservadores, con el riesgo de una reducción drástica de los grados de libertad.

Caso multivariado: la alternativa de análisis multivariado es la de perfiles múltiples, el cual incluye las pruebas de paralelismo de los perfiles, igualdad de efectos de los tratamientos e iguales medias de respuesta para las localidades y periodos.

### **V. CONCLUSIONES**

La obtención de resultados y conclusiones válidas, exige la aplicación de pruebas estadísticas adecuadas a la situación objeto de estudio, tal es el caso del procesamiento de datos provenientes de mediciones repetidas, de allí que sea necesario, proveer al docente-investigador de herramientas de análisis de experimentos con mediciones repetidas.

Por eso, se han descrito diferentes estrategias metodológicas para analizar resultados de experimentos con mediciones repetidas en el espacio y/o tiempo, quedando como tarea a los lectores de esta discreta nota científica, la ilustración mediante el uso de datos

reales, la aplicación, análisis e interpretación de los resultados obtenidos para cada una de las estrategias, a objeto de contrastar y evaluar sus bondades.

### **VI. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES**

Todos los autores participaron en la redacción del manuscrito inicial, revisión bibliográfica, y en la revisión y aprobación del manuscrito final

### **VII. CONFLICTO DE INTERESES**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### **VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Cachin, F. 1988. *Metodología para el estudio de los cultivos perennes y semiperennes*. Tesis de Doctorado. Universidad Central de Venezuela. Maracay (Venezuela).
- Greenhouse, S. W., y S. Geisser. 1959. "On methods in the analysis of profile data". *Psychometrika* 24: 95-112- DOI: 10.1007/BF02289823
- Singer, J.M., y C. H. Domenech. 1989. "Medidas resumen: una alternativa para análisis de datos longitudinales." En *III Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica y XXXIV Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria*. Lavras (Brasil).