



## Geometría Algebraica

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Ninguno
  - **Clave:** AFB-18
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MBa
- 

**Descripción de la asignatura:** La materia cubrirá los tópicos básicos de Geometría Algebraica, desde el punto de vista de variedades algebraicas y con énfasis en la utilización de las técnicas de haces coherentes y cohomología. La última unidad tendrá un carácter informativo, omitiendo demostraciones y avanzando hasta donde el tiempo lo permita.

### Contenido:

**Conceptos fundamentales.** Lema de Normalización de Noether y Teorema de los Ceros. Correspondencia entre cerrados afines e ideales de  $k[x_1, \dots, x_n]$ . Haces, definiciones básicas. Haces definidos en una base y su extensión a todo el espacio. Germen en un punto. Morfismos inyectivos y sobreyectivos. Sucesiones exactas de haces. Espacios anillados. La categoría de prevariedades. Variedades afines como espacios anillados. Definición de prevariedades y morfismos. Productos en la categoría de prevariedades. Axioma de Hausdorff y definición de variedades. Teoría de dimensión. Teorema del ideal principal y morfismos finitos. Caracterizaciones de dimensión. El teorema de dimensión de las fibras. Variedades completas. El lema de Chow. Topología fuerte, variedades complejas. Caracterización de variedades complejas completas.

**Fibrados vectoriales y divisores.** Variedades no singulares y normales. Definiciones básicas. Diferenciales de Kähler, vectores tangentes y espacios vectoriales. Estudio diferencial de un morfismo. Normalización y desingularización. El caso de curvas. Correspondencia entre divisores de Cartier, haces invertibles y fibrados en rectas. Divisores de Weil y de Cartier. Equivalencia lineal y grupo de Picard. Cohomología de Čech. La sucesión larga en cohomología. Haces coherentes, teoremas de finitud de cohomología para haces coherentes definidos en variedades proyectivas. Sistemas lineales, morfismos asociados a sistemas lineales. Haces amplios y muy amplios. El Teorema de Bertini. Teorema de la sección hiperplana de Serre. Dualidad de Serre. El caso de curvas: Teorema de Riemann-Roch. La aplicación canónica.

**Variedades complejas.** Variedades no singulares y variedades complejo-analíticas. El principio GAGA. Clases de Chern. Resultados principales de la Teoría de Hodge.

**Bibliografía básica:**

- D. Mumford, The Red Book of Varieties and Schemes. Springer Verlag LNM 1358, 1999.
- R. Hartshorne, Algebraic Geometry. Springer Verlag GTM 52, 1977.
- P. Griffiths and J. Harris. Principles of Algebraic Geometry, John Wiley & Sons, Inc. 1978.
- J.P. Serre. Faisceaux Algebriques Coherents, Annals of Mathematics vol 61 no2 1955, 197-278.



## Teoría de Gráficas

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Ninguno
  - **Clave:** AFB-19
  - **Asignatura:** Básica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MBa
- 

**Descripción de la asignatura:** A través de una revisión exhaustiva sobre algunos de los resultados clásicos de la teoría de gráficas, se pretende introducir al estudiante en las técnicas y métodos estándar del área. Al mismo tiempo, se discutirá sobre el impacto que dichos resultados han tenido o pueden tener en áreas como la optimización combinatoria, las ciencias computacionales, la investigación de operaciones, etc. Como un refuerzo en la comprensión tanto de los teoremas analizados y sus aplicaciones como de las técnicas utilizadas en sus demostraciones, se contemplan las siguientes actividades por parte del estudiante: resolución frecuente de ejercicios, lectura de artículos científicos relacionados, exposiciones sobre aplicaciones de los teoremas discutidos en clase, etc.

### Contenido:

- Apareamientos.
- Conexidad.
- Gráficas planares.
- Coloraciones.
- Flujos.
- Teoría extremal de gráficas.

### Índice temático:

1. **Apareamientos.** Caminos aumentantes. Teorema de Berge. Teorema de Hall. Apareamientos y cubiertas. Teorema de Tutte-Berge. Apareamientos perfectos y factores. Teorema de Tutte. T-Uniones.

2. **Conexidad.** Conexidad por vértices. Teorema de Menger. Estructura de las gráficas 3-conexas. Teorema de Mader. Conexidad por aristas. Teorema de Nash-William.

3. **Gráficas planares.** Preliminares topológicos. Gráficas planas. Dibujos. Teorema de la curva de Jordan. Menores. Teorema de Kuratowski. Criterio algebraico de planaridad. Gráfica dual plana. Teorema de Wagner. Característica de Euler.



4. **Coloraciones.** Coloraciones de mapas. Número cromático. Teorema de Brook. Conjetura de la partición por caminos. Teorema de las gráficas perfectas. Teorema fuerte de las gráficas perfectas. Polinomio cromático. Índice cromático. Teorema de Vizing. Teorema de los 5-colores. Teorema de los 4-colores.

5. **Flujos. Teorema de flujo máximo y corte mínimo.** Algoritmo de Ford-Fulkerson. Circulaciones. Flujos en redes. K-flujos. Teorema de Tutte sobre 1-factores. Conjetura de Tutte para flujos.

6. **Teoría extremal de gráficas.** Caminos y ciclos. Subgráficas completas. Caminos y ciclos de Hamilton. Menores. Conjetura de Hadwiger. Lema de Szemerédi.

**Bibliografía básica:**

- J. A. Bondy and U. S. R. Murty, Graph theory, 1st. Edition. Springer, 2008.
- Reinhard Diestel, Graph theory, 4th Edition. Springer, 2010.

**Bibliografía complementaria:**

- Béla Bollobas, Modern graph theory, 1st. Edition. Springer, 1998.



## Teoría algebraica de los números

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Ninguno
  - **Clave:** AFB-20
  - **Asignatura:** Básica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MBa
- 

**Descripción de la Asignatura:** Se pretende que el alumno conozca cuatro resultados importantes en esta teoría: Sea  $Q$  el campo de los números racionales y sea  $k$  una extensión finita sobre  $Q$ . Sea  $O_k$  el anillo de enteros algebraicos de  $k$ . Se probará que  $O_k$  es noetheriano, el teorema de Dedekind sobre la descomposición de ideales de  $O_k$ , el teorema de las unidades de Dirichlet y la finitud del número de clase de  $k$ . También se estudia el punto de vista de las valuaciones. En particular, la formula del producto sera importante.

### Contenido:

- Anillos de Dekind y anillos de enteros algebraicos
- Campos Completos

### Índice Temático:

1. **Anillos de Dekind.** Módulos y módulos sobre dominios de ideales principales. Anillos locales. Cerradura entera. Anillos de valuación discreta y anillos de Dedekind. Ideales fraccionarios y el grupo de clase. Normas y trazas. Extensiones de anillos de Dedekind. Ramificación. Terminología de campos de números algebraicos. Finitud del grupo de clase. Teorema de las unidades de Dirichlet. Ejemplos: Campos cuadráticos y campos ciclotómicos.
2. **Campos Completos.** Valuaciones y completaciones. Valuaciones arquimedianas y no-arquimedianas. La topología de las completaciones de campos de números algebraicos. La fórmula del producto.

### Bibliografía básica:

- Kenneth Ireland, Michael Rosen, *A Classical Introduction to Modern Number*, Springer-Verlag, 1990.
- Gerald J. Janusz, *Algebraic Number Fields*, American Math. Society, 1996.
- Serge Lang, *Algebraic Number Theory*, Springer-Verlag, 19904.



- Pierre Samuel, *Théorie Algébrique des Nombres*, Hermann Éditeurs des Sciences et Arts, 2003.



## Biocontrol de enfermedades en plantas

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-1
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BCMI
- 

**Descripción de la asignatura:** Con el mayor entusiasmo observado hacia la biotecnología, en las últimas décadas, se ha derivado en una nueva área promisoriosa de aplicación tecnológica referida comúnmente como biotecnología microbiana. Un beneficio potencial de la biotecnología microbiana es el desarrollo de estrategias de biocontrol contra las enfermedades y plagas en plantas, o productos promotores del crecimiento de los cultivos. Una forma exitosa para el manejo de las enfermedades, plagas y malezas en la agricultura sin el uso de pesticidas, es el control biológico utilizando agentes de biocontrol, en donde el principio activo son organismos vivos que permiten la regulación del nivel de incidencia de patógenos, plagas y malezas. El término biocontrol ha sido aplicado también al uso de productos naturales extraídos o fermentados a partir de varias fuentes de organismos; productos naturales que pueden ser ingredientes simples o mezclas complejas con efectos múltiples en la planta hospedero así como en el patógeno o plaga, tales productos se conocen como biofertilizantes o biopesticidas. El control biológico comprende el uso de parásitos, predadores, antagonistas, microorganismos de rápido crecimiento, atrayentes sexuales, productos de microorganismos, entre otras formas de biocontrol. El desarrollo de nuevas estrategias y su efectiva adopción requiere cada vez más, de un mayor entendimiento de las interacciones complejas entre plantas, microorganismos (patógenos y benéficos) y el medio ambiente.

### Índice temático:

1. **Introducción.**
2. **El concepto de control biológico y agente de biocontrol.**
3. **Tipos de interacciones entre especies y su impacto en el control biológico.** Mutualismo, comensalismo, protooperación, neutralismo, antagonismo, parasitismo y predación.
4. **Mecanismos de acción de los agentes de biocontrol.** Competencia por espacio. Síntesis de aleloquímicos: competencia por hierro y sideróforos, antibiosis, hidrolasas y actividad hiperparasítica. Detoxificación y degradación de factores de virulencia. Inducción de resistencia ante patógeno en hospedero.



5. **Inducción de resistencia sistémica en planta.** Elicitores. Genes de resistencia y genes de defensa. Resistencia sistémica adquirida (RSA) y Resistencia sistémica inducida (RSI). Variabilidad de la resistencia sistémica y factores ambientales.
6. **Sistemas de biocontrol más utilizados contra microorganismos y nematodos.** Agentes bacterianos: *Pseudomonas* sp. Agentes fúngicos: micorrizas, *Rhizoctonia* binucleada. Enzimas líticas y otros metabolitos de microorganismos con actividad anti-fitopatógeno. Fitoproteínas antivirales. Micoviruses.
7. **Respuestas de defensa en raíz ante invasión por microorganismos simbiotes:** Reacciones celulares asociadas con micorrizas arbusculares. Reacciones celulares asociadas con bacterias noduladoras. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal.
8. **Sistemas de biocontrol contra malezas:** Microherbicidas. Otros microorganismos.
9. **Búsqueda de agentes de biocontrol:** Selección de microorganismos. Incremento de actividad antagónica contra patógenos.
10. **Técnicas de biocontrol en pruebas de laboratorio e invernadero.**

**Bibliografía:**

- Greg J. Boland, David Kuykendall. Plant-Microbe Interactions and Biological control. Marcel Dekker, Inc. USA. 1999.
- R. K. Upadhyay, K. G. Mukerji, and B.P. Chamola. Biocontrol Potential and its Exploitation in Sustainable Agriculture. Vol. I. CropDiseases, Weeds, and Nematodes. . Kluwer Academic/Plenun Pub. USA. 2000.
- Michel Nicole and Vivienne Gianinazzi-Pearson. Hystology, Ultrastructure and Molecular Cytology of Plant-Microorganism Interactions. Kluwer Academic Press. USA. 1997.
- Selección de paquete de artículos científicos de actualidad.



## Biotecnología para remediación del estrés en plantas

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-2
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BCMI
- 

**Descripción de la asignatura:** La generación de productos agroalimentarios enfrenta nuevos retos, incluido el cambio climático que impone principalmente, escasas de agua y altas temperaturas. La producción sustentable requerirá mejor uso de los recursos, nuevas herramientas y nuevas tecnologías. La innovación agrícola mediante la creación de nuevas soluciones desempeña una función central en la productividad de largo alcance, y en la preservación del medio ambiente.

Por su parte, en un organismo, incluidas las plantas, su comportamiento en interacción con el medio ambiente es extremadamente complicado. La respuesta de las plantas al estrés impuesto por factores ambientales adversos, depende de una multitud de ajustes en la expresión de genes y en las rutas metabólicas con numerosas interconexiones entre ellas. En un sistema tan intrincado, los mecanismos responsables de la respuesta son difíciles de descifrar. Con el avance científico se han perfeccionado herramientas de biología molecular que permiten descubrir con mayor celeridad, moléculas o conjuntos de moléculas implicadas en la integración de las respuestas de adaptación, de tolerancia o de resistencia a diversos tipos de estrés ambiental, tanto biótico como abiótico, que pueden ser usadas para desarrollos biotecnológicos. Del mismo modo, el avance del conocimiento de la biodiversidad ha permitido establecer que en el ambiente comúnmente se encuentran especies con capacidad de coexistir, e incluso interactuar en un sentido de cooperación para beneficio mutuo. Las plantas son capaces de interactuar con una infinidad de microorganismos habitantes naturales en la rizósfera y en la filósfera. La agrobiotecnología se basa en el aprovechamiento de un conjunto de herramientas desde el mejoramiento genético asistido con el uso de marcadores moleculares, el uso de microorganismos o sus productos para potenciar el crecimiento de las plantas o protegerlas contra plagas y enfermedades, hasta la modificación genética de alguna especie para introducir la característica deseada para la solución de un problema específico.

### Índice temático:

1. **Introducción.**
2. **Señales de transducción durante estrés abiótico y biótico.**
3. **Complejidades en la expresión de genes en planta ante estrés.**

4. **Promotores y factores de transcripción en la expresión de genes en respuesta a estrés.**
5. **Recursos para la identificación de nuevos genes clave (tipo factores de transcripción).**
6. **Estudios de genómica para el entendimiento de la respuesta en plantas ante estrés.**
7. **El proteoma y el interactoma en la respuesta ante estrés en plantas.**
8. **Biodiversidad de microorganismos en la rizósfera y filósfera.**
9. **Selección de especies de microorganismos benéficos.**
10. **Herramientas de biotecnología de utilidad para la agricultura.** Mejoramiento genético asistido con marcadores moleculares. Búsqueda de genes con utilidad potencial en la respuesta a estrés en plantas: *In vivo* mediante genética directa y genética reversa, *In silico* (bases de datos, bioinformática). Inserción de secuencias en genomas de especies vegetales. Inserción de secuencias en genomas de microorganismos. Sobreexpresión y silenciamiento de genes endógenos de utilidad ante estrés en plantas. Técnicas de micropropagación de especies vegetales. Diseño de productos bioactivos para fines agrícolas: a base de microorganismos vivos o lisados, a base de productos de secreción de microorganismos, formulación de combinados de microorganismos o productos de microorganismos.
11. **Prácticas en laboratorio (y campo).** Identificación de marcadores moleculares en genomas de plantas. Aislamiento de microorganismos silvestres: a partir de muestreo de suelos agrícolas y forestales, a partir de tejido radical de especies agrícolas y silvestres, a partir de tejido foliar y tallo de plantas silvestres y cultivadas. Formulación de bioactivos de aplicación agrícola. Transformación genética en bacterias (*Escherichia coli*, *Agrobacterium tumefaciens*). Transformación genética en planta: en planta completa, en raíz (planta compuesta, solo raíz transformada). Micropropagación de especies vegetales: en cactáceas, en especies forestales. en especies agrícolas.

#### **Bibliografía:**

- S.K. Sopory, Hans J. Bohnert, Govindjee. Abiotic Stress Adaptation in Plants: Physiological, Molecular and Genomic Foundation. Springer. USA. 2010.
- H.R. Lerner. Plant Responses to Environmental Stresses: From Phytohormones to Genome Reorganization: Marcel Dekker, Inc.. USA. 2001.
- James N. Seiber, Mahesh K. Bhalgat, William P. Ridley, Allan S. Felsot. Agricultural Biotechnology: Challenges and Prospects (ACS Symposium) American Chemical Society. USA. 2004.
- Francesco Francioni and Tullio Scovazzi Biotechnology and International Law (Studies in International Law). HART Pub. USA 2006.
- Selección de paquete de artículos científicos de actualidad.



## Ingeniería Metabólica de Microorganismos de Importancia Biotecnológica y Agrícola

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-3
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BCMI
- 

**Descripción de la asignatura:** El uso de microorganismos de interacción benéfica con plantas es una alternativa emergente para dar solución sustentable a problemas agrícolas (suelos con pobreza nutrimental, enfermedades causadas por fitopatógenos, bajo rendimiento agrícola, etc.). Dicha interacción benéfica planta-microorganismo está en gran parte mediada por la síntesis de metabolitos microbianos especializados que desencadenarán acciones protectoras para la planta. Con ello se hace obligatorio estudiar a detalle el metabolismo de estos microorganismos y su regulación. Dada la enorme diversidad metabólica microbiana representa por un lado un abanico de oportunidades para su aplicación biotecnológica y a la vez un reto científico para su completa caracterización. En este sentido la aplicación de estrategias de Ingeniería de vías metabólicas ha generado desarrollos de aplicación tales como la síntesis de metabolitos de interés en la industria alimentaria, farmacéutica y química. Además ha generado importante información a nivel de enzimas metabólicas clave, vías metabólicas y metabolismo global. Con lo anterior este curso está enfocado a estudiar el metabolismo microbiano asociado con las características de promoción del crecimiento vegetal y de biocontrol de agentes fitopatógenos de una forma holística, en la cual se integre información transcriptómica, proteómica, fluxómica, metabolómica, etc. Dicha integración tendrá como finalidad el entendimiento fino de la interacción benéfica planta-microorganismo y permitirá un diseño racional de metotipos microbianos que atiendan las necesidades agrícolas y ambientales emergentes.

