



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA

Año Lectivo: 2024

CARRERA/S: LICENCIATURA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PLAN DE ESTUDIOS: Año 2014. Versión 3.

ASIGNATURA: BIOESTADÍSTICA II

CÓDIGO: 3114

MODALIDAD DE CURSADO: Presencial

DOCENTE RESPONSABLE: Dra. María Gabriela Palacio. Prof. Adjunto. Exclusiva.

EQUIPO DOCENTE: Dra. María Gabriela Palacio. Prof. Asociado. Exclusiva.

Lic. Noelia Matos. Jefe de Trabajos Prácticos. Semiexclusiva.

RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 2do. Cuatrimestre de 4to año

RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:

Para cursar: tener Aprobada BIOESTADÍSTICA I (3109)

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria

CARGA HORARIA TOTAL: 84 horas

Teóricas:	28 hs	Prácticas:	56 hs	Teóricas - Prácticas: hs	Laboratorio: hs
------------------	-------	-------------------	-------	----------------------------------	---------	---------------------	---------

CARGA HORARIA SEMANAL: 6 horas *

Teóricas:	2 hs*	Prácticas:	4 hs	Teóricas - Prácticas: hs	Laboratorio: hs
------------------	-------	-------------------	------	----------------------------------	---------	---------------------	---------

* se agrega 1 hora de Teórico adicional porque la materia es de dictado conjunto con otra de más carga horaria



1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA

En las Ciencias Naturales los investigadores necesitan la Estadística para obtener conclusiones válidas a partir de los datos, siempre afectados por factores incontrolables en cuanto a su variación. Para datos que involucran errores experimentales el único enfoque objetivo para su análisis es la metodología estadística.

De hecho todas las actividades asociadas con planificar y realizar estudios de investigación tienen implicaciones estadísticas. Si la estructura de un estudio de investigación es razonable, éste funcionará de manera adecuada y se obtendrá la información para la que fue diseñado, pero si la estructura falla éste no funcionará bien y presentará información incompleta o errónea (Kuehl 2001).

El diseño estadístico de experimentos involucra la planificación de un experimento de manera de recolectar los datos adecuados que se analicen con los métodos estadísticos apropiados para llegar a conclusiones válidas y objetivas (Montgomery 2004).

Luego de estudiar conceptos básicos de Análisis Matemático (en la asignatura Matemática) y los métodos de estadística descriptiva e inferencial básicos para el análisis de datos (en la asignatura Bioestadística I), esta asignatura busca ampliar los conceptos ya estudiados de modo de incluir no sólo el análisis de datos sino también la planificación de experimentos.

La asignatura es correlativa con Bioestadística I y la idea central es continuar el trabajo iniciado en esa asignatura, presentando técnicas estadísticas más complejas utilizadas en las Ciencias experimentales, destacando la finalidad y el alcance de cada una, para que el estudiante pueda seleccionar las más adecuadas en cada caso, utilizando el modelo que mejor ajuste a sus datos.

Esta asignatura pretende lograr que los estudiantes trabajen aspectos metodológicos de una investigación seleccionando el diseño más adecuado para responder a la pregunta de investigación que se plantea en otras asignaturas, en su trabajo final o en cualquier investigación de la que participen. Se busca que al finalizar la asignatura los estudiantes sean capaces de planificar, analizar e interpretar los resultados para su trabajo final o de una investigación en la que participen. Además se busca que dominen terminología científico-metodológica que los ayude a la lectura crítica de artículos de su especialidad y la comunicación de los resultados obtenidos.

Los contenidos previos necesarios son los de Estadística Descriptiva e Inferencial Básica.

Los contenidos mínimos de la asignatura están delimitados en el Plan de Estudio de la carrera y se han organizados en nueve unidades que habrán de desarrollarse en clases teóricas y clases prácticas usando computadora.

2. OBJETIVOS PROPUESTOS

Lograr que los estudiantes sean capaces de:

- ✓ Comprender la importancia de planificar estudios experimentales, estableciendo claramente objetivos, hipótesis y efectos que deben estimarse.
- ✓ Conocer las ventajas de los diseños experimentales más utilizados en las Ciencias Biológicas.
- ✓ Interpretar alcances y limitaciones de los resultados obtenidos mediante la utilización de los procedimientos inferenciales.
- ✓ Verificar el cumplimiento de los supuestos necesarios para la aplicación de cada técnica estudiada y analizar los caminos alternativos ante la falla de alguno de ellos.
- ✓ Adquirir un espíritu crítico tanto ante los datos como frente a los resultados estadísticos obtenidos a partir de ellos.
- ✓ Utilizar el paquete estadístico R para realizar los análisis estadísticos aplicando las metodologías estudiadas en la asignatura.



- ✓ Comprender la importancia de la actividad interdisciplinaria al momento de planificar la investigación (previo a comenzar la experimentación).
- ✓ Analizar críticamente trabajos científicos de Ciencias Naturales en los que se apliquen metodologías estudiadas en la asignatura.

3. EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS

3.1. Contenidos mínimos (según plan de estudio vigente)

Diseño de Experimentos: elementos básicos de modelos lineales. Nociones de álgebra matricial. Comparación de medias de dos y de k tratamientos. Muestras aleatorias independientes (Diseño Completamente Aleatorio – DCA) o dependientes (Diseño en Bloques Completamente Aleatorios – DBCA). ANOVA. Comparaciones múltiples. Experimentos Factoriales. Modelos Mixtos. Potencia de las pruebas de hipótesis. Violación de supuestos, análisis de residuales, pruebas no paramétricas. Análisis de casos. Introducción al Análisis Multivariado: presentación de técnicas de reducción de dimensión y clasificación (no supervisada y supervisada). Análisis de casos. Modelos Lineales Generalizados: orígenes del Modelo Lineal Generalizado. Motivación de los modelos Probit, Logit para Proporciones, Log-lineal para variables de conteo y Lineal. Metodología general de modelación. Análisis de casos.

3.2. Ejes temáticos o unidades

UNIDAD I: Principios del Diseño Experimental:

¿Qué se entiende por Diseño Experimental? Planificación de la Investigación. Propósito del Diseño Experimental. Necesidad de un Diseño. Conceptos Importantes de Estadística: Unidad Experimental, Variables (Respuesta y Controlada), Factores, Tratamientos, Covariable, Error Experimental. Principios del Diseño Experimental: Aleatorización, Replicación, Control Local.

UNIDAD II: Inferencia Estadística para una y dos poblaciones:

- Prueba de hipótesis para una media y para la diferencia de dos medias cuando la variable tiene distribución normal, para muestras independientes y se desconocen las varianzas poblacionales siendo iguales o distintas. Prueba de hipótesis para diferencias de medias para muestras dependientes (o apareadas). *Modelo Lineal*.
- Pruebas no paramétricas: Test del signo, Test de Rango con signo de Wilcoxon. Test U- Mann-Whitney. Test Suma de los Rangos de Wilcoxon.

UNIDAD III: Análisis de la Varianza (ANOVA) de un factor.

- Modelo de efectos fijos. Comparación de medias de dos o más tratamientos. Estimación de la variación dentro y entre tratamientos. *Modelo Lineal General: Modelo de medias o de posición y Modelo de efectos de tratamiento*. Construcción y Justificación del estadístico F. Valor esperado de los Cuadrados Medios dentro y entre tratamientos. *Modelo I* o de Efectos Fijos: Hipótesis a probar.
- Medidas de adecuación del Modelo. Suposiciones básicas del Análisis de la Varianza: Aleatoriedad, Independencia, Aditividad. Normalidad, Homogeneidad de Varianzas. Análisis de los residuos. Métodos gráficos y analíticos para probar la adecuación del modelo.
- Transformaciones: logarítmica, raíz cuadrada, arcoseno. Transformaciones potencia o de Box y Cox.
- Comparaciones Múltiples: Contrastes. Contrastes ortogonales. Definición. Comparaciones a priori y a posteriori. Tukey, LSD, Bonferroni, Dunnett, SNK, otros.
- Prueba no paramétrica para la comparación de más de dos tratamientos (Kruskal-Wallis).

UNIDAD IV: Modelos Lineales Generalizados

- Modelos Lineales: Regresión lineal simple, múltiple y ANOVA como Modelos Lineales.
- Modelos Lineales Generalizados: Una alternativa al no cumplimiento de Supuestos. Estructura de los errores (Familia exponencial), Función de enlace o vínculo. Componentes de un Modelo



Lineal Generalizado: Componente aleatorio, Componente sistemático y Función de enlace. Construcción y Evaluación de un MLG. Cálculo de los residuos. Criterio de información de Akaike.

UNIDAD V: Experimentos Factoriales - Modelo de efectos fijos

- A) Diseño de Tratamientos. Principios. Introducción Conceptos básicos. Ventajas. Factores. Efectos e Interacciones. Experimento Factorial con dos y tres factores (con 2 o más niveles por factor), *Modelo Lineal General*. Tabla ANOVA.
- B) Análisis de los Supuestos del ANOVA.
- C) Comparaciones a posteriori. Cuadrados medios esperados. Comparaciones Múltiples cuando la interacción es significativa, en experimentos con dos y tres Factores. Corrección de Bonferroni.

UNIDAD VI: Diseños Básicos

- A) Diseño de parcelas.
- B) Diseño Completamente Aleatorizado (D.C.A.) Introducción. Ventajas y Desventajas. Modelo Estadístico. ANOVA para un D.C.A., con igual y diferente número de repeticiones. Aleatorización. Esquema de campo. Ejemplos. Experimento Factorial con dos y tres factores (con 2 o más niveles) sobre un DCA.
- C) Diseño en Bloques Completos Aleatorizados (D.B.C.A) Introducción. Ventajas y Desventajas. Principio de la formación de bloques. Restricciones en la Aleatorización. Modelo Estadístico. Valor esperado de los cuadrados medios. Análisis de la varianza para un DBCA. Esquema de campo. Ejemplos. Experimento factorial con dos y tres factores (con 2 o más niveles) sobre un DBCA, modelo estadístico y ANOVA. Prueba de No Aditividad de Tukey. Prueba No Paramétrica para la Clasificación de dos vías: *Test de Friedman*.

UNIDAD VII: Otros experimentos con uno o más factores

- A) Modelo de efectos aleatorios. *Modelo estadístico*. Hipótesis estadísticas Componentes de varianza. Estimaciones de las componentes de varianza.
- B) Modelo de efectos aleatorios para dos factores y para tres factores. Consideraciones para el cálculo del estadístico F.
- C) Modelos Mixtos con varios factores.
- D) Experimento Factorial Anidado (o Jerárquico). Factores Fijos, Aleatorios y Mixtos.

UNIDAD VIII: Análisis de la Covarianza (ANCOVA).

Introducción. Revisión de Regresión Lineal Simple. Usos del ANCOVA. El modelo y los supuestos. El ANCOVA en el DCA y en DBCA. Medias ajustadas. Aumento de la precisión debido a la covariable. Comparaciones Múltiples para medias ajustadas.

UNIDAD IX: Análisis Estadístico Multivariado.

- A) Análisis de Conglomerados (Cluster).
- B) Análisis de la varianza Multivariado MANOVA.
- C) Diseño de Medidas repetidas.
- D) Regresión Lineal Múltiple: Variables regresoras cuantitativas y cualitativas con Modelos Lineales Generalizados. Variable Respuesta Cualitativa: *Regresión Logística*.

4. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

CLASES TEÓRICAS:

Se pretende combinar clases teóricas de tipo expositivo (usando diapositivas como en clases presenciales) con clases del tipo consulta realizadas a posteriori de la lectura de material (libros o apuntes) y/o la revisión de material audiovisual (materiales propios o extraídos de sitios de internet).

La carga horaria es de 2 clases semanales, una de 2 horas y la otra de 1 hora (agregada considerando que la materia es de dictado conjunto con otra de más carga horaria).



CLASES PRÁCTICAS:

Las clases prácticas se desarrollan íntegramente en el aula de computación, en la que cada estudiante trabaja con 1 computadora (del aula o personal).

Los estudiantes resolverán las guías de trabajos prácticos propuestas por el docente, analizando en conjunto los resultados obtenidos, para luego discutir las conclusiones que se pueden desprender de los mismos.

Las guías de trabajos prácticos presentan algunos ejercicios resueltos con software estadístico para su interpretación, pero la mayor parte de los ejercicios deben resolverse con el paquete estadístico R antes de la interpretación de los resultados obtenidos.

Hemos seleccionado el paquete R que ha alcanzado gran difusión por ser un paquete de uso libre y gratuito, teniendo además una gran potencia de análisis superior a muchos otros de carácter general y un ritmo de desarrollo de aplicaciones muy grande por ser un proyecto abierto y participativo en el que colaboran miles de investigadores, lo que asegura el debate, la crítica, y la actualización permanente de procedimientos. Y como entorno utilizamos R Studio que posee algunas ventanas que simplifican el trabajo aunque utiliza un lenguaje de programación lo que permite adecuar los códigos a lo que el análisis requiere.

