



Ministerio de Cultura y Educación  
 Universidad Nacional de San Luis  
 Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales  
 Departamento: Física  
 Area: Area Unica - Física

(Programa del año 2025)  
 (Programa en trámite de aprobación)  
 (Presentado el 18/12/2025 12:05:34)

### I - Oferta Académica

| Materia                              | Carrera       | Plan   | Año  | Período         |
|--------------------------------------|---------------|--------|------|-----------------|
| () INTRODUCCIÓN A LA MAGNETOBIOLOGÍA | LIC.EN FISICA | 015/06 | 2025 | 2° cuatrimestre |

### II - Equipo Docente

| Docente               | Función           | Cargo      | Dedicación |
|-----------------------|-------------------|------------|------------|
| MAKINISTIAN, LEONARDO | Prof. Responsable | P.Adj Semi | 20 Hs      |

### III - Características del Curso

| Credito Horario Semanal |          |                   |                                       |       |
|-------------------------|----------|-------------------|---------------------------------------|-------|
| Teórico/Práctico        | Teóricas | Prácticas de Aula | Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc. | Total |
| 8 Hs                    | Hs       | Hs                | Hs                                    | 8 Hs  |

| Tipificación                                   | Periodo         |
|--|-----------------|
| B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio | 2° Cuatrimestre |

| Duración   |            |                     |                   |
|------------|------------|---------------------|-------------------|
| Desde      | Hasta      | Cantidad de Semanas | Cantidad de Horas |
| 04/08/2025 | 14/11/2025 | 15                  | 112               |

### IV - Fundamentación

La magnetobiología estudia la interacción de campos estáticos y de bajas frecuencias (300 Hz o menos), típicamente débiles (hasta algunos miliTeslas), con los organismos vivos. Es una disciplina francamente interdisciplinaria, con aportes fuertes desde la Biología y la Ingeniería y, obviamente, desde la Física. Existen al menos tres aspectos de la magnetobiología que hacen particularmente pertinente la oferta de un curso introductorio hacia el final de una carrera de Licenciatura en Física: 1) comprender los mecanismos subyacentes a la interacción de los campos en cuestión con la materia viva representa un desafío científico aún sin resolver, que si bien requerirá un trabajo multidisciplinario con aportes indispensables desde la Biología, demandará sólidos aportes desde la Física. 2) Por un lado, la posibilidad de aplicar dichos campos al tratamiento de enfermedades y, por otro, el dilucidar si los mismos pueden resultar perjudiciales para la salud, son cuestiones delicadas en términos de seguridad pública que deberían ser exploradas por equipos que incluyan integrantes con una fuerte formación en Física. 3) La posibilidad de aplicar campos magnéticos a bacterias y levaduras, que son organismos centrales en múltiples procesos industriales (biotecnología, industria agroalimentaria) representa un potencial campo de desarrollo para los licenciados más orientados a un perfil aplicado/tecnológico.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Se pretende que el estudiante que apruebe este curso:

- 1) Obtenga una mirada panorámica sobre el campo de acción de la magnetobiología: que conozca cuáles son sus sub-disciplinas de especialización y los principales problemas sin resolver en cada una de ellas.
- 2) Posea un conocimiento crítico de los principales modelos teóricos de interacción, sus fortalezas y sus debilidades.
- 3) Conozca pormenorizadamente las recomendaciones más exigentes sobre metodología experimental en magnetobiología, y

su justificación.

4) Ensaye, en el marco de la magnetobiología, escritura científica de una monografía o un artículo.

5) Realice una experiencia de diseño experimental típico de magnetobiología.

## VI - Contenidos

### CONTENIDOS MÍNIMOS

Introducción a la magnetobiología: conceptos de bioelectromagnetismo, biomagnetismo, y magnetobiología. Repaso de hallazgos experimentales reportados en la literatura. Modelos teóricos de interacción en magnetobiología. Recomendaciones metodológicas en magnetobiología experimental. Magnetobiología y biomedicina.

### PROGRAMA

UNIDAD 1. Introducción (2 semanas). Conceptos de bioelectromagnetismo, biomagnetismo, y magnetobiología. Repaso de hallazgos experimentales reportados en la literatura: experimentos in vitro e in vivo, en animales y en humanos.

Experimentos con campos estáticos (DC) y con campos estáticos y alternos (DC+AC) combinados. Campos fuertes, intermedios y débiles.

UNIDAD 2. Modelos teóricos de interacción (5 semanas). El problema “kT” en magnetobiología. Modelos de cinética química. Resonancia estocástica. Modelos macroscópicos (efectos de orientación, corrientes parásitas, magnetohidrodinámica, cuerpos macroscópicos cargados). Críticas al modelo de ciclotrón. Resonancia paramétrica. Radicales libres. Interferencia de iones ligados.

UNIDAD 3. Recomendaciones en magnetobiología experimental (2 semanas). Fuentes de generación de campos, consideraciones básicas. Sensado: calibración y mapeo. Campos homogéneos e inhomogéneos. Blindaje: mu-metal y cajas de Faraday. Variables de confusión: temperatura, campos de fondo, otros. Variables que deberían ser reportadas en un estudio de magnetobiología.

UNIDAD 4. Magnetobiología y biomedicina (4 semanas). Controversia sobre la posible carcinogenicidad de los campos magnéticos. Magnetobiología y nanopartículas magnéticas. Magnetoterapias establecidas (rehabilitación de tejidos blandos y soldaduras óseas) y no-establecidas (cáncer, enfermedades neurodegenerativas, infecciones).