### Índice temático:

1. **Metabolismo microbiano central y energético.**
2. **Metabolismo secundario y su regulación.**
3. **Metabolismo microbiano asociado a la promoción del crecimiento vegetal.**
4. **Metabolismo microbiano asociado al biocontrol de fitopatógenos.**
5. **Aplicación de estrategias de Ingeniería Genética en la construcción de organismos recombinantes. Sistemas de integración e interrupción de genes a**



nivel cromosomal. Evolución de Proteínas. Ingeniería de promotores. *Recombineering*.

6. Ingeniería metabólica tradicional, de evolución e inversa.
7. Análisis de flujos metabólicos.
8. Ingeniería metabólica y biología de sistemas.
9. Diseño racional de metabotipos microbianos.

#### **Bibliografía básica:**

- Smolke, C. 2010. The Metabolic Engineering Handbook. Volumen1. Fundamentals, Tools & Applications, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Stephanopoulos, G. N., Aristidou, A. 1998 Nielsen, J. Metabolic Engineering, Academic Press, N.Y.
- Fu, P., Panke, S. 2009. Systems biology and Synthetic Biology. 1ª Edición. Wiley. New Jersey.
- Ahmad, I., Pichtel, J., Hayat, S. 2008. Plant-Bacteria Interactions. Strategies and Techniques to Promote Plant Growth, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- de Bruijn, FJ. 2011. Handbook of molecular microbial ecology I : metagenomics and complementary approaches. Wiley-Blackwell. Hoboken, New Jersey



## Bio-georeferenciación

- 
- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** ninguno
  - **Clave:** AFE-4
  - **Asignatura:** específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura:** Aplicar la técnica de georeferenciación en la conservación de la biodiversidad. Georeferenciación: relación de información a su localidad geográfica. Al finalizar el curso, el estudiante tendrá un conocimiento general de qué es la georeferenciación y la manera en la que esta técnica se puede aplicar en la conservación de la biodiversidad de nuestro planeta.

### Índice temático:

1. **Introducción a la georeferenciación.** Definición de georeferenciación. Tipos de información geográfica. Cartografía y sistemas de información geográfica. Fuentes de información geográfica. INEGI, CONABIO, IUCN, NASA.. Catálogos de localidades. Bases de datos taxonómicos
2. **Sistemas de información geográfica.** Usar algunos programas de cómputo para el manejo y edición de información tabular y geográfica. Diva GIS. Manifold GIS. Arc GIS. SIIGE e IRIS. Otros sistemas de información geográfica.
3. **Georeferenciación práctica.** Precisión de datos de localidades. GPS, coordenadas, datum, elevación. Métodos para georeferenciar. Georeferenciación de puntos (práctica). Georeferenciación de puntos antiguos (práctica). Georeferenciación de áreas (práctica). Google earth (práctica).El deporte de los geógrafos Geocaching.
4. **Aplicaciones de datos georeferenciados en ecología, evolución y biodiversidad.** Datos georeferenciados en estudios de ecología, evolución y biodiversidad. Predicción de la distribución de especies usando el modelado de nicho ecológico (práctica). Análisis de la evolución del nicho en especies (práctica). Evolución de la biodiversidad y sus correlaciones ecológicas, ambientales y evolutivas (práctica).

### Bibliografía básica:

- Chapman, A.D. and J. Wieczorek (eds). 2006. Guide to Best Practices for Georeferencing. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility.



- Gaston, K. J. & J. I. Spicer. 2004. Biodiversity: An introduction. Second Edition. Blackwell Publishing. Malaysia.
- Hijmans, R.J., Guarino, L., Bussink, C., Mathur, P., Cruz, M., Barrientes, I. and Rojas, E. 2005. DIVA-GIS Version 5.2 A geographic information system for the analysis of biodiversity data.
- Hill, L. L. 2006. Georeferencing: the geographic associations of information. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge.
- Museum of Vertebrate Zoology. 2006. MVZ Guide for Recording Localities in Field Notes. Wieczorek, J. 2001. MaNIS/HerpNet/ORNIS Georeferencing Guidelines.



## Biología comparada

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Sistemática biológica
  - **Clave:** AFE-5
  - **Asignatura:** específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura:** La biología comparada estudia la diversidad de estructuras, funciones y organismos, tomando en cuenta sus cambios temporales y espaciales. Al analizar la diversidad de especies y taxones superiores, nos permitirá comprender los procesos y patrones evolutivos. Basándonos en la sistemática biológica y en un enfoque multidisciplinario (biogeografía, paleontología y embriología) nos permitirá introducirnos en estudios de biología comparada.

### Índice temático:

1. **Introducción y conceptos básicos.** Biología evolutiva. Biología comparada. Historia y escuelas de la sistemática biológica. Sistemática filogenética. Construcción de cladogramas. Determinación de estados plesiomórficos y apomórficos. Métodos de reconstrucción. Optimización. Cladogramas de consenso. Cladogramas y confianza.
2. **Especies y especiación.** Conceptos de especie. Hibridación y especies crípticas. Subespecies. Modelos de especiación. Límites entre especies mediante análisis filogenéticos.
3. **Clasificación filogenética.** Clasificación. Jerarquía. Subordinación y secuenciación, *sedis mutabilis* e *incertae sedis*. Taxones fósiles. Híbridos.
4. **Coevolución, adaptación y etología.** Conceptos de coevolución. Filogenia y coevolución. Diversificación adaptativa. Convergencia adaptativa. Constreñimientos filogenéticos. Diversificación etológica.
5. **Paleontología.** Fósiles y ancestros. Grupos tronco y corona. Estratigrafía.
6. **Ontogenia.** Desarrollo ontogenético. Constreñimientos del desarrollo. Heterocronía (peramorfosis y pedomorfosis).
7. **Biogeografía y conservación.** Biogeografía cladística. Cladogramas taxonómicos, resueltos y generales de área. Métodos. Filogeografía. Biogeografía de la conservación. Índices de peso taxonómico y divergencia taxonómica. Dispersión taxonómica. Complementariedad.



**Bibliografía básica:**

- Avise, J. C. 2004. Molecular markers, natural history and evolution. Sinauer Associates, Inc. Publishers. 2<sup>nd</sup> Edition. 684pp.
- Avise, J.C. 2000. Phylogeography. The history and formation of species. Harvard University Press. USA.
- Brooks and D. A. McLennan. 1993. Parascript: Parasites and the language of evolution. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Brooks, D. R. and D. A. McLennan 2002. The Nature of Diversity. Chicago: Univ. Chicago Press, 668 p.
- Brooks, D. R. and D. A. McLennan. 1991. Phylogeny, Ecology, and Behavior. A Research Program in Comparative Biology. The University of Chicago Press.
- Cracraft, J. and M. J. Donoghue. 2004. Assembling the tree of life, Oxford University Press, Oxford,
- Eldredge, N. and J. Cracraft. 1980. Phylogenetic patterns and the evolutionary process. Columbia University Press, New York.
- Felsenstein, J. 2004. Inferring phylogenies, Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Forey, P. L., C. J. Humphries, I. L. Kitching, R. W. Scotland, D. J. Siebert and D. M. Williams. 1992. Cladistics. A practical course in systematics. The Systematics Association, Publicación No. 10.
- Hennig, W. 1966. Phylogenetic Systematics. University of Illinois Press. 263 pp.
- Hillis, D. M., Moritz, C. and B. Mable (Eds.) 1996. Molecular Systematics. Second Edition. Sinauer Associates, Inc. Publ. Sunderland Massachusetts, USA. 655 pp.
- Howard, D. J. and S. H. Berlocher (eds) 1998. Endless Forms: Species and Speciation. Oxford University Press, New York, New York. 470 pp.
- Humphries, C. J., Parenti, L. R., and C. J. Humphries, C.J. 1999. Cladistic Biogeography: Interpreting Patterns of Plant and Animal Distributions. Oxford University Press, Oxford.
- Kitching, I. A., Forey, P. L., Humphries, C. J, and D. M. Williams. 1998. Cladistics: The Theory and Practice of Parsimony Analysis. Oxford University Press Inc., New York.
- Lecointre, G. and H. Le Guyader. 2006. The tree of life: A phylogenetic classification, Harvard University Press,
- Lipscomb, D. 1998. Basic Cladistic analysis. Washington D. C. George Washington University.
- Llorente, J. e I. Luna (eds.). 1994. Taxonomía biológica. Fondo de Cultura Económica-UNAM, México, D.F.
- Morrone, J. 2000. El lenguaje de la cladística. 1<sup>a</sup>. Edición. Dirección General de Publicaciones y Fomento editorial, UNAM, México. D. F. 109 pp.
- Morrone, J. 2001. Sistemática, Biogeografía y Evolución. Los patrones de la diversidad en tiempo-espacio. Las prensas de Ciencias, UNAM. Facultad de Ciencias, UNAM. 124pp



- Morrone, J. J. 2009. Evolutionary biogeography: An integrative approach with case studies, Columbia University Press, Nueva York
- Nelson, G. and N. Platnick. 1981. Systematics and biogeography: Cladistics and vicariance. Columbia University Press. New York. 567pp.
- Schuh, R. T. 2000. Biological systematics: Principles and applications. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca y Londres.
- Wheeler, Q. D., and R. Meier (eds). 2000. Species concepts and phylogenetic theory. Columbia University Press, New York.
- Wiens, J. J. 2000. Phylogenetic analysis of morphological data. Smithsonian Institution Press.
- Wiley, E. 1981. Phylogenetics: The theory and practice of phylogenetic systematics. John Wiley and Sons Inc. New York. 439pp.
- Wiley, E. O., D. Siegel-Causey, D. R. Brooks and V. A. Funk. 1991. The compleat cladist: A primer of phylogenetic procedures. Kansas. University of Kansas Museum of Natural History. No. Special 19: 1-158pp.
- Winston, J. E. 1999. Describing species: Practical taxonomic procedure for biologists. Columbia University Press, New York.



## Diversidad Bacteriana

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 10
  - **Práctica:**
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Sistemática biológica
  - **Clave:** AFE-6
  - **Asignatura:** específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura.** La transferencia horizontal de genes es un proceso que permite la movilidad de información genética y con ello, nuevas oportunidades para la colonización de nuevos nichos, actuando como un proceso catalizador de la adaptación y evolución de las especies. Por otro lado, los mecanismos de Mutagénesis de Fase Estacionaria (Mutación Adaptativa) y Mutagénesis Asociada a la Transcripción, son procesos que contribuyen a la adaptación y evolución de los organismos vivos en sus ambientes naturales y que además podrían tener implicaciones en el aumento de la diversidad genética en células diferenciadas desarrollo del cáncer y envejecimiento celular. Por lo anterior, el presente programa está orientado al estudio de dichos mecanismos, permitiendo al alumno un mejor entendimiento de los procesos de adaptación y evolución bacteriana.

### Índice temático:

1. **Transferencia Horizontal de Genes.** Implicaciones en procesos evolutivos. Contribución a la generación de diversidad bacteriana.
2. **Mantenimiento de plásmidos entre poblaciones bacterianas:** Eficiencia de autotransferencia. Genes con ventaja selectiva. Regulación de la síntesis del aparato conjugativo. Mutaciones compensatorias. Transferencia entre especies. Formación de biopelículas.
3. **Procesos involucrados en la generación de diversidad génica.** Transferencia Horizontal de genes. Duplicación de Genes. Rearreglo de genes. Diversidad génica y Recombinación.
4. **Mutagénesis de Fase Estacionaria. Modelos de estudio.** Factores Implicados. Teoría de la Hipermutabilidad Transitoria. Mutagénesis Asociada a la Transcripción.

### Bibliografía básica.



- Francino, P. M (Ed). 2012. Horizontal Gene Transfer in Microorganisms. Caister Academic Press. 202pp.
- Robleto E.A., Yasbin R., Ross C., and M. Pedraza-Reyes. 2007. Stationary Phase Mutagenesis in *B. subtilis*: A Paradigm to Study Genetic Diversity Programs in Cells Under Stress. *Crit. Rev. Biochem. Molecular Biology* 42: 327–339.
- Yasbin, R. E., and M. Pedraza-Reyes. 2004. Stationary phase-induced mutagenesis: is directed mutagenesis alive and well within neo-Darwinian theory. In R. Miller (ed.), *Microbial evolution: gene establishment, survival, and exchange*. ASM Press, Washington, DC.
- Cairns, J., J. Overbaugh, and S. Miller. 1988. The origin of mutants. *Nature* 335: 142–145.
- Kasak, L., R. Horak, and M. Kivisaar. 1997. Promoter-creating mutations in *Pseudomonas putida*: a model system for the study of mutation in starving bacteria. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 94: 3134–3139.
- Halas, A., H. Baranowska, and Z. Policinska. 2002. The influence of the mismatch repair system on stationary-phase mutagenesis in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Curr. Genet.* 42: 140–146.



## Evolución y diversidad de invertebrados

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Sistemática biológica
  - **Clave:** AFE-7
  - **Asignatura:** específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura:** Los primeros restos de muchos filos animales modernos (metazoa: eucarionte, heterotrófos, multicelulares se que alimentan por ingestión) se remontan a época de Edicara, y con ello la aparición de los animales caracterizados por la ausencia de vertebras. Los invertebrados son el resultado de millones de años de evolución sobre el planeta, de los más numerosos y habitan casi todos los ambientes desde el marino, estuarino, aguas epicontinentales hasta el terrestre, con formas de vida libre y parásitas. El curso se reconocerá de manera global la diversidad de invertebrados, los patrones evolutivos más importantes en arquitectura corporal, desarrollo, ciclos de vida, análisis sobre las diferentes hipótesis sobre su origen y radiación evolutiva. Finalmente, se hará una reflexión y en el contexto actual de su conservación y paralelamente, explorar su utilidad, aprovechamiento y nocividad para grupos selectos de invertebrados.

### Índice temático:

1. **Introducción y origen de los eucariontes:** El árbol de la vida y la multicelularidad: filogenias génicas y organismicas. Registro fósil. Orígenes inciertos, orígenes independientes, orígenes mixtos.
2. **La arquitectura animal general y su organización:** Simetría corporal, celularidad, tamaño corporal, hojas embrionarias y cavidades corporales. Locomoción y transporte, alimentación, excreción y osmorregulación, respiración.
3. **Desarrollo animal, ciclos de vida, patrones:** Huevo y embriones. Desarrollo y ciclo de vida. Reproducción y sexualidad. Genes y desarrollo animal. Evolución de la arquitectura corporal animal: aparición del sistema nervioso y órganos.
4. **Diversidad taxonómica de los animales (excepto vertebrados):** Origen y diversidad de los grupos basales de los metazoarios. Hipótesis filogenéticas alternativas y controversias. ¿Radiata vs. bilateria? Origen y diversidad de los grupos bilateria. Metazoarios: Ej. Acoela, Nemertodermatida, Gastrotricha, Gnathostomulida, Cycliophora, Ectoprocta, Entoprocta, Orthonectida, Cycliophora, Ectoprocta,



Entoprocta, Orthonectida, Rhombozoa, Nemertea, Phoronozoa, Mollusca, Annelida, Loricifera, Sipuncula, Priapulida, Nematoda, Nematomorpha, Tardigrada, Onychophora, Platyhelminthes, etc.

5. **Síntesis y perspectivas:** Novedades evolutivas y perspectivas. Utilidad, aprovechamiento y nocividad. Patrones de diversidad mundial y conservación de invertebrados.

**Bibliografía básica:**

- Ax, P. 2000. Multicellular animals. The phylogenetic system of the Metazoa, vo. II. Springer, Verlag, Berlin.
- Brusca, R. C. and G. J. Brusca. 2003. Invertebrates, 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland.
- Cracraft, J. and M. J. Donoghue. 2004. Assembling the tree of life, Oxford University Press, Oxford.
- Koenemann, S. and R. A. Jenner (eds.). 2005. Crustacea and arthropod relationships. , Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Lecointre, G. and H. Le Guyader. 2006 The tree of life. A phylogenetic classification. Harvard University Press, Cambridge.
- Minelli, A. 2009. Perspectives in animal phylogeny and evolution, Oxford University Press, Oxford.
- Nielsen, C. 2001. Animal evolution. Interrelationships of the living phyla, 2da ed. Oxford University Press, Oxford.
- Valentine, J. W. 2004. On the origin of phyla. The University of Chicago Press, Chicago. 614pp.



## Evolución y diversidad de vertebrados

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Sistemática biológica
  - **Clave:** AFE-8
  - **Asignatura:** específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura:** Los vertebrados (Vertebrata) se originaron durante la explosión cámbrica, a principios del Paleozoico, es un grupo muy diverso que incluye desde las lampreas hasta el hombre. Se caracterizan principalmente por una columna vertebral. La evolución desde los primeros vertebrados hasta los que actualmente viven ha sido un proceso con etapas claves como la aparición de mandíbulas, osificación del esqueleto, y aparición de extremidades, entre otras. Al finalizar el curso, el estudiante habrá comprendido la evolución, la importancia biológica y el estado del conocimiento de este grupo de organismos.

### Índice temático:

1. **Generalidades de vertebrados:** Clasificación tradicional y filogenética. Características generales de los grandes grupos (Hyperoartia, Chondrichtyes, Actynopherygii y Sarcopterygii)
2. **Evolución de los vertebrados:** Etapas claves en la evolución de los grupos, aparición de mandíbulas, osificación del esqueleto, evolución de extremidades, invasión al medio terrestre, aparición del huevo amniota.
3. **Adaptación y diversificación de los grandes grupos.** Diversificación de los vertebrados a lo largo de la historia. Diferencias en hábitats, número de especies, reproducción y aprovechamiento de nichos. Ectotermia y endotermia.
4. **Grupos extintos de vertebrados.** Registro fósil y extinciones de vertebrados. Declinación de vertebrados en la actualidad.
5. **Patrones de diversidad mundial y su comparación con la diversidad en México.** Diversidad mundial. Conocimiento actual de los vertebrados de México.
6. **Herramientas para el conocimiento de la diversidad de vertebrados.** Documentación y registro de organismos. Descripción de nuevas especies. Lista Roja. Iniciativas de Conservación.



**Bibliografía Básica:**

- Carroll, R. L. 1988. Vertebrate Paleontology and Evolution. W. H. Freeman & Co.
- Bellairs, A. de A. 1969. The life of reptiles. London, Widenfeld & Nicholson.
- Boitani, L. and T. K. Fuller. 2000. Research techniques in animal ecology: controversies and consequences. Columbia University Press.
- Gergus, E. W. A. and G. W. Schuett. 2000. Labs for vertebrate zoology: an evolutionary approach. Traverse City, MI, Cooper Publishing Group, LLC.
- Halliday, T. and K. Adler. 2002. Firefly Encyclopedia of Reptiles and Amphibians. Firefly books LTD.
- Hickman, C. P., L. S. Roberts, et al. 1993. Integrated principles of zoology. St. Louis, Mosby.
- Hickman, C. P., L. S. Roberts, et al. 2000. Animal diversity. Boston, McGraw-Hill.
- Kardong, K. V. 2003. Vertebrados. Anatomía comparada, función y evolución. McGraw-Hill Interamericana. 4<sup>th</sup> ed.
- Kardong, K. V. 2008. Vertebrates. McGraw-Hill. 5a. Ed.
- Krebs, C. J. 1999. Ecological methodology. Wesley Adison. 2da Ed.
- Mcdonald, D. 1985. The Encyclopedia of Mammals. Facts on File.
- Pough, F.H., Heiser, J.B. and Mcfarland, W. N. 2008. Vertebrate life. Prentice Hall International. 8<sup>th</sup> ed.
- Perrins, C. 2003. Firefly encyclopedia of Birds. Firefly Books LTD.
- Pough, F. H. 2003. Herpetology. Prentice Hall. 3<sup>rd</sup> ed.
- Randall, D. J., W. W. Burggren, et al. 1997. Eckert animal physiology: mechanisms and adaptations. New York, W.H. Freeman and Co.
- Vaughan, T. A., J. M. Ryan and N. J. Czaplewski. 2011. Mammalogy. 5<sup>th</sup> Edition. Jones & Bartlett Learning.
- Winston, J. E. 1999. Describing species: Practical taxonomic procedure for biologists. Columbia University Press, New York.



## Interacciones simbióticas

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Sistemática biológica
  - **Clave:** AFE-9
  - **Asignatura:** específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura:** La simbiosis es una de las fuerzas motrices de la evolución. El presente curso hará una revisión desde los conceptos básicos, fundamentos y análisis de literatura especializada sobre las diferentes relaciones simbióticas, grupos representantes, ciclos de vida y evolución de la diversidad simbiótica. Profundizará sobre las hipótesis de la evolución y diversidad de organismos simbióticos. Finalmente, se analizará y promoverá la investigación de las interacciones simbióticas en el mundo actual, mostrando una galería de ejemplos concretos de coevolución enfocados al sistema hospedero-parásito en metazoarios.

### Índice temático:

1. **Simbiosis en la evolución temprana de la vida:** teorías sobre el origen de la vida. Definición de simbiosis. Introducción a la teoría endosimbiótica. La simbiogénesis. Endosimbiosis seriada. Obteniendo genomas.
2. **Conceptos básicos e Interacciones entre las comunidades:** Interrelaciones positivas (Foresis, Comensalismo, Inquilinismo, Metabiótico, Mutualismo no obligatorio o Protocooperación, Simbiosis) e Interrelaciones negativas (Amensalismo, Competencia, Depredación, Parasitismo, Parasitoidismo).
3. **Cooperación y evolución.** Origen de las interacciones simbióticas. Teorías sobre el origen del sexo y reproducción. Teorema de Fisher. Hipótesis de la Reina roja.
4. **Interacciones:** Microorganismos simbióticos. Interacciones entre microorganismos y plantas. Líquenes y las micorrizas. Corales. Interrelaciones intraespecíficas. Asociaciones coloniales. Asociaciones Gregarias. Asociaciones Estatales. Territorialidad. Relaciones de convivencia. Técnicas generales de obtención de organismos simbióticos. Del antagonismo al mutualismo. Polinizadores: Recompensas, beneficios y engaños.
5. **Interacciones simbióticas parásito-hospedero:** coespeciación parasito- hospedero. El arte de ser un parásito. Parasitismo accidental, ocasional o facultativo. Tipos de parasitismos en función del origen de su alimentación. Especificidad parasitaria.

Monoxenias o heteroxenias. Vectores. Zoonosis. Breve introducción a la ecología de parásitos.

6. **Coevolución parásito-hospedero.** Conceptos básicos en coevolución. Coevolución específica o difusa. Coevolución de escape y radiación. Especificidad, Reciprocidad y Simultaneidad. Coespeciación por descendencia o Colonización. Adaptación. Coevolución gen-a-gen. Filogenias y coevolución. Análisis de parsimonia de Brooks y árboles reconciliados. Sistemática, biogeografía y conservación de invertebrados parásitos.

### Bibliografía Básica:

- Abrahamson W.G. y A. E. Weis 1997. Evolutionary ecology across three trophic levels. Princeton University Press, Princeton.
- Ax, P. 2000. Multicellular animals. The phylogenetic system of the Metazoa, vo. II. Springer, Verlag, Berlin.
- Brooks and D. A. McLennan. 1993. Parascript: Parasites and the language of evolution. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Brooks, D. R. and D. A. McLennan 2002. The Nature of Diversity. Chicago: Univ. Chicago Press, 668 p.
- Brooks, D. R. and D. A. McLennan. 1991. Phylogeny, Ecology, and Behavior. A Research Program in Comparative Biology. The University of Chicago Press.
- Brusca, R. C. y G. J. Brusca. 2003. Invertebrates, 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland.
- Bush A.O. et al. 2001 Parasitism: the Diversity and Ecology of Animal Parasites. Cambridge University Press.
- Coyne J. A. y H. A. Orr. 2004. Speciation. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Cracraft, J. y M. J. Donoghue. 2004. Assembling the tree of life. Oxford University Press, Oxford.
- Douglas, A. E. 1994. Symbiotic interactions. Oxford University Press.
- Freeman, S., and J. C. Herron. 2001. Evolutionary analysis. 2nd edition. Englewood Cliffs, N. J. Prentice Hall.
- Gregory. T. R. 2005. Evolution of the Genome. Elsevier, San Diego.
- Hickman, C. P., L. S. Roberts, et al. 2000. Animal diversity. Boston, McGraw-Hill.
- Kozo-Polyansky, B. M., L. Margulis, V. Fet and Peter H. Raven. 2010. Symbiogenesis: A New Principle of Evolution. Harvard University Press, Cambridge, MA
- Lecointre, G. y H. Le Guyader. 2006. The tree of life: A phylogenetic classification. Harvard University Press,
- Lynch, M. 2007. The origins of genome architecture. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Margulis, L. 1999. Symbiotic Planet: A New Look At Evolution. Basic Books.
- Margulis, L. and D. Sagan. 1990. Origins of Sex: Three Billion Years of Genetic Recombination. Yale University Press; Edición: New edition

- Margulis, L. and D. Sagan. 2002. *Acquiring genomes: a theory of the origins of species*. Basic Books. New York, NY, USA. 240pp.
- Margulis, L. y Schwartz, K. 1985. *Cinco reinos: guía ilustrada de los phyla de la vida en la Tierra*. Labor, Barcelona.
- Minelli, A. 2009. *Perspectives in animal phylogeny and evolution*. Oxford University Press, Oxford.
- Nielsen, C. 2001. *Animal evolution. Interrelationships of the living phyla*. 2da ed. Oxford University Press, Oxford.
- Price, P. W. 2003. *Species interactions and the evolution of biodiversity*. C. M. Herrera and. O. Pellmyr (eds).
- Roberts L. S. and Janovy, J. 2000. *Foundations of Parasitology*. McGraw Hill.
- Sapp, J. 1994. *Evolution by association. A history of symbiosis*. Oxford Univ. Press, Oxford, pp. 256.
- Strauss, S. y A. R. Zangerl. 2002. *Plant-insect interactions in terrestrial systems. Goldenrods, galimakers and natural enemies*, In. Herrera, C.
- Williams, G. C. 1992. *Natural Selection*, Oxford University Press.



## Sistemática molecular

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Sistemática biológica
  - **Clave:** AFE-10
  - **Asignatura:** específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura:** Introducir al estudiante en las técnicas y métodos utilizados en la sistemática molecular. Brindar al estudiante los elementos necesarios para la interpretación de los datos moleculares, con énfasis en la sistemática filogenética. El alumno al final el curso maneja los conceptos básicos y terminología. Reconocerá algunos de los métodos de análisis actuales de la sistemática molecular, así como su literatura. Utilizará algunas herramientas informáticas para la construcción de árboles filogenéticos.

### Índice temático:

1. **Introducción a la sistemática molecular.** Breve historia. Controversias. Conceptos básicos, ácidos nucleicos: estructura y función. Genes ortólogos, parálogos y xenólogos. Árboles de genes y árboles de especies. Transporte horizontal, polimorfismo y sorteo de linajes.
2. **Técnicas y marcadores moleculares.** Planteamiento del problema. Recolección y preservación de tejidos. Diferentes marcadores moleculares: genes ribosomales y mitocondriales. Estructura del genoma. Cromosomas y proteínas. Hibridización DNA-DNA. RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism). RAPD (Random Amplification of Polymorphic DNA). AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism PCR). Reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés). Secuenciación de ácidos nucleicos.
3. **Alineación de secuencias.** Homología en datos moleculares. Obtención de secuencias y bases de datos (GenBank, EMBL, etc.). Basic Local Alignment Search Tool (BLAST). Tipos de alineamiento. Análisis de las secuencias. Gaps. Variabilidad de secuencias y rango taxonómico a analizar.
4. **Filogenias moleculares: Parsimonia.** Criterio de optimización: máxima parsimonia. Estrategias en la búsqueda de árboles de máxima parsimonia. Árboles de consenso y apoyo de ramas. Longitud del árbol, cálculos de los índices de consistencia y de homoplasia. Análisis de secuencias nucleotídicas por medio de algunas herramientas bioinformáticas.

5. **Análisis de similitud y modelos de sustitución.** Criterio de optimización: distancia. Métodos de distancia (UPGMA, mínima evolución y neighbor-joining). Modelos de sustitución: Jukes-Cantor, Kimura81, Felsenstein81, HKY85 y GTR. Modelos de sustitución para aminoácidos y codones.
6. **Filogenias moleculares: máxima verosimilitud.** Criterio de optimización: maximum likelihood. Selección de modelo de sustitución. Métodos de máxima verosimilitud. Similitudes y diferencias con parsimonia.
7. **Filogenias moleculares: análisis bayesiano.** Criterio de optimización: Análisis Bayesiano. Método de Inferencia Bayesiana. Relación con máxima verosimilitud. Parsimonia o probabilidad.
8. **Incongruencia en particiones moleculares.** Variabilidad de secuencias y rango taxonómico a analizar. Congruencia taxonómica o análisis separados. Evidencia total o congruencia de caracteres. Combinación condicionada.
9. **Tendencias actuales.** Importancia del uso de las secuencias de ADN en las tendencias actuales para el estudio de la diversidad biológica: evolución de genes, medicina, reloj molecular. Análisis filogeográfico. Filogeografía comparada y biodiversidad. Taxonomía molecular, códigos de barra, delimitación de especies, filogenia, biogeografía y conservación.

#### Bibliografía básica:

- Avise J.C. 2000. Phylogeny: The history and formation of species. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Avise, 1994. Molecular markers natural history and evolution. Sinauer.
- Cracraft, J. y M. J. Donoghue. 2004. Assembling the tree of life, Oxford University Press, Oxford.
- Dale, J. W. y Malcolm von Schantz. 2002. From genes to genomes. Concepts and applications of DNA Technology, Ed. Jhon Wiley and Sons, Ltd., USA.
- Felsenstein, J. 2004. Inferring phylogenies, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA,
- Freeman, S. and J. C. Herron. 1998. Evolutionary Analysis. Prentice Hall.
- Hall, B. G. 2008. Phylogenetic trees made easy. 2a ed. Sinauer.
- Hall, B. G. 2001. Phylogenetic trees made easy. A how-to manual for molecular biologists. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts. 179 pp.
- Hillis, D. M., Moritz, C. and B. Mable (Eds.) 1996. Molecular Systematics. Second Edition. Sinauer Associates, Inc. Publ. Sunderland Massachusetts, USA. 655 pp.
- Kitching, I.A., Forey, P.L, Humphries, C.J, and D. M. Williams. 1998. Cladistics: The Theory and Practice of Parsimony Analysis. Oxford University Press Inc., New York.
- Lemey, P., Salemi, M. y A. M. Vandamme (eds.) 2009. Phylogenetic handbook: a practical approach to phylogenetic analysis and hypothesis testing. Segunda edición, Cambridge University Press, Cambridge.

- Lewis, O. P. 1998. Maximum likelihood as an alternative to parsimony for inferring phylogeny using nucleotide séquence data. En: Molecular systematics of plants II, DNA sequencing. Eds, D. E. Soltis, P.E. Soltis y J. Doyle. Capítulo 5.
- Li, W. 1997. Molecular Evolution. Sunderland: Sinauer Associates.
- Lynch, M. 2007. The originis of genome architecture. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Morrone, J. J. 2000. El lenguaje de la cladística. Universidad Autónoma de México. México. 109 pp.
- Mount, D. W. 2001. Bioinformatics. Sequence and genome analysis. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York, USA.
- Nei, M. and S. Kumar. 2000. Molecular Evolution and Phylogenetics. , Oxford University Press, Oxford.
- Page, R. D. M. and E. C. Holmes. 1998. Molecular Evolution. A phylogenetic approach. Blackwell Science, Oxford. 346 pp.
- Soltis, D.E., P.S. Soltis, and J. J. Doyle. 1998. Molecular Systematics of Plants II. DNA Sequencing. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.



## Microbiología molecular

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 10
  - **Práctica:** no
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** ninguno
  - **Clave:** AFE-11
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura:** El estudio de la Microbiología mediante el uso de técnicas de Biología Molecular se ha incrementado significativamente en las últimas décadas, de manera que el desarrollo de técnicas moleculares específicas para la manipulación genética de los microorganismos es un tema emergente. Es por eso que los temas incluidos en el presente programa abarcan los fundamentos de los métodos clásicos de biología molecular utilizados en microorganismos representativos de los dominios de la vida *Bacteria* y *Archaea* que permitirán al alumno reforzar los conocimientos de genética clásica de los microorganismos y métodos emergentes desarrollados para su estudio. Además, comprenderá los Fundamentos de las Técnicas más utilizadas para el estudio de la microbiología Molecular y sus aplicaciones.

### Índice temático:

1. **Genética molecular de los microorganismos.** Análisis del contenido guanina+citosina del DNA. Análisis de composición de bases mediante reasociación de DNA-DNA. Análisis de composición de bases mediante secuenciación de rRNAs.
2. **Análisis de ácidos nucleicos.** Análisis de secuencias de DNA y métodos de secuenciación. Análisis de uniones DNA-proteína. Ensayos de protección de DNA (footprinting). Mapeo de RNA transcrito.
3. **Mutagénesis por transposones.** Mecanismo de movilización de elementos transponibles. Transposón Tn5 como modelo de estudio. Mutación mediada por transposones. Mutagénesis aleatoria mediada por el transposón Tn5. Vectores suicidas del fago lambda. Vectores suicidas plasmídicos. Mapeo de mutaciones por inserción inducidas por Tn5. Clonación de genes mutados por Tn5. Mutagénesis dirigida mediada por el transposón Tn5. Vectores utilizados. Mapeo de inserción de plásmidos. Vectores de remplazamiento génico. Uso de transposones derivados del transposón Tn5.
4. **Estudio molecular de DNA plasmídico.** Características de los plásmidos bacterianos. Usos y aplicaciones de los plásmidos. Caracterización molecular de plásmidos bacterianos. Tamaño. Número de Copias. Composición de bases. Replicación y mantenimiento de funciones. Incompatibilidad. Nuevas aplicaciones del DNA plasmídico.

5. **Transferencia de genes en bacterias Gram-negativas.** Integración de DNA exógeno en el cromosoma bacteriano. Recombinación homóloga (sistema RecA). Recombinación no homóloga. Sistemas de recombinación en bacteriófagos. Métodos para la introducción de DNA a sitios específicos en el cromosoma bacteriano. Introducción de genes utilizando plásmidos como vectores. Introducción de DNA exógeno mediante transducción. Transferencia de DNA por transducción en *E. coli*. Transferencia de DNA por transducción en otros sistemas bacterianos. Aplicaciones. Introducción de DNA exógeno mediante transformación. Fundamentos y métodos para la introducción de DNA exógeno. Aplicaciones. Transferencia de DNA mediante conjugación.
6. **Intercambio genético entre bacterias Gram-positivas.** Mecanismos de transferencia de genes y sus aplicaciones. Conjugación. Transducción. Transformación. Transferencia de genes en varios grupos de bacterias Gram positivas. Streptococos. Estafilococos. Enterococos. Lactococos y bacterias fermentativas relacionadas. Bacilli. Clostridia. Micobacterias. Actinomicetos.
7. **Genética molecular del grupo *Archaea*.** Microorganismos halofílicos. Introducción. Cultivo y técnicas de transformación. Vectores utilizados para transformación. Microorganismos metanogénicos. Cultivo y técnicas de transformación. Vectores utilizados para la transformación. Microorganismos. Hipertermofílicos. Cultivo y técnicas de transformación. Vectores utilizados para la transformación.
8. **Manipulación genética mediante la utilización de fagos.** Introducción a la genética de fagos y sus aplicaciones. Aislamiento y caracterización de fagos. Construcción de librerías genómicas. Utilización de los fagos como vectores.

**Bibliografía básica:**

- Gerhardt P., R.G.E. Murray. W.A. Wood, and N. R. Krieg. 1994. Methods for General and Molecular Bacteriology. American Society of Microbiology. Washington D.C.
- Reddy C.A., T.J., Beveridge, J.A., Breznak, G.A. Marzluf, T.M., Schmidt, and L.R. Snyder. 2007. Methods for General and Molecular Microbiology. 3rd. Edition. ASM Press. Washington D.C.
- Summers, D.K. 1996. The Biology of Plasmids. Blackwell.Science Ltd., Oxford, United Kingdom.
- Sambrook, J., and Russell. 2001. Molecular Cloning: a laboratory Manual. 3rd. ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press , Cold Spring Harbor, NY.
- Sonenshein A.L., J.A. Hoch., and R. Losick. 1993. Bacillus subtilis and Other Gram Positive bacteria: Biochemistry, Physiology, and Molecular Genetics. ASM Press, Washington. DC.
- Sonenshein A.L., J.A. Hoch., and R. Losick. 1993. Bacillus subtilis and Its Closest Relatives: from Genes to Cells. ASM Press, Washington. DC.

## Inmunobiología

- 
- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** ninguno
  - **Clave:** AFE-12
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura.** Este curso se dirige a estudiantes de posgrado para prepararlos en el campo de la investigación y docencia en el área. Y se propone que los estudiantes al finalizar el curso, conozcan y comprendan los conceptos básicos de la Biología Celular y Molecular del desarrollo de sistema inmune, manejen los conceptos de inmunidad frente a las infecciones y conozcan las herramientas de laboratorio que son utilizadas en la Inmunobiología.

### Índice temático:

1. **Introducción e historia de la inmunología.** Conceptos básicos de inmunobiología. Científicos que han aportado su creatividad al conocimiento de esta ciencia y premios Nobel.
2. **Órganos linfoides, células de la respuesta inmune y productos solubles.** Células del sistema inmune. Células madre pluripotenciales. Órganos linfoides primarios y secundarios. Productos solubles.
3. **Respuesta inmune innata.** Barreras físicas, químicas y biológicas. Reconocimiento de los mecanismos de la respuesta inmune innata. Sistema del complemento. Fagocitosis e inflamación.
4. **Respuesta inmune adaptativa.** Respuesta inmune humoral (estructura general anticuerpos, propiedades biológicas, diversidad). Respuesta inmune celular. Receptores de antígenos. Interacción con el anticuerpo.
5. **Procesamiento y presentación de antígenos.** Procesamiento y presentación de antígeno. Complejo mayor de histocompatibilidad.
6. **Modulación del sistema inmune.** Regulación de interacción antígeno-anticuerpo. Citocinas. Modulación de la respuesta inmune por Th1 y Th2. Red de regulación del sistema inmune-endocrino y nervioso.
7. **Respuesta inmune contra infecciones bacterianas.** Diferencias entre la respuesta inmune a bacterias intracelulares e intercelulares. Evasión bacteriana a los mecanismos



de defensa del huésped. Contribución de la respuesta inmune a la patogénesis bacteriana.

8. **Respuesta inmune contra infecciones parasitarias.** Diferencias entre los distintos tipos de parásitos (protozoarios / helmintos). Evasión del sistema inmune por parásitos. Enfermedades causadas por protozoarios. Enfermedades causadas por helmintos.
9. **Respuesta inmune contra infecciones provocadas por hongos.** Clasificación de enfermedades por hongos. Control de la inmunidad innata a las infecciones por hongos. Inmunidad adquirida contra hongos.
10. **Respuesta inmune contra infecciones virales.** Composición viral, Virus neutralizados por anticuerpos. Importancia de la inmunidad mediada por células para el control viral. Evasión de los virus a los mecanismos de defensa del huésped.
11. **Cáncer.** Origen y terminología. Transformación maligna de células. Oncogenes e inducción del cáncer. Tumores del sistema inmune. Antígenos tumorales. evasión tumoral del sistema inmune. Inmunoterapia del cáncer.
12. **Tolerancia y autoinmunidad.** Establecimiento y mantenimiento de tolerancia. Enfermedades autoinmunes órgano-específicas. Enfermedades autoinmunes sistémicas. Modelos animales para enfermedades autoinmunes. Participación de: células T CD4+, MHC y TCR en autoinmunidad. Mecanismos propuestos para inducción de autoinmunidad.
13. **Sistemas experimentales.** Modelos animales experimentales. Cultivo de células. Tecnología de ADN recombinante. Microarreglos. Inmunofluorescencia.

#### Bibliografía básica:

- Primer to The Immune Response. Tak W. Mak and Mary E. Saunders. ELSEVIER 2011.
- Roitt. Inmunología Fundamentos. Delves/Martín Burton/Roitt. Médica Panamericana. 11ava Edición. 2008.
- Inmunología Celular y Molecular. Abbul K. Abbas/Andrew H. Lichtman/Shiv Pillai. ELSEVIER. 6ta Edición 2008.
- Inmunología de Kuby. Thomas J. Kindt/Richard A. Goldsby/Barbara A. Osborne. McGrawHill. 6ta Edición 2007.

## Patogénesis Bacteriana

- 
- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Ninguno
  - **Clave:** AFE-13
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura:** Uno de los grandes logros en Salud Pública durante el siglo XX fue la reducción significativa de la incidencia de enfermedades infecciosas debido a las mejoras en la higiene, vacunas y agentes antimicrobianos. Sin embargo, las enfermedades infecciosas siguen siendo problemas importantes de mortalidad global. Para comprender los complejos fenómenos de la patogénesis bacteriana es indispensable analizar la interacción de la célula hospedera con el patógeno bacteriano, lo cual refleja el balance co-evolutivo que asegura la propia sobrevivencia así, las bacterias desarrollan entre sus factores de virulencia mecanismos para interferir en respuestas celulares en su propio beneficio y por su parte el hospedero cuenta con una serie de mecanismos para protegerse de los patógenos bacterianos, además el medio ambiente juega un papel importante en este evento. En décadas recientes, el desarrollo de la biología molecular y las herramientas genéticas han permitido el estudio de aspectos celulares y moleculares de los factores de virulencia de las bacterias patógenas. Este conocimiento es de incalculable valor para el desarrollo de nuevos medicamentos, vacunas o métodos de diagnóstico necesarios para el control de las enfermedades infecciosas. Al finalizar el curso el alumno comprenderá los principios básicos de la patogénesis bacteriana y conocerá las herramientas que le permitan abordar aspectos específicos de ésta.

### Índice temático:

1. Estudio de la Patogénesis Bacteriana. Modelos utilizados para el Estudio de Patogénesis Bacteriana. Estrategias para la Identificación de Genes de Patogenicidad Bacterianos. Determinantes Genéticos de la Patogenicidad Bacteriana.
2. Comunicación bacteriana en la infección. Señalización intracelular en procariontes. Transducción de señales: sistema de dos componentes. Otros tipos de transducción de señales en bacterias. Monitoreo bacteriano del medio ambiente. Señalización célula-célula en bacterias: Quórum sensing y citocinas bacterianas. Recepción bacteriana de señales del hospedero.
3. Adhesión Bacteriana a la superficie celular y matriz extracelular de tejidos del hospedero. Adhesinas Fimbriales: Moléculas de Adhesión. Adhesinas no-Fimbriales. Biopelículas: Ruta secreta de las Comunidades Microbianas.

4. Daño al Hospedero causado por la Producción de Toxinas . Daño a Membranas Celulares por Toxinas: Modelos y Características Moleculares. 2. Toxinas con Blancos Intracelulares.
5. Invasión celular por patógenos bacterianos. Mecanismos de la entrada bacteriana a las células del Hospedero. Vida Bacteriana dentro de Vacuolas. La Vida bacteriana en el Citosol.
6. Evasión de las defensas del Hospedero. Evasión de las defensas inmunes de las superficies mucosas: Evasión de la IgA secretora. Evasión bacteriana a las citocinas, a los mecanismos de inmunidad innata, a la fagocitosis y al procesamiento de antígenos. Evasión de la inmunidad adquirida: Evasión de anticuerpos. Superantígenos y evasión de respuesta por linfocitos T. Obtención y uso de Nutrientes del Hospedero: El Modelo del Hierro. Resistencia Bacteriana al Sistema del Complemento. Resistencia bacteriana a Péptidos Antimicrobianos. Inducción bacteriana de la muerte del Hospedero.
7. Diseño de las nuevas vacunas y estrategias de modulación de la respuesta inmune. Propiedades de una vacuna. Inmunización pasiva. Vacunas de subunidades. Vacunas de conjugados. Nuevos adyuvantes. Programación de la inmunidad adaptativa. Inmunidad a mucosas. Tecnología de vacunas de DNA.
8. El futuro del estudio de la patogenicidad y en el control de enfermedades bacterianas *Caenorhabditis elegans* y la virulencia bacteriana. Estudio de mecanismos de patogenicidad en humanos y animales. Desarrollo de nuevos antibacterianos: Inhibición de la adhesión bacteriana. Péptidos antibacterianos. Uso de la genómica para identificar candidatos para vacunas.

**Bibliografía Básica:**

- Bacterial Disease Mechanisms. An introduction to cellular microbiology. Ed by Wilson M, McNab R y Henderson B. Cambridge University Press. 2008.
- Cellular Microbiology. Cossart P, Boquet P, Normark S y Rappuoli R. Cellular Microbiology. ASM Press. 2008.
- Virulence mechanisms of Bacterial pathogens. Brogden K, Roth J, Stanton T, Bolin CA, Minion FC, Wannemuehler MJ. Third Ed. ASM Press. 2000.
- Bacterial pathogenesis. A Molecular Approach. Wilson B, Salyers A, Whitt D, Winkler M. Third edition. ASM Press. 2011
- Virulence mechanisms of bacterial pathogens. Roth J. A. ASM Press Washington D.C. 1994.
- Reddy C.A., T.J., Beveridge, J.A., Breznak, G.A. Marzluf, T.M., Schmidt, and L.R. Snyder. 2007. Methods for General and Molecular Microbiology. 3rd. Edition. ASM Press. Washington D.C.



## Biología celular y cáncer

- 
- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Ninguno
  - **Clave:** AFE-14
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura:** La Biología Celular es fundamental para el conocimiento de la función y organización de órganos, tejidos y organismos. El objetivo del curso es que el alumno adquiera y discuta las bases teóricas adquiridas de los diversos temas relacionados con la estructura y función celular y las alteraciones para la progresión hacia cáncer.

Al finalizar el curso, el estudiante tendrá el conocimiento de la estructura y función celular eucariote. Además será capaz de desarrollar y discutir a profundidad los aspectos celulares involucrados en las 8 características que conducen al cáncer con la finalidad de proponer alternativas para terapia, diagnóstico y pronóstico.

### Índice temático:

1. **Las membranas celulares.** Estructura y composición química. Propiedades: semipermeabilidad, asimetría, fluidez, elasticidad, resistencia. Especializaciones de membrana.
2. **Núcleo y organización del material genético.** Envoltura nuclear. Matriz nuclear. Poro nuclear. Transporte dentro y fuera de núcleo. Cromosomas. Cromatina. Eucromatina. Heterocromatina.
3. **Citoesqueleto, matriz extracelular, uniones celulares y señalización celular.** Componentes de la matriz extracelular. Proteínas que participan como: laminina, fibrinectina y colágenos. Citoesqueleto. Microfilamentos. Filamentos intermedios. Microtúbulos. Uniones celulares. Tipos de uniones celulares. Transducción de señales. Señales químicas. Proteínas G. Segundos mensajeros. Señales mediadas por receptores intracelulares. Transducción de señales intracelulares por receptores de membrana, calcio, AMPc. Adaptación de la célula blanco.
4. **Transporte celular.** Transporte a través de las membranas citoplasmáticas. Transporte de pequeñas moléculas. Transporte pasivo. Transporte activo. Transporte

mediante vesículas: Endocitosis y Exocitosis. Retículo endoplasmático, complejo de Golgi y lisosomas.

5. **Origen del cáncer.** Jerárquica y estocástica. Células troncales formadoras de cáncer. Características celulares que inducen cáncer. Incremento de la proliferación celular. Disminución de la muerte celular programada. Evasión de las señales inhibitoras de crecimiento. Replicación ilimitada. Inducción de la angiogénesis. Incremento de migración e invasión. Inflamación y metabolismo celular. El microambiente contribuye a la formación de cáncer. Nichos celulares importantes en la formación de cáncer. Los diferentes tipos celulares que contribuyen a la formación de cáncer. Metástasis de células madre formadoras de cáncer y células accesorias.
6. **Subtipos de carcinomas.** Cáncer cérvico-uterino y virus de papiloma humano (VPH). Virus de papiloma humano. Proteínas tardías. Proteínas tempranas. Interacción de proteínas celulares y virales. Inmortalización por VPH. Eliminación de virus de papiloma humano y progresión maligna de cáncer cérvico-uterino. Lesiones pre-malignas y malignas cervicales. Neoplasia intraepitelial cervical I, II y III. Carcinoma *in situ* e invasor. Cáncer de mama. Genética y cáncer de mama. Medio ambiente y cáncer de mama. BCRA1 y 2 y cáncer de mama. Genes responsables de la alteración de la proliferación, ciclo celular, apoptosis y metástasis celular en cáncer de mama. Lesiones pre-malignas. Papiloma intraductual. Adenoma del pezón. Papilomatosis del pezón. Complejos moleculares proteína-ácido nucleico. Lesiones malignas de mama. Carcinoma tubular *in situ*. Carcinoma ductual *in situ*. Comedo carcinoma. Tipo sólido. Tipo cribriforme. Micropapilar. Papilar *in situ*. Microinvasivo.
7. **Modelos de multietapas de carcinogénesis.** Genes involucrados en cáncer. Genes que se alteran en cada una de las etapas de cáncer cérvico-uterino. Genes que se alteran en cada una de las etapas de cáncer de mama. Propuesta de nuevos marcadores.

#### Bibliografía básica:

- Molecular Cell Biology. Lodish H, Berk A, Matsudaira P, Kaiser Ch., Krieger M., Zipursky L, and Darnell J. Edition 5<sup>th</sup>. 2004. Freeman and Company.
- Molecular Biology of the Cell. Alberts B, Bray D, Lewis J, Raff M, Roberts K and Watson JD. Garland Publishing, Inc. 2008. Fourth Edition.
- Molecular and Cell Biology. Stephen L. Wolf. Wadsworth Publishing Co.
- Development Biology. Leon W Browder, Carol A Erickson and William R. J Saunders College Publishing.
- Guidebook to the Extracellular Matrix and Adhesion Proteins. Kreis T. and V R Sambrook & Tooze Publication at Oxford University Press.
- Cell and Molecular Biology. Concepts and Experiments. Gerald Karp. 6th. Edition 2010
- Molecular Biology. Robert F. Weaver. WCB Mc Graw-Hill.
- Cells. Benjamin Lewin, Lynne Cassimeris, Vishwanath R. Lingappa and George Plopper. 2007 Jones and Bartlett Publishers.
- Cell Biology. Thomas D. Pollard and William C. Earnshaw. 2008 Edition 2<sup>nd</sup>. Saunders Elsevier.



## RNAs no codificantes

- 
- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** Ninguno
  - **Clave:** AFE-15
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
- 

**Descripción de la asignatura:** El descubrimiento de los RNAs no codificantes ha revolucionado el conocimiento de la biología y el genoma humano, además proveer una regulación comprensible de los mecanismos de los genes codificantes y no codificantes. El equilibrio entre estos genes permite que los procesos celulares como proliferación, apoptosis, diferenciación, migración, invasión y senescencia se lleven de manera normal. La desregulación de genes no codificantes afecta de manera sustancial los procesos celulares conduciendo a varias enfermedades como infartos, cáncer, diabetes, etc. Se han descubierto varios RNAs no codificantes como microRNAs, piRNAs, lncRNAs, que están involucrados en el desarrollo embrionario, en la progresión hacia cáncer, sin embargo, constantemente se siguen descubriendo nuevos tipos de RNAs con funciones reguladoras que impactan directamente en la salud humana. Al término el estudiante conocerá los tipos de RNAs que se han descubierto hasta el día de hoy y su relación con los mecanismos de regulación molecular que se llevan a cabo en la célula.

### Índice temático:

1. **MicroRNAs, piRNAs y lncRNAs:** Biogénesis. Unidades transcripcionales. Transcritos primarios. Estructura y secuencias que los caracterizan. Regulación transcripcional. Procesamiento nuclear. Proteínas que inducen y/o reprimen el procesamiento en el núcleo. Exporte nuclear.
2. **MicroRNAs, piRNAs y lncRNAs:** Reconocimiento por RNAsas tipo III, Procesamiento en el citoplasma. Proteínas que inducen y/o reprimen el procesamiento en el citoplasma.
3. **Pseudogenes.** Localización y número de pseudogenes. Expresión de pseudogenes. Mecanismos moleculares de regulación. Esponjas moleculares. Reguladores de la expresión de genes.
4. **Estabilidad de mRNA.** Proteínas que se unen a la región 5'UTR y 3'UTR. Deadenilación por Poli (A) nucleasas. Remoción de la caperuza. Degradación vía 3' y 5'. Composición del exosoma. Enzimas XRNAs. Modificaciones nucleotídicas. Corpúsculos de procesamiento de mRNAs. Sistemas de supervivencia. NMD, NSD, NGD. Localización de



mRNAs en la célula.

5. **MicroRNAs y cáncer:** Oncogenes y genes supresores de tumores. OncomiRs y Anti-oncomiRs. mRNAs regulados por OncomiRs y Anti-oncomiRs. Proliferación y apoptosis regulada por OncomiRs y Anti-miRs. Metástasis e invasión reguladas por OncomiRs y Anti-miRs. Construcción de modelos de multietapas usando microRNAs.
6. **MicroRNAs en el mejoramiento de la salud:** microRNAs como agentes terapéuticos. microRNAs como marcadores genéticos. microRNAs como marcadores de diagnóstico y pronóstico. Uso de OncomiRs y Anti-miRs como marcadores tumorales.
8. **Herramientas de pérdida y ganancia de función para microRNAs:** Antisentidos, Modificaciones de primera, segunda y tercera generación. LNAs. Morfolinos. Vectores de expresión de primera y segunda generación. Métodos químicos y mecánicos para transportar microRNAs. Vesículas transportadoras de microRNAs.

#### Bibliografía básica:

- **Genes X.** Jocelyn E. Krebs, Elliot S. Goldstein. Stephen T. Kilpatrick. 2011 Edition 10<sup>th</sup>. Jones and Bartlett Publishers.
- **Molecular Cell Biology.** Lodish H, Berk A, Matsudaira P, Kaiser Ch., Krieger M., Zipursky L, and Darnell J. Edition 5<sup>th</sup>. 2004. Freeman and Company.
- **Molecular Biology of the Cell.** Alberts B, Bray D, Lewis J, Raff M, Roberts K and Watson JD. Garland Publishing, Inc. 2008. Fourth Edition
- **Molecular and Cell Biology.** Stephen L. Wolf. Wadsworth Publishing Co.
- **Development Biology.** Leon W Browder, Carol A Erickson and William R. J Saunders College Publishing.
- **Molecular Biology.** Robert F. Weaver. WCB Mc Graw-Hill.
- **Cells.** Benjamin Lewin, Lynne Cassimeris, Vishwanath R. Lingappa and George Plopper. 2007 Jones and Bartlett Publishers.



## Espectrometría de la radiación nuclear

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-16
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** CN
- 

**Descripción de la asignatura:** La determinación de los componentes de un campo de radiación nuclear, así como de su energía y la abundancia relativa de cada uno de ellos conlleva al conocimiento de la naturaleza de la fuente emisora y a través de ello, permite conocer cualitativamente y cuantitativamente la naturaleza misma de la muestra. Las implicaciones analíticas de la espectrometría de la radiación nuclear han dado origen a una gran variedad de técnicas analíticas nucleares, las que comparten a la espectrometría nuclear como un medio para el estudio y la metrología de las radiaciones emitidas en un evento nuclear espontáneo o inducido.

### Contenido:

- Espectrometría de radiación nuclear.
- Mediciones relativas y absolutas.
- Fuentes de referencia para espectrometría.
- Electrónica nuclear.
- Espectrometría de partículas cargadas.
- Espectroscopia de rayos x y rayos gamma.
- Aseguramiento de calidad en espectrometría nuclear.
- Aplicaciones.

### Índice temático:

1. **Espectrometría de radiación nuclear.** Espectro de energía. Medición de un espectro integral con un analizador monocanal. Medición de un espectro diferencial con un analizador monocanal. Relación entre distribución de altura de pulso y espectro de energía. Resolución de Energía. Calibración de un analizador multicanal.
2. **Mediciones relativas y absolutas.** Efectos de la geometría. Efectos de la fuente. Efectos del detector. Relación entre el conteo y la intensidad de la fuente.



3. **Fuentes y muestras para espectrometría.** Fuentes de referencia en actividad y en energía. Muestras líquidas. Muestras sólidas. Muestras gaseosas.
4. **Electrónica nuclear y análisis espectral.** Electrónica asociada. Calibración avanzada del espectrómetro. Suma de pulsos por coincidencia real. Análisis computarizado de espectros.
5. **Espectroscopia de partículas cargadas.** Dispersión (straggling) de energía. Espectroscopia de radiación beta (electrones). Espectroscopia de protones, alfas, deuterones. Espectrómetro de centelleo líquido. Detectores telescopio. Espectrómetros magnéticos y electrostáticos. Detectores sensibles a la posición. Medición de emisores alfa en muestras ambientales. Medición de emisores beta en muestras ambientales.
6. **Espectroscopia de rayos x y rayos gamma.** Modos de deposición de energía. Eficiencias. Detección de fotones con el cristal de NaI(Tl). Detección de gammas con un HPGe. Detector de Si(Li). Detección de rayos x con un espectrómetro de cristal. Medición de emisores gamma en muestras ambientales. Medición de rayos x en muestras ambientales. Análisis elemental de muestras ambientales por rayos x. Aplicaciones radioanalíticas.
7. **Aseguramiento de calidad en espectrometría nuclear.** Datos Nucleares. Estándares radiactivos. Mantenimiento de la confianza en el equipo. Mejoramiento de confianza en el análisis espectral. Mantenimiento de registros. acreditación.
8. **Aplicaciones.** Espectrometría gamma de materiales de origen natural. Espectrometría de partículas cargadas en muestras ambientales. Sistemas de baja razón de conteo. Sistemas de alta razón de conteo.

#### Bibliografía básica:

- G. Guilmore, Practical Gamma Ray Spectrometry, Second Edition, Wiley, 2008.
- N. Tsoulfanidis and S. Landsberger, Measurement and Detection of Radiation, Third Edition, CRC Press, 2010.
- G.F. Knoll; Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, Third Edition, 2000.

#### Bibliografía complementaria

- Krzysztof Iniewski ed., Electronics for Radiation Detection, CRC Press, 2011.
- Gerhard Lutz, Semiconductor Radiation Detectors, Springer. 2<sup>nd</sup> Print, 2007



## Espectrometría de neutrones

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 5
  - **Práctica:** 5
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-17
  - **Asignatura:** Formación Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** CN
- 

**Descripción de la asignatura:** En la Espectrometría de Neutrones se analiza el estado de la cuestión en la determinación, por métodos experimentales y analíticos, de la distribución de la energía de los neutrones y su impacto en la dosis efectiva, equivalente ambiental y dosis equivalente personal.

### Contenido:

- El neutrón.
- Reconstrucción de espectros.
- Sistemas de medición de neutrones.
- Matriz de respuesta.
- Códigos de reconstrucción.
- Calibración de espectrómetros y monitores.
- Problemas especiales.

### Índice temático:

1. **El neutrón.** Características *sui generis* de los neutrones. Distribución de velocidad y de energía. Mecanismos de interacción. Leyes de conservación.
2. **Reconstrucción de espectros.** Ecuación de Fredholm de primer tipo. Versión discreta. Matriz de respuesta. Métodos de reconstrucción: iterativos, paramétricos. Monte Carlo e inteligencia artificial.
3. **Sistemas de medición de neutrones.** Medios moderadores. Detectores de neutrones. Sistemas de uno, dos y varios moderadores.
4. **Matriz de respuesta.** Cálculo de las funciones de respuesta de diferentes detectores y moderadores. Calidad de la matriz. Impacto de la calidad de la matriz en la determinación de los espectros de neutrones y las magnitudes asociadas.
5. **Códigos de reconstrucción.** BUNKI, BUNKIUT, BUNKIUAZ, MITOM, FRUIT, NSDUAZ, NSDann. Inteligencia artificial: redes neuronales artificiales y algoritmos genéticos.



6. **Calibración de espectrómetros y monitores:** Métodos de calibración de espectrómetros con múltiples moderadores y diferentes detectores. Monitores de área. Propagación de incertidumbres. Impacto en las magnitudes asociadas.
7. **Problemas especiales.** Aceleradores lineales para radioterapia. Ciclotrones para PET. Aceleradores para análisis por dispersión de Rutherford. Plasmas. Fuentes isotópicas. Fuentes de neutrones cósmicos y fuentes ambientales.

#### **Bibliografía básica:**

- Chi Leung Patrick Hui (Editor), Artificial Neural Networks-Application, Ed. INTECH, 2011.
- RPD, Handbook on Neutron spectrometry in mixed fields, Radiation Protection Dosimetry, 2006.

#### **Bibliografía complementaria:**

- T. Routti and J.V. Sandberg, Unfolding activation and multisphere detector data, Radiat. Prot. Dosim. 10: 103-110 (1985).
- A.V. Alevra, Neutron spectrometry, Radioprotection 34: 305-333 (1999)
- M. Matzke, Propagation of uncertainties in unfolding procedures, Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A 476: 230-241 (2002).
- H.R. Vega-Carrillo and A. Baltazar-Raigosa, Photoneutron spectra around an 18 MV linac, J. Radioanal. Nucl. Chem., 287: 323-327 (2011).
- L. Hernández-Adame, H. Contreras, H.R. Vega-Carrillo and L.H. Perez, Design of a treatment room for an 18 MV linac, Nuclear Technology 175: 105-113 (2011).
- Vega-Carrillo, H.R. et al., Artificial Neural Networks in Spectrometry and Neutron Dosimetry, American Institute of Physics Procc. 1310. (2010).
- Vega-Carrillo, H.R. et al., Monte Carlo calculation of the response matrix of a Bonner sphere spectrometer. IAEA Procceding Series STI/PUB/1460. International Atomic Energy Agency.



## Física de la atmósfera

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-18
  - **Asignatura:** Formación Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** CN
- 

**Descripción de la asignatura:** Es la rama de la Física que utiliza fundamentos físicos y químicos para describir la naturaleza y comportamiento de la atmósfera. La física de la atmósfera utiliza los fundamentos de la mecánica de fluidos, de la termodinámica, de la física de radiaciones y de los procesos de transferencia de energía para crear modelos que explican el comportamiento de la atmósfera.

### Contenido:

- Panorama global de la atmósfera.
- Termodinámica de gases.
- Radiación atmosférica.
- Aerosoles y nubes.
- Movimientos atmosféricos.
- Ecuación de movimiento de la atmósfera.
- Movimiento a gran escala.
- Capa Limite planetaria.
- Circulación general.
- La estratósfera media.

### Índice temático:

1. **Panorama global.** Geometría. Estructura de la atmósfera. Distribución vertical de temperatura. Capas de la atmósfera. Relación entre presión y densidad: balance hidrostático. Estructura vertical de presión y densidad. Composición química.
2. **Balance global de energía.** Temperatura de emisión del planeta. Espectro de absorción del planeta. Efecto invernadero. Modelo simple de efecto invernadero. Retroalimentación del clima.



3. **Termodinámica de gases.** Conceptos. La primera ley de la termodinámica. Capacidad calorífica. Procesos adiabáticos. Procesos no adiabáticos. Procesos naturales y reversibles. Entropía y la segunda ley de la termodinámica. Relaciones fundamentales.
4. **Convección.** Convección superficial. Convección en agua. Atmósfera en condiciones estables. Inversiones de temperatura. Convección húmeda. Convección en la atmósfera. Equilibrio radiativo-convectivo.
5. **Estructura meridional de la atmósfera.** Fuerzas Radiativas y temperatura. Presión y altura geopotencial. Humedad. Vientos.
6. **Ecuación del movimiento de fluidos.** Ecuación de movimiento para un fluido sin rotación. Conservación de la masa. Ecuación termodinámica. Integración, condiciones a la frontera y restricciones en la aplicación. Ecuación de movimiento para un fluido en rotación.
7. **Flujo balanceado.** Movimiento geostrófico. Teorema Taylor-Proudman. Ecuación térmica de viento. Flujo subgeostrófico: Capa Ekman.
8. **Circulación general de la atmósfera.** Mecánica de la circulación. Energética de la ecuación térmica de vientos. Balance de momentum y de calor atmosférico a gran escala. Variaciones latitudinales del clima.
9. **La atmósfera media.** Fotoquímica del ozono. Implicaciones del óxido nitroso, clorofluorocarbonos y metano. Calentamiento estratosférico. Oscilación quasibienal. Interacciones con la tropósfera. Reacciones químicas heterogéneas.

Bibliografía básica:

- Salby M.L. Fundamental of Atmospheric Physics, Academic Press, 1996

Bibliografía complementaria:

- Búsqueda bibliográfica a asignar durante el curso.



## Química radioanalítica

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-19
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** CN
- 

**Descripción de la asignatura:** La Química Radioanalítica es considerada una especialidad dentro de las subdisciplinas de Química Nuclear y Radioquímica. Ésta se encarga del análisis de muestras debido a su contenido de radionúclidos, combinando las técnicas de identificación y purificación de radioelementos por métodos químicos convencionales, y la identificación de radionúclidos y determinación de la actividad, por medio de métodos nucleares. Los radionúclidos son monitoreados en el ambiente, así como en efluentes y corrientes de proceso de plantas nucleares, en personal de laboratorios de investigación nuclear, agencias de mediciones radiológicas y gubernamentales, entre otros. Juega un papel importante en la Química, Física, Medicina, Farmacología, Biología, Ecología, Hidrología, Geología, ciencias forenses y atmosféricas, protección de salud, Arqueología e Ingeniería.

### Contenido:

- Trazadores y acarreadores.
- Métodos de separación.
- Principios y prácticas de química radioanalítica.
- Muestreo.
- Preparación de la muestra para su medición.
- Identificación del radionúclido.
- Métodos radioanalíticos.
- Otros métodos físicos de análisis.

### Índice temático:

1. **Trazadores y acarreadores.** Concepto de pureza. Conceptos de trazador y acarreador. Efecto isotópico. Intercambio isotópico



2. **Métodos de separación.** Precipitación y coprecipitación. Extracción líquido-líquido. Cromatografía. Electrodeposición. Electroforesis.
3. **Principios y prácticas de química radioanalítica.** Inestabilidad de los compuestos marcados. Comportamiento de soluciones muy diluidas y cantidades pequeñas. Preservación de la muestra.
4. **Muestreo.** Información de la muestra. Muestras gaseosas, líquidas y sólidas.
5. **Preparación de la muestra para su medición.** De partículas alfa y beta con el detector proporcional de gas. De partículas alfa y beta con el detector de centelleo líquido. De partículas alfa con detectores de silicio. De rayos gamma con detectores de germanio.
6. **Identificación del radionúclido.** Conocimiento y aplicación del esquema de decaimiento. Equilibrios radiactivos. Cálculo de vidas medias. Caracterización de radionúclidos para ocurrencias de rutina y especiales. Necesidades de identificación.
7. **Métodos radioanalíticos.** Métodos de determinación directa. Métodos que involucran la adición de radionúclidos. Métodos de análisis por activación.
8. **Otros métodos físicos de análisis.** Fluorescencia de rayos x. Emisión de rayos x inducidos por partículas (PIXE). Espectrometría Mössbauer.

#### Bibliografía básica:

- B. Kahn, Radioanalytical Chemistry, Springer, 2007.
- G.R. Choppin, J.O. Liljenzin and R.J. Rydberg, Nuclear Chemistry, Theory and Applications, Pergamon Press, 3ra ed. 2002.
- W. D. Ehmann and D. E. Vance, Radiochemistry and Nuclear Methods of Analysis, JOHN WILEY & SONS, INC., 1991.

#### Bibliografía complementaria

- K. H. Lieser, Nuclear and Radiochemistry, Fundamentals and Applications, WILEY-VCH, 2nd ed., 2001.
- G. D. Chase and J. R. Rabinowitz, Principles of Radioisotope Methodology, Burgess, 3rd ed., 1967.



## Radiobiología

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-20
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** CN
- 

**Descripción de la asignatura:** Ciencia que establece la comprensión de la respuesta del material biológico a las radiaciones, así como los nuevos avances en el conocimiento de los efectos biológicos de la radiación ionizante y su aplicación en diagnóstico y tratamiento de patologías.

### Contenido:

- Física básica y mecanismos químicos.
- Radiobiología celular.
- Respuesta de tejidos y órganos.
- Efectos genéticos.
- Marcación de moléculas biológicas (diagnóstico y tratamiento).
- Fuentes de exposición.
- Dosis máxima permisible.

### Índice temático:

1. **Física básica y mecanismos químicos.** Excitación. Ionización (partículas neutras y cargadas). Producción de radicales libres (acción directa e indirecta). Transferencia Lineal de Energía (LET), dosis.
2. **Radiobiología celular.** Ley de Bergonie y Tribondeau. Sensibilidad durante el ciclo celular. Curva de sobrevivencia celular. Teoría del tiro al blanco.
3. **Respuesta de tejidos y órganos.** Tejidos sensibles (gónadas, sistema hematopoyético, intestino). Dosis bajas (genética). Desarrollo fetal.
4. **Efectos genéticos.** Mutaciones. Seres humanos y otros animales. Sobrevivientes de Hiroshima y Leucemias. Reportes BEIR (Biological Effects of Ionizing Radiations).



5. **Marcación de moléculas biológicas (diagnóstico y tratamiento)** Radiofarmacia hospitalaria y centralizada. Características y clasificación radiofarmacocinética y Radiofarmacodinamia. Radiotrazadores. Mecanismos de acción. Radiofármacos para diagnóstico y tratamiento.
6. **Fuentes de exposición.** Radiación ambiental natural. Radiación médica. Otras fuentes artificiales.
7. **Dosis máxima permisible.** Reglamento de la Comisión Nacional de Seguridad y Salvaguardia. Recomendaciones (CNPR, ICRU, ETC.).

#### Bibliografía :

- Radiation dosimetry . Instrumentation and Methods. Second Edition. 2001.
- Nuclear Medicine Manual. International Atomic Agency Vienna, 2006.
- Radiology Sourcebook . A practical guide for Reference Training. Douglas P. Beall MD. Ed. Human Press 2002.
- Radiation Dosimetry. Instrumentation and Methods. Second Edition.
- Practical radiation protection and applied radiobiology. Dowd S. B., W. B. Saunders, Second Edition, 1999.
- Radiobiology for the radiologist. Hall E. J., Lippincott Williams and Wilkins, 4° Ed. 1994.
- The Physics of radiology. Johns H. E. Cunningham J.R., 4° Ed. Charles C. Thomas, 1983.
- National Research Council, Reportes BEIR (Biology Effects of ionizing Radiations):
- Health Risks of radon and other internally deposited alphaemitters: Beir IV, 1988.
- Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation: Beir V, 1990.
- Health effects of exposure to radon: Beir VI, 1999.
- United Nations, Sources and effects of ionizing radiation: United Nations Scientific Committee on the effect of atomic radiation (UNCEAR). Reports to the General Assembly, with Scientific Annexes-Sources, 2000.
- Molecular biology of the cell., Alberts B., Dray., Lewis J., Raff M., Roberts K., Watson J.D., Garland Publ., 1994.



## Radioinmunoanálisis

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-21
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** CN
- 

**Descripción de la asignatura:** Las técnicas analíticas que utilizan radioisótopos como el radioinmunoanálisis (RIA) y el análisis inmunoradiométrico (IRMA) confirman que el conocimiento y la aplicación de las ciencias nucleares para fines pacíficos, como en la medicina nuclear, siguen siendo importantes y de gran utilidad para contribuir a un diagnóstico oportuno de enfermedades, o bien, para respaldar los resultados de algunas investigaciones.

### Contenido:

- Principios generales del radioinmunoanálisis.
- Análisis relacionados con la estructura molecular y la función biológica.
- La reacción antígeno-anticuerpo.
- Los reactivos primarios.
- La curva estándar.
- Métodos de separación.
- Métodos alternativos al radioinmunoanálisis.

### Índice temático:

1. **Principios generales del radioinmunoanálisis.** . Terminología.
2. **Análisis relacionados con la estructura molecular y con la función biológica.** Análisis por unión a proteínas.
3. **La reacción antígeno-anticuerpo.** Los reactivos primarios. La curva estándar. Métodos de separación. Métodos alternativos del radioinmunoanálisis.
4. **Control de calidad del radioinmunoanálisis.** Características del antígeno marcado para el uso en el RIA.
5. **Definiciones y objetivos.** Exactitud. Precisión. Reproducibilidad. Especificidad. Sensibilidad. Confiabilidad.



6. **Criterios de confiabilidad.** Desviación estándar. Coeficiente de variación. Carta de Shewhart.
7. **Clasificación de errores.** Aleatorios. Sistemáticos.
8. **Control de calidad interno, control de calidad externo.** Evaluación a corto y largo plazo. Manejo de muestras. Análisis de datos internacionales.
9. **Control de calidad intra-análisis y control de calidad inter-análisis.** Evalúo de la curva dosis-respuesta. Perfil de imprecisión.

**Bibliografía básica:**

- Zambrano, Fernando, El Radioinmunoanálisis y su Control de Calidad, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, 1996.

**Bibliografía complementaria:**

- Ivan Roitt, Jonathan Brostoff y David Male. Inmunología. Madrid : Harcourt Brace. 1997. ISBN: 84-8174-180-9.



## Radioquímica

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-22
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** CN
- 

**Descripción de la asignatura:** La Radioquímica, se ocupa del estudio de las propiedades químicas, la preparación y el manejo de sustancias radiactivas; así como de las aplicaciones del fenómeno del decaimiento radiactivo en la solución de problemas de índole química.

### Contenido:

- Composición de átomos y estabilidad nuclear.
- Efectos químicos producidos por radiación.
- Elementos radiactivos.
- Radionúclidos en el medio ambiente.
- Tratamiento de desechos nucleares.
- Aplicaciones de la radiación nuclear.

### Índice temático:

1. **Composición de átomos y estabilidad nuclear.** Descubrimiento de la radiactividad y evolución de la teoría nuclear. Núclidos. Estabilidad nuclear. Carta de los núclidos. Cadenas de decaimiento naturales. Esquemas de decaimiento y sus ramificaciones.
2. **Efectos químicos producidos por radiación.** Modos de interacción de la radiación con la materia. Formación de especies reactivas: iones, moléculas excitadas y radiacales. Efectos químicos en sistemas gaseosos, acuosos y orgánicos.
3. **Elementos radiactivos.** Radioelementos naturales: polonio, ástato, radón, francio, radio, actinio, torio, protactinio y uranio. Radioelementos artificiales: tecnecio, prometio, elementos transuránicos y elementos transactínidos.
4. **Radionúclidos en el medio ambiente.** Origen de radionúclidos. Movilidad de radionúclidos en la geósfera. Reacciones de radionúclidos con los componentes de matrices acuosas. Interacciones de radionúclidos con componentes de matrices sólidas. Radionúclidos en los seres vivos.

5. **Tratamiento de desechos nucleares.** Clasificación de los desechos nucleares. Desechos generados en: minería de uranio, conversión a UF<sub>6</sub>, enriquecimiento, fabricación del combustible. Tratamiento del combustible gastado: reprocesamiento, proceso PUREX, vitrificación, reciclaje de plutonio como combustible de mezcla de óxidos, reciclaje de uranio, disposición directa de desechos de alto nivel, disposición geológica.
6. **Aplicaciones de la radiación nuclear.** Radionúclidos en las ciencias de la vida. Aplicaciones técnicas e industriales.

### Bibliografía básica:

- K. H. Lieser. Nuclear and Radiochemistry, Fundamentals and Applications. WILEY-VCH, 2nd ed., 2001.
- G.R. Choppin, J.O. Liljenzin and R.J. Rydberg. Nuclear Chemistry, Theory and Applications. Pergamon Press, 3ra ed. 2002.
- W. D. Ehmann and D. E. Vance, Radiochemistry and Nuclear Methods of Analysis, JOHN WILEY & SONS, INC., 1991.

### Bibliografía complementaria

- K. Schwochau, Technetium: Chemistry and Radiopharmaceutical Applications, WILEY-VCH, 1st ed., 2000.
- Handbook of Nuclear Chemistry, Volume 1. Series editors: A. Vértes, S. Nagy, Z. Klencsár. *Basics of Nuclear Science*. Volume editor: R. Lovas, Appendix editor: G. L. Molnár. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 2003.
- Handbook of Nuclear Chemistry, Volume 2. Series editors: A. Vértes, S. Nagy, Z. Klencsár. *Elements and Isotopes: Formation, Transformation, Distribution*. Appendix editor: G. L. Molnár. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 2003.
- Handbook of Nuclear Chemistry, Volume 3. Series editors: A. Vértes, S. Nagy, Z. Klencsár. *Chemical Applications of Nuclear Reactions and Radiations*. Appendix editor: G. L. Molnár. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 2003.
- Handbook of Nuclear Chemistry, Volume 4. Series editors: A. Vértes, S. Nagy, Z. Klencsár. *Radiochemistry and Radiopharmaceutical Chemistry in Life Sciences*. Volume editor: F. Rösch. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 2003.
- Handbook of Nuclear Chemistry, Volume 5. Series editors: A. Vértes, S. Nagy, Z. Klencsár. *Instrumentation, Separation Techniques, Environmental Issues*. Appendix editor: G. L. Molnár. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 2003.
- J.R. Cooper, K. Randle, R. S. Sokhi, Radioactive Releases in the Environment, Impact and Assessment. John Wiley & Sons, Ltd., 2003.



## Teoría de blindajes

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 5
  - **Práctica:** 5
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-23
  - **Asignatura:** Formación Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** CN
- 

**Descripción de la asignatura:** En la teoría de blindajes se analizan los elementos asociados con el transporte de la radiación ionizante, cargada y neutra, dentro de los diferentes materiales con el fin de diseñar sistemas que blinden la radiación. Los blindajes son diseñados mediante el uso de métodos exactos y aproximados, usando paquetes de cómputo especializado.

### Contenido:

- Campos y fuentes.
- Errores conceptuales en los procesos de interacción de la radiación con la materia.
- Fuentes de radiación.
- Funciones de respuesta.
- Cálculo de dosis.
- Teoría de transporte: Métodos exactos y aproximados.
- Blindaje para fotones.
- Blindaje para neutrones.
- Blindaje para partículas cargadas.

### Índice temático:

1. **Campos y fuentes.** Dirección y ángulos sólidos. Fluencia. Flujo. Características de las fuentes de radiación. Fuentes discretas.
2. **Errores conceptuales en los procesos de interacción de la radiación con la materia.** Coeficiente de interacción. Sección eficaz microscópica. Leyes de conservación en reacciones de dispersión. Secciones eficaces para interacción con fotones. Interacción de neutrones. Interacción de partículas cargadas. Bremsstrahlung.
3. **Fuentes de radiación.** Fuentes de neutrones. Fuentes de fotones. Fuentes de rayos X.



4. **Funciones de respuesta.** Magnitudes dosimétricas y unidades. Función respuesta. Equilibrio electrónico. Magnitudes de protección y magnitudes operacionales
5. **Cálculo de dosis.** Radiación directa y dispersa. Dosis directas por fuentes distribuidas. Kernel puntual. Funciones de Green. Medios homogéneos e infinitos. Factores geométricos. Efecto de los cambios de densidad. Transformaciones geométricas.
6. **Teoría de transporte:** Métodos aproximados y exactos. Ecuación de transporte. Métodos aproximados. Métodos exactos. Métodos Monte Carlo.
7. **Blindaje para fotones.** Apilamiento. Apilamiento en medios heterogéneos. Atenuación de fotones de haz ancho. Albedo. Fotones en ductos. Heterogeneidades en blindaje. Skyshine, Groundshine.
8. **Blindaje para neutrones.** Moderación. Termalización. Sección eficaz de remoción. Teoría de difusión. Métodos de la edad de Fermi. Atenuación de fotones de captura. Albedo de neutrones. Skyshine y Groundshine.
9. **Blindaje para partículas cargadas.** Partículas alfas y betas. Kernel puntual y plano. Rayos x discretos y continuos. Bremsstrahlung.

**Bibliografía básica:**

- J. Kenneth Shultis and Richard E. Faw; Radiation Shielding, Prentice Hall, 1996.
- T. Rockwell III (Editor), Reactor Shielding Design Manual, D. Van Nostrand, 1956.

**Bibliografía complementaria:**

- Reportes de la International Commission on Radiological Units
- Reportes del National Council on Radiation Protection and Measurements.



## Astronomía extragaláctica y cosmología

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-24
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM
- 

**Descripción de la asignatura:** Las galaxias son tema de síntesis astronómica donde confluyen las grandes escalas del Universo con las escalas galácticas e intergalácticas. En el tema convergen varias ramas de la Astronomía: cosmología, medio interestelar, dinámica, formación y evolución de estrellas y galaxias, astrofísica de altas energías, que nos dan una descripción del Universo a gran escala y qué física y fenómenos son los que le han dado la estructura que observamos. Se cubrirán también diversos temas, no muy profundamente, para que el estudiante llegue a apreciar, entender y discutir los problemas actuales de astronomía extragaláctica y cosmología.

### Contenido:

- Características observacionales de las galaxias.
- Física de las galaxias.
- Galaxias peculiares y núcleos activos de galaxias.
- Cúmulos de galaxias y la estructura en gran escala del Universo.
- Modelos cosmológicos estándares.
- Métodos de la cosmología observacional.
- Formación de las estructuras cósmicas.

### Índice temático:

1. Características observacionales de las galaxias. Esquemas de clasificación morfológica. Propiedades fotométricas y espectrales de galaxias normales; magnitudes, colores, brillo superficial, isofotas, luminosidades absolutas, diámetros fotométricos. Poblaciones estelares y medio interestelar de los diferentes tipos morfológicos. La relación de Tully-Fisher. La relación de Faber-Jackson. Composición y evolución química. Propiedades de las galaxias en radio, infrarrojo, UV, rayos x y rayos gamma. Materia oscura. Grupos y cúmulos de galaxias. Función de luminosidad de galaxias enanas y de bajo brillo superficial.

2. Física de las galaxias. Sistemas en equilibrio; cúmulos globulares, galaxias elípticas y discos galácticos. Determinación de masas y del cociente masa a luminosidad de galaxias espirales y elípticas. Detección de materia. Galaxias barradas e irregulares. Formación estelar en otras galaxias. La conexión halo-disco. Función inicial de masa.
3. Galaxias peculiares y núcleos activos de galaxias. Propiedades de los diferentes núcleos activos de galaxias. Distribución espectral de la energía. Galaxias huésped y actividad inducida. El modelo unificado. Implicaciones cosmológicas y evolución.
4. Cúmulos de galaxias y la estructura en gran escala del Universo. Propiedades estructurales y dinámicas de los cúmulos de galaxias. Relación morfología densidad. Interacción entre las galaxias en cúmulos. Función de correlación entre galaxias. Formación de la estructura del Universo a gran escala; Observaciones y simulaciones numéricas. El Universo en el infrarrojo, en rayos x, en microondas y el visible.
5. Modelos cosmológicos estándares. Las ecuaciones de Einstein. Los modelos de Friedmann. La evolución térmica del Universo. Nucleosíntesis. Bariogénesis. Inflación. El espectro primordial de las fluctuaciones. La radiación de fondo. Evolución lineal y no lineal del espectro de fluctuaciones; formación de las estructuras cósmicas. Energía oscura y la necesidad de una constante cosmológica.
6. Métodos de la cosmología observacional. Confrontación de los modelos cosmológicos con las observaciones. Determinación de los parámetros cosmológicos. Determinación de distancias. Lentes gravitacionales. Conteo de galaxias y la función de Press-Schechter. La radiación de fondo.
7. Formación de las estructuras cósmicas. Teoría lineal de las perturbaciones. Procesos disipativos de la materia bariónica y oscura. Evolución no lineal de las perturbaciones. Materia oscura fría con constante cosmológica. Adquisición de momento angular. Formación de galaxias, cúmulos y estructura filamentaria.

### Bibliografía básica:

- Appenzeller, Y., Habing, H.J. y Lena, P. (eds) "Evolution of Galaxies. Astronomical Observations" Lecture Notes in Physics 333, Springer Verlag, Berlín, 1989.
- Blandford, R.D., Netzer, H., y Woltjer, L. "Active Galactic Nuclei", Springer-Verlag, Berlín, 1990.
- Gilmore, G., "The Milky Way as a Galaxy", Univ. Science Books, Mill Valley, Cal., 1990
- Kolb, E.W., Turner, M.S. "The Early Universe" Addison Wesley Publishing Co., California, 1990.
- Linde, A.D., "Inflation and Quantum Cosmology", Academic Press. Inc., Boston, 1990.
- 6. Ohanian, H.C., Ruffini, R. "Gravitation and Spacetime", Second Edition, W.W. Norton & Company, New York, 1994.
- Padmanabhan, T. "Structure Formation in the Universe, Cambridge Univ.Press., Cambridge, 1993.
- Peebles, P.J.E. "Physical Cosmology" Princeton Univ. Press., Princeton, 1993.
- Sandage, A., Sandage, M. y Kristina, J. "Galaxies and the Universe: Volume IX of Stars. and Stellar Systems" Univ. of Chicago Press, Chicago, 1975.



**Bibliografía complementaria:**

- Tinsley, B.M. y Larson, R. "The Evolution of Galaxies and Stellar Populations", New Haven, Yale Univ. Printing Service, Yale, 1977.
- Vorontsov-Vel'yaminov, B.A., "Extragalactic Astronomy", Harwood Academic Publishers, Chur, Switzerland, 1987.
- Weinberg, S. "Gravitation and Cosmology", Wiley, New York, 1972.



## Estructura galáctica y dinámica estelar

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-25
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM
- 

**Descripción de la asignatura:** Proporcionar las bases físicas, observacionales y teóricas para el análisis de la cinemática y la dinámica de sistemas estelares, y de la estructura orbital, de su contenido en estrellas y gas de las galaxias.

### Contenido:

- La distribución espacial de las estrellas.
- Cinemática estelar.
- Rotación galáctica.
- La estructura de la galaxia.
- Dinámica estelar y galáctica.
- Competencias a desarrollar.

### Índice temático:

1. La distribución espacial de las estrellas. Distribución análisis de las estrellas en nuestra vecindad. Efectos de absorción. Función de densidad y de luminosidad estelar. El espectro de masas estelares.
2. Cinemática estelar. Distancias, movimientos propios y velocidades radiales. Determinación del movimiento del Sol y del sistema local de reposo (SLR). Movimiento del SLR en la galaxia y el elipsoide de velocidades. Estrellas de alta velocidad y velocidades residuales.
3. Rotación galáctica. Cinemática de la rotación. Las constantes de Oort y su significado físico. Determinación de las constantes locales de la rotación;  $A$ ,  $B$ ,  $W$  y  $Ro$ . Las observaciones en radio y en el óptico para la determinación de una ley general de rotación. Aplicación a la determinación de distancias. La curva de rotación en otras galaxias.



4. La estructura de la galaxia. La distribución del gas. Evidencia observacional y cinemática de la estructura espiral en nuestra y otras galaxias. Distribución estelar y de los elementos químicos en el disco, el bulbo y halo galácticos. Propiedades estructurales globales; el núcleo, el bulbo, el disco y el halo. Determinación de algunos modelos de potenciales galácticos.
5. Dinámica estelar y galáctica. El problema fundamental de la dinámica estelar. La ecuación de Boltzmann y el teorema de Jeans. Ecuaciones de la hidrodinámica estelar. Potenciales de esferoides y discos. Modelos auto consistentes y estructura orbital de galaxias. Dinámica de la estructura espiral; ondas de densidad. Dinámica de cúmulos estelares; mezcla orbital, relajación, estado de equilibrio virial, disolución. Ecuación de Fokker-Planck. Fricción dinámica y catástrofe gravo térmica.

**Bibliografía básica:**

- Binney, J. y Tremaine, S. "Galactic Dynamics" Princeton Series in Astrophysics, Princeton University Press, Princeton, 1987.
- King, I. "Galactic Dynamics" San Francisco, 1996.
- Gilmore, G., y Carswell, R. "The Galaxy" Dordrecht, Reidel, 1987.
- Mihalas, D. y Binney, J. "Galactic Astronomy" Freeman, San Francisco, 1981.

**Bibliografía complementaria:**

- Shapiro, S.L. & Teukolsky, S.A. "Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars", Wiley-Interscience, New York, 1983.
- Gilmore, G., King, I., y Van Der Kuit, P. "The Milky Way as a Galaxy" University Science Books, Mill Valley, California, 1989.
- Ogorodnikov, K.F. "Dynamics of Stellar Systems" Pergamon, London, 1965.
- Van Woerden, H., Allen, R.J., y Burton, W.B. "The Milky Way Galaxy, Simp. 106, IAU" Dordrecht, Reidel, 1985.
- Spitzer, L. "Dynamical Evolution of Globular Clusters" Princeton University Press, Princeton, 1987.



## Relatividad general

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFB-26
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM
- 

**Descripción de la asignatura:** La Cosmología, la ciencia del Universo, se ha convertido en una de las ramas de la ciencia más populares y respetadas en la actualidad. La gran riqueza de investigaciones teóricas y de observaciones tanto a nivel astrofísico como cosmológico, han puesto a éste tema en la frontera de la Física teórica moderna. El objetivo del curso será el impartir el conocimiento de la teoría de la relatividad general, o bien, la teoría de Einstein de la gravitación, la cual es la base para entender a la cosmología moderna. Se contempla entender los principios y postulados tanto geométricos como físicos que sirven para formular dicha teoría y se pretende generar discusiones sobre las soluciones generales a las ecuaciones de Einstein, poniendo especial énfasis en soluciones de tipo cosmológico. Se discutirán los postulados sobre los cuales está fundamentado el modelo cosmológico estándar. Después se abordaran distintas soluciones cosmológicas a las ecuaciones de campo de Einstein, las cuales representan distintos modelos cosmológicos para el Universo que tienen características y propiedades espacio temporales muy particulares. Dichos modelos son de gran relevancia en la cosmología ya que modelan distintas etapas y/o regiones del Universo durante su evolución.

### Contenido:

- Variedades y campos tensoriales.
- Curvatura.
- Ecuaciones de Einstein.
- Solución de Schwarzschild.
- Cosmología.
- Distintas formulaciones de la relatividad general.
- Tópicos avanzados.

### Índice temático:

1. Variedades y campos tensoriales. Variedades. Planos tangentes y cotangentes. Tensores. Tensor métrico. Notación tensorial abstracta.
2. Curvatura. Transporte paralelo y derivación covariante. Curvatura. Identidades de Bianchi. Geodésicas. Técnicas para el cálculo de curvatura.



3. Ecuaciones de Einstein. Covarianza. Relatividad general. Límite Newtoniano. Radiación gravitacional.
4. Solución de Schwarzschild. Derivación de la solución de Schwarzschild. Soluciones en el interior. Geodésicas para el espacio de Schwarzschild. Corrimiento al rojo gravitacional. Desviación de la luz. Extensión de Kruskal.
5. Cosmología. Homogeneidad e isotropía. Dinámica de un universo homogéneo e isotrópico Corrimiento al rojo cosmológico. Horizontes. Evolución de nuestro universo.
6. Distintas formulaciones de la relatividad general. Homogeneidad e isotropía. Dinámica de un universo homogéneo e isotrópico. Corrimiento al rojo cosmológico. Horizontes. Evolución de nuestro universo.
7. Tópicos avanzados. Modelos cosmológicos. Agujeros negros.

**Bibliografía básica:**

- R. M. Wald, General relativity (University of Chicago Press, 1984).
- C. W. Misner, K. S. Thorne, and J. A. Wheeler, Gravitation (Freeman, 1973).

**Bibliografía complementaria:**

- B. O'Neill, Semi-Riemannian Geometry With Applications to Relativity (Volume 103 Pure and Applied Mathematics) (Academic Press, 1983).
- C. T. J. Dodson, and T. Poston, Tensor Geometry: The Geometric Viewpoint and its Uses (Graduate Texts in Mathematics) (Springer, 1991).
- M. Nakahara, Geometry, Topology and Physics, Second Edition (Graduate Student Series in Physics) (Taylor & Francis, 2003)
- S. W. Hawking and G. F. R. Ellis, The Large Scale Structure of Space-Time (Cambridge Monographs on Mathematical Physics) (Cambridge University Press, 1975)
- T. Thiemann, Modern Canonical Quantum General Relativity (Cambridge Monographs on Mathematical Physics) (Cambridge University Press, 2008).



## Teoría cuántica de campo

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFB-27
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM
- 

**Descripción de la asignatura:** La intención primordial del curso, es introducir al estudiante en el desarrollo de algunas teorías de campos invariantes ante las transformaciones de Lorentz a nivel cuántico. Se pondrá especial énfasis en los aspectos cuánticos que pueden ser descritos en términos clásicos, y se manejará como ejemplo central al campo electromagnético. Se tiene contemplado, además, formalizar las bases para llevar a cabo la cuantización de los tipos esenciales de campos dinámicos que juegan un papel importante en la Física de altas energías, a saber: los campos escalar, espinorial (Dirac) y vectorial (esencial en la cuantización de la electrodinámica). La invarianza de las teorías de campo se discutirá en términos de lagrangianos y del teorema de Noether. Se introducirán además teorías de norma no-Abelianas como generalización de la electrodinámica maxwelliana. Algunos puntos importantes serán la formulación de la cuantización a través de integrales de trayectoria y el estudio de las reglas de Feynman, así como los propagadores asociados a los campos de norma. Así mismo, se pretende impactar en las Líneas de Física-Matemática y Cuantización, siendo que ambas Líneas se relacionan con estructuras de interés para teorías de norma y que están contempladas como parte de dichas líneas. El estudiante se verá por lo tanto beneficiado al considerar la cuantización de teorías de norma por los métodos de teoría cuántica de campos y dará cuenta de que los problemas que enfrenta su cuantización serán imprescindibles para el desarrollo de las habilidades necesarias en el estudiante para llevar a cabo cuantización de teorías de norma por diversos métodos tanto canónicos como geométricos.

### Contenido:

- Ecuaciones para una partícula.
- Simetrías y campos de norma.
- Cuantización canónica.
- Integrales de trayectoria.
- Reglas de Feynman.
- Modelo de Weinberg-Salam.
- Renormalización.

### Índice temático:



1. Ecuaciones para una partícula. Ecuación de Klein-Gordon. Representaciones del grupo de Lorentz. Ecuación de Dirac. Grupo de Poincaré. Ecuaciones de Maxwell y Proca. Ecuaciones de Yang-Mills.
2. Simetrías y campos de norma. Formulaci3n lagrangiana. Formulaci3n hamiltoniana. Teorema de Noether. Campo escalar. Campo electromagnético. Campo de Yang-Mills. Geometría de los campos de norma.
3. Cuantizaci3n can3nica. Campo de Klein-Gordon. Campo de Dirac. Campo electromagnético. Campo vectorial masivo.
4. Integrales de trayectoria. Formulaci3n de la mecánica cuántica por integrales de trayectoria. Teoría de perturbaciones. Matriz S. Dispersi3n de Coulomb. Propiedades de las integrales de trayectoria.
5. Reglas de Feynman. Derivaci3n e integraci3n funcional. Funcionales generadores para el campo escalar.
6. Funciones de Green para la partícula libre. Funcionales generadores para campos interactuando.
7. Teorías  $\varphi^4$ . Funcionales generadores para diagramas conexos. Propagadores. Método de Faddeev-Popov. Auto-energía y funciones vértice. Identidades de Ward-Takahashi. Transformaci3n de Becchi-Rouet-Stora.
8. Modelo de Weinberg-Salam. Teorema de Goldstone. Rompimiento espontáneo de simetrías de norma.
9. Modelo de Weinberg-Salam.
10. Renormalizaci3n. Divergencias en teorías  $\varphi^4$ . Regularizaci3n dimensional en teorías  $\varphi^4$ . Renormalizaci3n de teorías  $\varphi^4$ . Grupo de renormalizaci3n. Divergencias y regularizaci3n dimensional para QED. Renormalizaci3n para QED.

**Bibliografía básica:**

- L. H. Ryder, Quantum field theory (Cambridge University Press, 1996).
- M. Kaku, Quantum field theory (Oxford University Press, 1993).

**Bibliografía complementaria:**

- M. E. Peskin and D. V. Schroeder, An introduction to quantum field theory (Addison-Wesley, 1996).
- E. Zeidler, Quantum Field Theory Vol II: Quantum Electrodynamics: A Bridge between mathematicians and physicistss (Springer, 2009).
- M. Maggiore, A modern introduction to Quantum Field Theory (Oxford Master Series in Statistical, computational and theoretical Physics) (Oxford University Press, 2005)



- S. Weinberg, The Quantum Theory of fields Vol I: Foundations (Cambridge University Press, 2005).
- T. Thiemann, Modern Canonical Quantum General Relativity (Cambridge Monographs on Mathematical Physics) (Cambridge University Press, 2008).



## Teorías de norma en física de partículas

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-28
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM
- 

**Descripción de la asignatura:** El estudio de las Teorías de Norma es crucial para la comprensión de ramas tan diversas de la física actual como lo son la Física de las Partículas Elementales, los Modelos Nucleares y la Cosmología. Los conocimientos y habilidades que se adquieren a través del estudio de esta asignatura, permiten acceder a una de las fronteras más activas de la física contemporánea, además de constituir una primera aproximación de una teoría física que combina la Mecánica Cuántica, la Teoría de la Relatividad y la Mecánica Cuántica Relativista. El estudiante adquirirá los conocimientos y habilidades necesarias para comprender el contenido físico de las teorías de norma. Podrá calcular secciones eficaces de los procesos más simples de la interacción de la materia con la radiación e interpretará los resultados de experimentos que involucran partículas de altas energías. Esta materia tiene relación con las ligas de generación y aplicación del conocimiento de: propiedades electromagnéticas del neutrino y con la producción de bosones vectoriales y bosones de Higgs.

### Contenido:

- Simetría Global no-Abeliana.
- Simetría de Gauge Local no-Abeliana.
- Rompimiento Espontáneo de una Simetría Global.
- Rompimiento Espontáneo de una Simetría Local.
- Fenomenología de Interacciones Débiles.
- La Teoría de Gauge de Weinberg-Salam-Glashow de las Interacciones Electrodebiles.

### Índice temático:

1. Simetría Global no-Abeliana. La simetría de sabor  $SU(2)$ . La simetría de sabor  $SU(3)$ . Simetría global no-Abeliana en lagrangianos de teoría cuántica de campos.
2. Simetría de Gauge Local no-Abeliana. Simetría local  $SU(2)$ : la derivada covariante e interacciones con materia. Derivada covariante y transformación de coordenadas.



Curvatura geométrica y el tensor intensidad de campo de gauge. Simetría local  $SU(3)$ . Simetría local no-Abeliana en lagrangianos de teoría cuántica de campos.

3. Rompimiento Espontáneo de una Simetría Global. Introducción. El teorema de Fabri-Picasso. Simetría rota espontáneamente en física de materia condensada. El ferromagnetismo. Teorema de Goldstone. Simetría global  $SU(1)$  rota espontáneamente. Simetría global no-Abeliana rota espontáneamente.
4. Rompimiento Espontáneo de una Simetría Local. Partículas vectoriales sin masa y partículas vectoriales masivas. Rompimiento espontáneo de una simetría local  $U(1)$ . Rompimiento espontáneo de una simetría local  $SU(2) \times U(1)$ .
5. Fenomenología de Interacciones Débiles. Teoría de Fermi del decaimiento beta nuclear. Violación de paridad en interacciones débiles. Teoría V-A: quiralidad y helicidad. Número leptónico. Teoría corriente-corriente para interacciones débiles de leptones. Cálculo de la sección eficaz  $\nu_\mu + e^- \rightarrow \mu + \nu_e$ . Corriente neutra débil leptónica.
6. La Teoría de Gauge de Weinberg-Salam-Glashow de las Interacciones Electrodébiles. Isospín débil e hipercarga: el grupo  $SU(2) \times U(1)$  de las interacciones electrodébiles. La corriente leptónica. La corriente de quarks. Predicciones simples a nivel árbol. El descubrimiento de  $W^+$  y  $Z$  en el CERN. La masa de fermiones. Mezcla de tres familias. El Quark top. El sector de Higgs.

#### Bibliografía básica:

- J. R. Aitchison, A. J. G. Hey. Gauge Theories in Particle Physics, Institute of Physics Publishing, 2004.

#### Bibliografía complementaria:

- H. M. Pilkuhn, Relativistic Quantum Mechanics, Springer, 2003.
- W. Greiner, J. Reinhardt, Quantum Electrodynamics, Springer 1994.
- Halzen, A. D. Martin, Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics, Wiley, 1984.



## Teoría general de campos clásicos

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFB-29
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM
- 

**Descripción de la asignatura:** Este curso está destinado a los candidatos que dominan los cálculos diferencial e integral, el análisis vectorial y los fundamentos de la teoría de la relatividad especial; elementos del álgebra y análisis tensorial se exponen en el curso según vayan siendo necesarios. El propósito fundamental de este curso es esclarecer el sentido matemático y el contenido de teoría de campos clásicos.

### Contenido:

- Estructura del espacio-tiempo.
- Principios generales de la descripción de campos en la teoría clásica.
- Campo escalar non-lineal.
- Fundamentos de electrodinámica clásica.
- Principios de la teoría de campos de calibración.
- Gravitación.

### Índice temático:

1. Principios generales de la teoría clásica del campo. Transformaciones de Lorentz. Cinemática relativista. Transformaciones generales de Lorentz. Principio variacional. Teorema de Noether. Campo escalar.
2. Campo electromagnético. Ecuaciones de Maxwell. Acción para sistema de cargos y campos. Ecuación de movimiento de partícula cargada en el campo electromagnético. Obtención de ecuaciones de Maxwell del principio de la acción mínima. Tensor de energía-momento del campo electromagnético. Teorema de Umov-Poynting. Campo eléctrico constante. Campo magnético constante. Ondas electromagnéticas. Funciones de Green de ecuación de ondas. Potenciales retardados. Radiación de ondas electromagnéticas por una partícula cargada. Ecuación de Dirac-Lorentz.



3. Campos de Yang-Mills. Electrodinámica escalar. Grupo de calibración no-abeliana. Campos de Yang-Mills auto-duales. Violación espontánea de la simetría. Soluciones mono polares de ecuaciones de Yang-Mills.
4. Gravitación: Campo gravitacional en la teoría relativista. Teoría lineal del campo libre sin masa con el espín 2. Interacción con materia. Campo gravitacional y la métrica. Invariancia de calibración y curvatura. Ecuaciones de Einstein.

**Bibliografía básica:**

- D.V. Galtzov, Y.B.Gratz, V.C. Zhukovskii. Campos Clásicos. (Universidad de Moscu, 1991) en ruso.

**Bibliografía complementaria:**

- L. D. Landau and E. M. Lifshitz, The classical theory of fields (Course of theoretical physics), 4th edition, Butterworth-Heinemann (1995).
- J. D. Jackson, Classical electrodynamics, 3rd. Edition. Wiley, 1999.