Los estudiantes deben por tanto aprender a instalar y utilizar R y R Studio, para aplicar las herramientas que se brindan en la asignatura.

En cada ejercicio se enfatiza tanto el análisis descriptivo como el inferencial, sin dejar de lado la adecuación de los modelos seleccionados.

La carga horaria es de 2 clases semanales de 2 horas cada una.

5. PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS INNOVADORES E INCLUSIVOS

Ninguno

6. CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES E INSTANCIAS EVALUATIVAS

Semana	Actividad: tipo y descripción*
1	Teórico: Unidad 1. Práctico 1.
2	Teórico: Unidad 2. Práctico 1. Teórico: Unidad 3. Práctico 2.
3	Teórico: Unidad 3. Práctico 2. Teórico: Unidad 3. Práctico 2.
4	Teórico: Unidad 3. Práctico 2. Teórico: Unidad 3. Práctico 2.
5	Teórico: Unidad 3. Práctico 2. Teórico: Unidad 4.
6	Teórico: Unidad 4. Práctico 3.
7	Teórico: Unidad 5. Práctico 3. Teórico: Unidad 5. Práctico 4.
8	Repaso para 1er parcial 1er Parcial
9	Teórico: Unidad 6. Práctico 4. Teórico: Unidad 6. Práctico 5.
10	Teórico: Unidad 7. Práctico 5. Teórico: Unidad 7. Práctico 6.
11	Teórico: Unidad 8. Práctico 6. Teórico: Unidad 8. Práctico 7.
12	Teórico: Unidad 9. Práctico 8. Teórico: Unidad 9. Práctico 8.
13	Repaso para 3er parcial. 3er Parcial
14	Recuperatorios



7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. Bibliografía obligatoria y de consulta

- Bianco, Ana M. 2015. Modelos Lineales Generalizados.
http://cms.dm.uba.ar/academico/materias/2docuat2015/modelo_lineal_generalizado/
- Cayuela, L. 2014. Modelos lineales: Regresión, ANOVA y ANCOVA (versión 1.5) Disponible en https://tauniversity.org/sites/default/files/modelos_lineales_regresion_anova_y_ancova.pdf
- Contreras Cruz, L.F. 2023. Diseños Experimentales aplicados a la agronomía usando R y SAS. Apunte de clase https://www.researchgate.net/publication/368661056_Libro_Disenos_Experimentales_2023/link/63f3833bb1704f343f6b0993/download
- Daniel, W. 2009. "Bioestadística. Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud". 4ª Ed. LIMUSA WILEY México DF.
- Dinov, Ivo. 2023. "Data Science and Predictive Analytics: Biomedical and Health Applications using R". 2nd edition. Springer.
- Guisande Gonzalez, C.; Vaamonde Liste, A.; Barreiro Felpeto, A. 2019. "Tratamiento de datos con R, STATISTICA y SPSS. EdicionesDiazDeSantos.
- Gutiérrez Pulido, H; de la Vara Salazar, R. 2008. Análisis y diseño de experimentos. McGRAW-HILL.
- Johnson, Dallas E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. México: Internacional Thomson Editores.
- Kuehl, R. 2001. "Diseño de Experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación" 2ª ed. Thomson Learning, Inc. México.
- Montanero Fernandez, J.; Minuesa Abril, C. 2018, "Estadística básica para ciencias de la salud". Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones. Cáceres (España)
- Montgomery, D. C. 2004. "Diseño y Análisis de Experimentos". 2ª. Ed. John Wiley & Sons. Inc.
- Moschetti, E.; Ferrero, S.; Palacio, M.; Ruiz, S. 2013. "Introducción a la Estadística para las Ciencias de la Vida". UniRío editora. Universidad Nacional de Río Cuarto. e-Book <http://www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/repositorio/978-987-688-054-1.pdf>
- Pagano, M.; Kimberlee, G. 2001. "Fundamentos de Bioestadística" 2ª ed. Thomson Learning, Inc. México.
- Palacio, M.G. 2023. Materiales Teóricos de la Asignatura en www.unrc.edu.ar/SIAL.
- Snedecor, G.W. Cochran W.G. 1978. "Métodos Estadísticos". C.E.C.S.A., México.
- Steel R., Torrie J. 1985. "Bioestadística: Principios y Procedimientos" 2ª ed. Mc.Graw Hill Latino Americana. Bogotá. Colombia.

Consulta

- Box, G.; Hunter, W.; Hunter, J. 2008. "Estadística para investigadores. Diseño, innovación y descubrimiento". 2ª Ed. Editorial Reverté.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. 1999. "Análisis Multivariante". 5ª Edición. Prentice Hall.
- Hocking, R.R. 1996 "Methods and Applications of Linear models: Regression and the Analysis of Variance". John Wiley & Sons. Inc.
- Wackerly, D.; Mendenhall, W.; Scheaffer, R. 2010. "Estadística Matemática con Aplicaciones". 7ª Ed Cengage Learning Editores, S.A.
- Moore, David. 2004. "Estadística aplicada básica". 2ª Ed. Edit. Antoni Bosch.
- Sokal y Rohlf. 1980 "Introducción a la Bioestadística". Editorial Reverté.
- Winner, B.J.; Brown, D.; Michels, K. 1991. "Statistical Principles in Experimental Design" 3ª ed. Mc.Graw-Hill, Inc.

7.2 Otros: materiales audiovisuales, enlaces, otros.

Se utiliza el SIAL como herramienta virtual básica para comunicación con los estudiantes y organización de materiales de estudio. En el Aula Virtual de la asignatura se incorporan todos los materiales de las presentaciones, Guías de trabajos prácticos, materiales adicionales y enlaces a videos, e-books y materiales de consulta.

Además se habilitará un Aula virtual de la plataforma Classroom para compartir videos, enlaces, bases de datos y scripts en R asociados a ejercicios de Guías de práctico.

Plataformas: Classroom y SIAL (UNRC).



8. DÍA Y HORARIOS DE CLASES

- TEORICOS: LUNES DE 14 A 16 hs - JUEVES DE 12 A 13hs
- PRACTICOS: LUNES DE 16 A 18 hs – MARTES DE 16 A 18 hs

9. DÍA Y HORARIO DE CLASES DE CONSULTAS

- TEORICOS: MIERCOLES DE 16 A 17 hs
- PRACTICOS: MARTES DE 9 A 10 hs.

10. REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN

De acuerdo al Régimen de Estudiantes y de Enseñanza de Pregrado y Grado de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Res. C.S.120/17), para **regularizar** la asignatura los estudiantes deberán:

- (1) asistir como mínimo al 80% de las clases teóricas y prácticas;
- (2) aprobar los 2 parciales o sus correspondientes recuperatorios en el transcurso del cuatrimestre (acreditando un mínimo del 50% de los conocimientos evaluados en el examen);

Para **promocionar** la asignatura deberán:

- (1) asistir como mínimo al 80% de las clases teóricas y prácticas;
- (2) obtener una calificación promedio de 7 puntos o más en los 2 parciales (o sus recuperatorios) sin registrar instancias evaluativas con nota inferior a 5;
- (3) aprobar la presentación del análisis estadístico de un trabajo publicado en una revista científica de Ciencias Biológicas o algún tema afín (seleccionado por el estudiante o por el docente), enfatizando el diseño de la experiencia presentado y el análisis estadístico realizado, además de planteando modificaciones que consideren que debiera hacerse a la luz de los conocimientos adquiridos en la asignatura

11. CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE LAS INSTANCIAS EVALUATIVAS

Los Exámenes Parciales son escritos, usando la computadora, resolviendo algunas actividades con R-Studio (como en las clases prácticos). De la misma manera los Recuperatorios (que serán uno para cada Parcial).

La presentación del análisis del trabajo publicado en una revista científica se realizará de manera Oral al final del cuatrimestre para los estudiantes en condiciones de Promocionar la asignatura.

En el caso de que el estudiante tenga condición de Regular la aprobación de la asignatura se efectuará mediante un Examen Final Oral centrado en temas Teóricos de la asignatura, además de la presentación del análisis del trabajo del mismo modo que los estudiantes en condición de Promocionar.

En caso de que el estudiante tenga condición de Libre la aprobación de la materia se efectuará mediante un examen final Escrito sobre temas Prácticos (incluyendo uso de R-Studio) y uno Oral que incluya aspectos Teóricos de la asignatura, además de la presentación del análisis del trabajo publicado en una revista científica.

María Gabriela Palacio.
Docente Responsable

Firma Secretario/a Académico/a