UNIDAD 5. Trabajo final integrador, TFI (2 semanas). Cada alumno deberá desarrollar un trabajo final integrador a lo largo de todo el cursado. La aprobación del TFI implicará la promoción del curso. Las últimas 2 semanas del curso se dedicarán a las defensas orales de los TFI's.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

- Práctico 1: Herramientas básicas de búsqueda y administración bibliográfica.
- Práctico 2: Implementación computacional de un modelo de interacción.
- Práctico 3: Interpretación crítica de un artículo científico a elección.
- Práctico 4: Diseño de una serie completa de experimentos.
- Además, a partir de la tercera semana de cursado, se considerará como trabajo práctico la presentación escrita y oral de avances en la redacción del Trabajo Final Integrador. Estas presentaciones deberán hacerse todas las semanas restantes (12 en total) hasta el final del cursado.

\* El número y contenido de los trabajos prácticos podrán ajustarse, previo consenso con los/as estudiantes, a fin de adaptar la cursada a los intereses particulares que pudieran manifestar, novedades que surgieran en el estado del arte, y/o el criterio del docente a cargo del curso.

## VIII - Regimen de Aprobación

- Alumno regular: Asistencia al 60 % de las clases dictadas, y aprobación de los 4 TPs, y de 7 de las 12 presentaciones de avance del TFI.
- Alumno promocional: es el alumno regular que presenta y aprueba el Trabajo Final Integrador.
- Alumno libre: el que no cumple con las condiciones de regularidad. No hay la posibilidad de rendir la materia en condición de libre.

## IX - Bibliografía Básica

[1] I. V. N. Binhi, Magnetobiology, Underlying Physical Problems (Elsevier Science, Ltd., Bath, UK, 2002), p. 314.

- [2] 2. Binhi VN, Prato FS. A physical mechanism of magnetoreception: Extension and analysis: A Physical Mechanism of Magnetoreception. *Bioelectromagnetics*. 2017 Jan;38(1):41–52.
- [3] 3. Binhi VN, Prato FS. Rotations of macromolecules affect nonspecific biological responses to magnetic fields. *Sci Rep* 2018;8(1).
- [4] 4. Yu S, Shang P. A review of bioeffects of static magnetic field on rodent models. *Prog Biophys Mol Biol*. 2014 Jan;114(1):14–24.
- [5] 5. Makinistian L. A novel system of coils for magnetobiology research. *Rev Sci Instrum*. 2016 Nov;87(11):114304.
- [6] 6. Makinistian L, Belyaev I. Magnetic field inhomogeneities due to CO2 incubator shelves: a source of experimental confounding and variability? *R Soc Open Sci*. 2018 Feb;5(2):172095.
- [7] 7. Makinistian L, Muehsam DJ, Bersani F, Belyaev I. Some recommendations for experimental work in magnetobiology, revisited: Recommendations for Magnetobiology Research. *Bioelectromagnetics*. 2018 Oct;39(7):556–64.
- [8] 8. Makinistian L, Marková E, Belyaev I. A high throughput screening system of coils for ELF magnetic fields experiments: proof of concept on the proliferation of cancer cell lines. *BMC Cancer* 2019;19(1).

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] 1. Misakian M, Sheppard AR, Krause D, Frazier ME, Miller DL. 1993. Biological, physical, and electrical parameters for in-vitro studies with ELF magnetic and electric fields — a primer. *Bioelectromagnetics* 14:1 – 73.
- [2] 2. Vanderstraeten J. Magnetic fields and health: from epidemiology to cryptochrome chemistry. *Magn Fields*. 2017;10.
- [3] 3. Schüz J, Dasenbrock C, Ravazzani P, Rössli M, Schär P, Bounds PL, et al. Extremely low-frequency magnetic fields and risk of childhood leukemia: A risk assessment by the ARIMMORA consortium: Risk Assessment ELF-MF and Childhood Leukemia. *Bioelectromagnetics*. 2016 Apr;37(3):183–9.
- [4] 4. N. M. Shupak, F. S. Prato, W. Thomas. Therapeutic uses of pulsed magnetic-field exposure: A review. *Radio Sci Bull*. 2003;(307):9–32.
- [5] 5. Valberg PA. 1995. Designing EMF experiments: what is required to characterize “exposure”? *Bioelectromagnetics* 16:396 – 401.
- [6] 6. WHO. Extremely Low Frequency Fields, World Health Organization Environmental Health Criteria 238 [Internet]. Geneva: WHO Press; 2007.

## XI - Resumen de Objetivos

Se pretende que el estudiante que apruebe este curso obtenga una mirada panorámica de los alcances de la magnetobiología, obtenga un conocimiento crítico de los modelos teóricos de interacción, conozca y comprenda pormenorizadamente las recomendaciones vigentes sobre trabajo experimental en la disciplina, y realice una práctica concreta de diseño experimental típica de la disciplina.

## XII - Resumen del Programa

Introducción a la magnetobiología: conceptos de bioelectromagnetismo, biomagnetismo, y magnetobiología. Repaso de hallazgos experimentales reportados en la literatura. Modelos teóricos de interacción en magnetobiología. Recomendaciones metodológicas en magnetobiología experimental. Magnetobiología y biomedicina.

## XIII - Imprevistos

El presente programa puede presentar ajustes según surjan imprevisto.

## XIV - Otros

-

**ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA**

**Profesor Responsable**

Firma:

Aclaración:

Fecha: