

## **DISEÑO EXPERIMENTAL**

**Biología, 2º Ciclo 2004 - 2005**

**Profesores: Mauro Santos y Hafid Laayouni**

### **PROGRAMA TEÓRICO**

---

#### **Tema 1      Introducción**

Diseño experimental e inferencia estadística: las dos caras de una misma moneda. La naturaleza de las observaciones biológicas y su tratamiento estadístico: el modelo lineal aditivo. El error o desviación de muestreo. El análisis descriptivo y el experimento. Consideraciones iniciales sobre el diseño de experimentos: objetivos, tratamientos, aleatorización, precisión y potencia, análisis de los resultados.

#### **Tema 2      Muestreo**

Población biológica, población estadística. Muestra. Espacio muestral. Muestreo aleatorio simple. Estadístico y parámetro. Distribución muestral de un estadístico. Imagen empírica de una distribución continua. Teorema fundamental de la estadística. Teorema central del límite. Distribución normal y su muestreo. Muestreo sobre poblaciones finitas.

#### **Tema 3      Tabulación y representación gráfica de los datos**

Frecuencia absoluta y frecuencia relativa. Distribución de frecuencias. Tablas de datos agrupados. Agrupación de las medidas de una muestra en intervalos de clase. Marcas de clase. Histogramas de frecuencias. Diagrama de sectores. Exactitud de las mediciones y redondeo.

#### **Tema 4      Estimación e intervalos de confianza**

Estimador. Propiedades de los estimadores puntuales: sesgo, eficiencia y consistencia. Ejemplos típicos de estimadores puntuales. Métodos de estimación: método de los momentos, método de máxima verosimilitud, método de mínimos cuadrados. Intervalos de confianza. Límites. Coeficiente de confianza. Ejemplos típicos de intervalos de confianza.

#### **Tema 5      Contraste o prueba de hipótesis**

Elementos de una prueba estadística: la hipótesis nula, la hipótesis alternativa, el estadístico de la prueba, la región de rechazo. Errores de tipo I y de tipo II. La potencia de un contraste: lema de Neyman-Pearson. Hipótesis alternativas compuestas. Pruebas basadas en la distribución normal.

- Tema 6**      **Análisis estadístico normal de una o dos muestras**  
Prueba  $t$  de Student. Prueba para un valor dado de una media poblacional. Comparación de medias. Datos apareados. Prueba  $\chi^2$  sobre la varianza. Prueba  $F$  para la comparación de varianzas. Prueba de igualdad de medias cuando las varianzas son heterogéneas. Potencia, tamaño de muestra y determinación de diferencias.
- Tema 7**      **Principios de diseño experimental**  
Objetivos de un experimento. Unidad experimental y tratamiento. Población tratada. Variación (error) experimental y su control. Repeticiones. Elección de los tratamientos. Factores. Aleatorización: diseño completamente aleatorizado. Refinamientos en el diseño. Inferencia.
- Tema 8**      **Análisis de la varianza. I. Modelo de efectos fijos de un factor** Procedimiento del análisis de varianza. Las varianzas muestrales y sus medias. Descomposición de la suma de cuadrados total y de los grados de libertad. Heterogeneidad entre medias muestrales. El modelo lineal aditivo. Prueba  $F$  de comparación de medias. Comparación de un subconjunto de medias: pruebas *a priori* y *a posteriori*.
- Tema 9**      **Análisis de la varianza. II. Modelo de efectos fijos para dos o más factores**  
Modelos de dos factores con y sin interacción. Modelo de bloques aleatorizados. Diseño de cuadrados latinos. Descomposición ortogonal de la suma de cuadrados. Suma de cuadrados residual. Estimación de los efectos principales, de las interacciones y de la desviación aleatoria. Diseño de parcela dividida. Transformaciones.
- Tema 10**      **Análisis de la varianza. III. Modelo de efectos aleatorios y modelo mixto**  
Concepto de efecto aleatorio. Sumas de cuadrados y valores medios esperados. Estimación de los componentes de la varianza. Correlación intraclase. Clasificaciones anidadas o jerárquicas (diseños encajados). Número igual de submuestras. Desigual número de submuestras. ANOVA por ordenador.
- Tema 11**      **Análisis estadístico en regresión**  
Introducción a la regresión. Modelos de regresión. La estimación de mínimos cuadrados. Cálculos básicos en regresión: valor único de  $Y$  por cada valor de  $X$ , más de un valor de  $Y$  por cada valor de  $X$ . Desviaciones estándares, intervalos de confianza y pruebas de significación en regresión.

- Tema 12**      **Correlación lineal**  
Correlación y regresión. Coeficiente de correlación producto-momento. Distribuciones muestrales, intervalos de confianza y pruebas de hipótesis del coeficiente de correlación. Homogeneidad de los coeficientes de correlación.
- Tema 13**      **Regresión y correlación múltiple**  
La ecuación lineal y su interpretación en más de dos dimensiones. Regresión lineal parcial, total y múltiple. La ecuación muestral de regresión lineal múltiple. Correlación parcial y múltiple. Interpretación de resultados para  $k$  variables independientes en regresión lineal. Selección de variables en regresión lineal.
- Tema 14**      **Ajuste de curvas**  
Regresión no lineal. Curvas logarítmicas o exponenciales. El polinomio de segundo grado. Polinomios ortogonales.
- Tema 15**      **Análisis de la covarianza**  
Usos del análisis de la covarianza. El modelo y los supuestos del análisis de la covarianza. Homogeneidad de los coeficientes de regresión. Pruebas de medias de tratamientos ajustadas. Partición de la covarianza. Análisis de la covarianza con dos o más variables independientes.
- Tema 16**      **Análisis de la varianza. IV. Diseños no ortogonales**  
Observaciones múltiples dentro de subclases. Análisis de un número proporcionado de subclases. Métodos de partición de la suma total de cuadrados. Problemas de interpretación en los diseños no ortogonales. Diseños con medidas repetidas.
- Tema 17**      **Análisis de datos enumerativos**  
El criterio de prueba  $\chi^2$ . Clasificaciones de una vía. Pruebas de bondad de ajuste a una distribución: distribución normal, binomial y de Poisson. Pruebas de independencia en tablas de contingencia. Prueba exacta de Fisher. Clasificación de  $n$  vías: modelos logarítmico-lineales.

**Tema 18 Estadística no paramétrica**

Suposiciones básicas de las pruebas estadísticas paramétricas: aleatoriedad, normalidad y homogeneidad de varianzas. Concepto de prueba estadística no paramétrica. Modelos no paramétricos en sustitución del análisis de la varianza: prueba  $U$  de Mann-Witney con dos muestras, prueba de Kruskal-Wallis con  $k$  muestras, prueba de Friedman para dos factores. Prueba de los signos. Coeficiente de correlación de rangos de Kendall. Prueba de Kolmogorov de bondad de ajuste. Métodos de remuestreo numérico: *Bootstrap* y *Jackknife*.

**Tema 19 Métodos alternativos de muestreo**

Muestreo probabilístico. Muestreo aleatorio simple. Selección del tamaño de muestra. Muestreo estratificado. Asignación óptima. Muestreo en dos o más etapas. Muestreo sistemático.

---

**PROGRAMA PRÁCTICO**

---

**Introducción al uso del paquete de programas estadísticos SPSS**

Introducción al SPSS

Ficheros de datos

Descripción detallada de los datos

Tablas de frecuencias e histogramas

Estimación e intervalos de confianza

Pruebas  $t$  de Student

Análisis de la varianza para modelos de uno o dos factores de efectos fijos

Modelo general del análisis mixto de la varianza para celdas de igual tamaño

Gráficas de dos variables

Regresión y correlación

Análisis de la covarianza

Ajuste a distribuciones teóricas

Modelos logarítmico-lineales

Análisis de potencia

Estadística no paramétrica

## REFERENCIAS

A continuación se presenta una serie de textos que pueden usarse como referencia durante el curso. Puesto que cada libro tiene objetivos distintos, se ha añadido un comentario orientativo sobre el contenido de cada texto. Con asterisco se señalan los libros más recomendables para este curso.

- Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1957. *Experimental design* (2ª edición). John Wiley & Sons, Nueva York. (Traducción castellana: *Diseños experimentales*. Trillas, México). Es un libro clásico de exposición seria y cuidada. Una referencia obligada.
- Edwards, A. L. 1984. *An introduction to linear regression and correlation* (2ª edición). W. H. Freeman and Co., Nueva York. Una introducción básica y pedagógica a la regresión y correlación.
- Edwards, A. L. 1985. *Multiple regression and the analysis of variance and covariance* (2ª edición). W. H. Freeman and Co., Nueva York. En este libro se integra el análisis de la varianza y el análisis de regresión múltiple de un modo relativamente sencillo.
- Efron, B. y R. J. Tibshirani. 1993. *An introduction to the bootstrap*. Chapman & Hall, Nueva York. Efron es uno de los padres de las técnicas de muestreo repetido, las cuales sólo han sido posibles desde la aparición de los ordenadores. A pesar de que a primera vista uno suele quedar muy intimidado por toda esta metodología, los fundamentos conceptuales son muy sencillos y permiten resolver algunos problemas para los que la estadística clásica no ofrece soluciones. Si te gustan la estadística y los ordenadores, ¡adelante con este libro!
- Fisher, R. A. 1954. *Statistical methods for research workers* (12ª edición). Oliver & Boyd, Edimburgo. Sir Ronald A. Fisher es el padre de los métodos estadísticos aplicados a los diseños de experimentos. La publicación de la primera edición de este libro, aparecida en 1925, se considera el pase a la mayoría de edad de la Estadística. Éste es el libro clásico por excelencia.
- Mead, R. 1988. *The design of experiments. Statistical principles and applications*. Cambridge University Press, Cambridge. Presenta un enfoque computacional, vinculado a las nuevas herramientas de análisis estadístico por ordenador, de la enseñanza de la estadística. Es una visión innovadora que el autor defiende con entusiasmo.
- \*Mendenhall, W., R. L. Scheaffer y D. D. Wackerly. 1986. *Estadística matemática con aplicaciones*. Grupo Editorial Iberoamérica., México. Un libro excelente. Es ameno y didáctico, muy apropiado para introducirse en los fundamentos matemáticos del análisis estadístico.
- Peña Sánchez de Rivera, D. 1995. *Estadística. Modelos y métodos*. (2 volúmenes). Alianza Editorial, Madrid. El primer volumen expone los fundamentos básicos de descripción de datos y construcción de un modelo estadístico. El segundo volumen abarca el diseño de experimentos y análisis de varianza, regresión y series temporales.

- Petersen, R. G. 1985. *Design and analysis of experiments*. Marcel Dekker, Nueva York y Basilea. Un libro avanzado donde se presentan una gran variedad de diseños experimentales, enfatizando las ventajas, desventajas y usos de cada tipo de diseño.
- Siegel, R. R. y N. J. Castellan, Jr. 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2ª edición). McGraw-Hill, Nueva York. Introduce una gran diversidad de métodos estadísticos no paramétricos. Un clásico.
- \*Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1995. *Biometry* (3ª edición). W. H. Freeman and Co., Nueva York. Sin duda, el libro más famoso de bioestadística entre los biólogos. Su fama es bien merecida, pues es un libro muy claro y didáctico, aunque para los más avanzados es un poco verboso.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1985. *Biestadística: principios y procedimientos*. McGraw-Hill, México. Un libro cuyo contenido se ajusta a las necesidades de este curso. Algunos temas se tratan bastante esquemáticamente.
- Winner, B. J. 1971. *Statistical principles in experimental design* (2ª edición). McGraw-Hill, Nueva York. Es un manual completo, con un alto nivel. Es apropiado para aquellos que quieran profundizar en ciertos temas.