## Tópicos avanzados de Física-Matemática

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-30
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM
- 

**Descripción de la asignatura:** La Física intenta comprender el universo elaborando un modelo matemático y conceptual de la realidad que se utiliza para racionalizar, explicar y predecir los fenómenos de la naturaleza, planteando una teoría física de la realidad. Su núcleo central es la Física Matemática, aunque también se usan otras técnicas conceptuales. La Física teórica constituye la rama de la Física que, basándose fuertemente en la Matemática, elabora teorías y modelos con el fin de explicar y comprender fenómenos físicos, aportando las herramientas necesarias no sólo para el análisis sino para la predicción del comportamiento de los sistemas físicos. La Física teórica basa su progreso en el uso de la Matemática para predecir fenómenos que aún no han sido observados experimentalmente así como otros que nos permiten conocer el universo en formas no accesibles experimentalmente, en base a principios bien demostrados experimentalmente. El estudio de esta materia proporcionará las herramientas matemáticas para desarrollar diferentes líneas de la Física teórica, así mismo dan el lenguaje requerido para presentar la Física con un formalismo más riguroso. Dentro de los temas de, las formas diferenciales es común en varias áreas de la Física, por ejemplo, la termodinámica, electrodinámica y la teoría de la relatividad. Las álgebras graduadas de Lie, dan la matemática para trabajar modelos supersimétricos, la cual impacta en la línea de investigación de modelos extendidos de partículas. Las variedades de Kähler, dan una herramienta para tratar problemas físicos, ya que son variedades complejas con estructura adicional, y esta variedad es una generalización de la geometría simpléctica. El estudiante se verá beneficiado con las diferentes herramientas necesarias para entender el lenguaje en que las teorías modernas como la teoría de cuerdas o gravitación cuántica están cimentadas y supersimetría.

### Contenido:

- Formas diferenciales.
- Álgebras de Clifford.
- Álgebras graduadas de Lie.
- Variedades de Kähler.
- Teoría espectral.

### Índice temático:



1. Formas diferenciales. Formas y tensores. Álgebra exterior. Derivada exterior. Variedades e integración. Aplicaciones en Física.
2. Álgebra de Clifford. Bivectores y k-vectores. Álgebra de Pauli. Espinores. Álgebra de Dirac. Identidades de Fierz. Aplicaciones en Física.
3. Álgebras graduadas de Lie. Números de Grassmann. Fermiones y anticonmutación. Álgebra de Grassmann. Mecánica clásica para variables anticonmutativas. Fantasmas. Álgebras diferenciales graduadas.
4. Variedades de Kähler. Variedades complejas. Cálculo en variedades complejas. Formas diferenciales complejas. Variedades hermíticas y geometría diferencial hermítica. Variedades de Kähler. Mecánica cuántica.
5. Teoría espectral. Espacios métricos. Espacios de funciones. Espacios  $L^p$ . Espacios de Hilbert. Operadores en espacios de Hilbert. Teoría espectral.

**Bibliografía básica:**

- H. Flanders, Differential forms with applications to the Physical sciences (Dover, 1989).
- P. Lounesto, Clifford algebras and spinors (Cambridge University Press, 2001).
- M. Henneaux, and C. Teitelboim, Quantization of gauge systems (Princeton University Press, 1992).
- M. Nakahara, Geometry, Topology and Physics, Second Edition (Graduate Student Series in Physics) (Taylor & Francis, 2003).
- L. Hansen, Functional analysis: Entering Hilbert space (World Scientific, 2006).

**Bibliografía complementaria:**

- C. Godbillon, Geometrie Differentielle et Mecanique analytique (Hermann-Paris, 1969).
- D. Hestenes, Clifford algebra to geometric calculus: a unified language for mathematics and physics (Springer, 1987).
- S. Weinberg, The quantum theory of fields, Vol III (Cambridge University Press, Taylor & Francis, 2000).
- G. F. Simmons, Introduction to topology and modern analysis (Krieger Publishing company, 2003)



## Tópicos avanzados de mecánica clásica

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-31
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM
- 

**Descripción de la asignatura:** La formulación de la mecánica clásica basada en un principio variacional (mínima acción) además de elegante contiene muchas ventajas tanto teóricas como técnicas al momento de atacar diversos problemas. Quizá una de las ventajas más importantes de este formalismo no vectorial de la física clásica es el enlace que se da con la mecánica cuántica por medio de cuantización canónica, integral de camino o bien cuantización por deformación. Por otra parte el principio de mínima acción se puede ampliar a sistemas que no se atacan en mecánica como electrodinámica, física de partículas, relatividad general, teoría de cuerdas, alguno de estos casos lejos del alcance del formalismo en que se plantea la mecánica clásica usual. El estudio de la presente materia repercute directamente en la línea de Física Matemática. Al finalizar el curso el estudiante tendrá las herramientas matemáticas y el conocimiento de los problemas físicos para proponer nuevas soluciones a problemas ya resueltos de forma tradicional.

### Contenido:

- Formas diferenciales.
- Variedades Simplécticas.
- Formalismo Canónico.
- No-conmutatividad.
- Formalismo de Nambu.

### Índice temático:

1. Formas diferenciales. Formas externas. Multiplicación externa. Formas diferenciales. Integración de formas diferenciales. Diferenciación externa.
2. Variedades Simplécticas. Estructuras simplécticas en variedades. Álgebra de Lie de campos vectoriales. Álgebra de Lie de funciones hamiltonianas. Geometría simpléctica. Atlas simpléctico.



3. Formalismo Canónico. La integral invariante de Poincaré-Cartan. Aplicaciones de la integral invariante de Poincaré-Cartan. Principio de Hugens. Método de Hamilton-Jacobi. Funciones generadoras.
4. No conmutatividad. Introducción. Teorema de Darboux. Mecánica clásica no conmutativa. Producto Moyal. Principio de incertidumbre generalizado. Aplicaciones.
5. Formalismo de Nambu. Introducción. Corchetes canónicos de Nambu. Variedades de Nambu-Poisson. Formalismo canónico y acción. Cuantización. Aplicaciones.

**Bibliografía básica:**

- Arnold, Mathematical Methods of Classical Mechanics (Springer, 2000).
- Leon a. Takhtajan Quantum Mechanics for mathematicians (American mathematical Society, 2008).
- Darryl D Holm, Geometrics Mechanics Part I (Imperial College Press, 2008).
- L. Takhtajan, On Foundation of Generalized Nambu Mechanics (Comm. Math. Phys. Volume 160, Number 2 (1994), 295-315, 2006).

**Bibliografía complementaria:**

- C. Godbillon, Geometrie Differentielle et Mecanique analytique (Hermann-Paris, 1969).
- M. Nakahara, Geometry, Topology and Physics, Second Edition (Graduate Student Series in Physics) (Taylor & Francis, 2003).
- G. F. Simmons, Introduction to topology and modern analysis (Krieger Publishing company, 2003).



## Cálculo de propiedades electrónicas

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-32
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** La posibilidad de generar corrientes eléctricas en los materiales depende de la estructura e interacción de los átomos que los componen. Los átomos están constituidos por partículas cargadas positivamente (los protones), negativamente (los electrones) y neutras (los neutrones). La conducción eléctrica de los materiales sólidos, cuando existe, se debe a los electrones más exteriores, ya que tanto los electrones interiores como los protones de los núcleos atómicos no pueden desplazarse con facilidad. Los materiales conductores por excelencia son metales, como el cobre, que usualmente tienen un único electrón en la última capa electrónica. Estos electrones pueden pasar con facilidad a átomos contiguos, constituyendo los electrones libres responsables del flujo de corriente eléctrica. En otros materiales sólidos los electrones se liberan con dificultad constituyendo semiconductores, cuando la liberación puede ser producida por excitación térmica, o aisladores, cuando no se logra esta liberación. Los mecanismos microscópicos de conducción eléctrica son diferentes en los materiales superconductores y en los líquidos. En los primeros, a muy bajas temperaturas y como consecuencia de fenómenos cuánticos, los electrones no interactúan con los átomos desplazándose con total libertad (resistividad nula). En los segundos, como en los electrolitos de las baterías eléctricas, la conducción de corriente es producida por el desplazamiento de átomos o moléculas completas ionizadas de modo positivo o negativo. Los materiales superconductores se usan en imanes superconductores para la generación de elevadísimos campos magnéticos.

### Contenido:

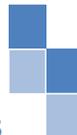
- Estados electrónicos.
- Estructura electrónica de sólidos.
- Estados de volumen y superficie.
- Propiedades electrónicas de metales, semiconductores y aislantes.
- Métodos empíricos.
- Métodos de primeros principios.

**Índice temático:**

1. Estados electrónicos. Mecánica cuántica. Estructura electrónica de los átomos. Estructura electrónica de moléculas pequeñas. Enlace polar simple. Moléculas diatómicas.
2. Estructura electrónica de sólidos. Bandas de energía. Dinámica del electrón. Características de diferentes tipos de sólidos.
3. Estados de volumen y superficie.
4. Propiedades electrónicas de metales, semiconductores y aislantes.
5. Métodos empíricos. Teorema de Bloch. Modelo tight binding. Método SGHM.
6. Métodos de primeros principios. Método LMTO. Método APW. Método LAPW-lo

**Bibliografía básica:**

- Electronic structure and the properties of solids, Walter Harrison, W. H. Freeman and Company, San Francisco, USA (1989).
- Elementary Electronic Structure, Walter Harrison, World Scientific, London (1999).
- Introduction to the electronic Properties of Material, 2<sup>nd</sup> Edition, David. C. Jiles, Nelson Thornes Ltd, UK (2001).
- Theory of single and multiple interfaces: The method of surfaces Green Function Matching, Federico Garcia Moliner and Victor R. Velasco, World Scientific Publishing Co. London (1992).



## Caracterización de materiales

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-33
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** El alumno analizará los fundamentos (aspectos físico-químicos) y aplicaciones de algunas de las técnicas de caracterización más utilizadas para determinar las propiedades físicas, químicas, estructurales, etc., de materiales, haciendo énfasis en los aspectos prácticos. Además, se ejemplificará el uso de estas técnicas, con la caracterización de algunos materiales representativos.

### Contenido:

- Propiedades estructurales.
- Propiedades térmicas.
- Propiedades eléctricas.
- Propiedades ópticas.
- Propiedades magnéticas.
- Propiedades químicas.

### Índice temático:

1. Propiedades estructurales. Técnica de rayos x. Microscopio de fuerza atómica. Microscopio de efecto túnel.
2. Propiedades térmicas. Capacidad calorífica. Foto acústica. Análisis termo gravimétrico. Calorimetría diferencial de barrido. Análisis térmico diferencial.
3. Propiedades eléctricas. Efecto Hall. Técnica de impedancia. Conductividad. Radio frecuencia y microondas.
4. Propiedades ópticas. Técnicas de microscopía óptica. Técnica de absorción. Reflexión. Fotorreflectancia. Espectroscopia Raman. Espectroscopia Infrarroja. Fotoluminiscencia.
5. Propiedades magnéticas. Introducción a las propiedades magnéticas de los materiales. Medición de estabilidad térmica de propiedades magnéticas. Medición del loop de histéresis (Mr, Ms, S\*, Hc, Mrt, SFD). Magnetización Inicial. Medición de anisotropía magnética. Medición de pérdida de histéresis rotacional.



6. Propiedades químicas. Alcances y limitaciones de las técnicas orientadas al análisis elemental. Descripción de técnicas comunes en el Análisis Elemental. Revisión de los criterios en la selección de la técnica de análisis. Preparación de muestras. Interpretación de resultados.

**Bibliografía básica:**

- Optical Processes in Semiconductors, Pankove, Dover publications.
- Introducción a la ciencia de materiales, J. M. Arbelia, A. M, Cintas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- The physical chemistry of solids, R.J. Borg and G. J. Dienes, Academic Press.
- Química, Raymond Chang, 4ta edición, McGraw-Hill
- Characterization techniques for semiconductor technology, Proceedings of SPIE Vol. 276, 188 (1981).
- Elements of X-Ray Diffraction, Cullity B. D., Addison-Wesley, Mass., 1956.
- Laboratory Notes in Electrical and Galvanomagnetic Measurement (Materials Science), H.H. Wieder, Elsevier Science, 1979.



## Física del estado sólido

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 o 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-34
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** Presentar los fundamentos sobre los diferentes fenómenos físicos que se dan en los sólidos. En particular, que se tenga conocimiento de cómo la bastedad de átomos confabula para dar origen a los sorprendentes y variados fenómenos físicos en un sólido.

### Contenido:

- Introducción.
- Excitaciones elementales.
- Estructura y enlaces en sólidos.
- Teoría de bandas.
- Semiconductores.
- Defectos y difusión.
- Aislantes y sus propiedades.
- Dispositivos semiconductores.
- Más sobre excitaciones elementales.
- Magnetismo.

### Índice temático:

1. Introducción. Teorías y modelos en la física del estado sólido. Aproximaciones al problema de muchos cuerpos. Fenómenos colectivos. Fenómenos emergentes: física de partículas y vacío.
2. Excitaciones elementales. Fonones y el gas de Fermi. Capacidad calorífica de aislantes y metales. Aproximación semiclásica del transporte electrónico. Apantallamiento y teoría de Thomas-Fermi. Conductividad óptica de metales.
3. Estructura y enlaces en sólidos. Variedad de estados de la materia. Tipos de enlaces. Sólidos periódicos. Estructura y enlaces. Rayos x y espacio recíproco.
4. Teoría de bandas. Aproximación de un solo electrón. Potencial periódico y el teorema de Bloch. Modelo de Kronig-Penney. Aproximación de electrones casi-libres.



- Aproximación de amarre fuerte. Estructura de bandas de materiales reales: conductor, semiconductor y aislante.
5. Semiconductores. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos. Estadística de electrones y huecos. Energía de ionización de impurezas. Estadística de semiconductores extrínsecos. Unión pn.
  6. Defectos y difusión. Condiciones termodinámicas para el equilibrio. Defectos de la red. Entropía configuracional. Difusión.
  7. Aislantes y sus propiedades. Teoría de campo local. Relación de Clausius-Mossotti. Teoría de Polarizabilidad. Modos ópticos en cristales iónicos. Propiedades ópticas de cristales iónicos. Aislantes covalentes.
  8. Dispositivos semiconductores. LED, celda solar, láser semiconductor, y transistor de efecto de campo.
  9. Más sobre excitaciones elementales. Gas de electrones en interacción: plasmones. Interacción electrón-hueco: excitones. Interacción espín-espín: magnones. Interacción electrón-fonón: polarones.
  10. Magnetismo. Diamagnetismo y paramagnetismo. Origen de interacciones magnéticas. Ferromagnetismo y anti ferromagnetismo. Interacciones de intercambio magnéticas. Ondas de espín. Magneto resistencia gigante y colosal.
  11. Tópicos especiales (Opcional). Superconductividad: Teoría BCS. Termodinámica y transporte. Invarianza de norma. Teoría Landau-Ginzburg. Electrodinámica. Desorden: Localización de Anderson. Transición metal-aislante. Efectos de interacción. Efecto Kondo. Efecto Hall cuántico y sistemas electrónicos correlacionados. Físicas de sistemas de baja dimensión: sistemas 1D y 2D. Física de superficies.

### **Bibliografía**

- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solid state physics, Holt, Rinehart and Winston, 1976.
- C. Kittel, Introduction to solid state physics, John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- J. M. Ziman, Principles of the theory of solids, John Wiley & Sons, Inc., 1976.
- M. A. Omar, Elementary solid state physics: principle and applications, Addison-Wesley, 1975.



## Física de semiconductores

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-35
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** Dar a conocer una descripción detallada de la física básica de semiconductores así como una amplia variedad de importantes fenómenos físicos presentes en éstos, de los simples a los avanzados. Adicionalmente, presentar tópicos recientes de estructuras cuánticas semiconductoras tales como gases bidimensionales de electrones, transporte balístico, efecto Hall cuántico y bloqueo de Coulomb.

### Contenido:

- Estructura de bandas de semiconductores.
- Estructura de bandas y resonancia ciclotrón.
- Aproximación de masa efectiva.
- Propiedades ópticas.
- Transporte electrónico e interacción electrón-fonón.
- Fenómenos de magneto-transporte.
- Estructuras cuánticas.

### Índice temático:

1. Estructura de bandas de semiconductores. Modelo de electrón libre. Teorema de Bloch. Aproximación de electrones casi libres. Esquema de zona reducida. Método de pseudopotenciales. Perturbación k-p.
2. Estructura de bandas y resonancia ciclotrón. Resonancia ciclotrón. Análisis de bandas de valencia. Interacción espín-órbita. No parabolicidad de la banda de conducción. Movimiento de electrones en un campo magnético y niveles de Landau.
3. Aproximación de masa efectiva. Funciones de Wannier. Aproximación de masa efectiva. Impurezas intersticiales. Niveles de impurezas en semiconductores elementales.
4. Propiedades ópticas. Absorción y reflexión. Coeficiente de absorción. Transiciones indirectas. Excitones. Función dieléctrica. Potencial de deformación. Cambio de la estructura de bandas vía tensión. Espectroscopia de modulación. Dispersión Raman. Dispersión de Brillouin. Polaritones. Plasmones.



5. Transporte electrónico e interacción electrón-fonón. Vibraciones de la red. Ecuación de transporte de Boltzmann. Probabilidad de dispersión y elementos de matriz de transición. Tiempo de relajación y tasa de dispersión. Movilidad.
6. Fenómenos de magneto-transporte. Teoría fenomenología del efecto Hall. Efectos de magnetoresistencia. Efecto Shubnikov-de Haas. Resonancia magnetofonónica.
7. Estructuras cuánticas. Sistemas de gases electrónicos bidimensionales. Fenómeno de transporte en gases electrónicos bidimensionales. Superredes. Fenómenos mesoscópicos.

**Bibliografía básica:**

- C. Hamaguchi, Basic semiconductor physics, Springer, 2001.
- P. Yu and M. Cardona, Fundamentals of semiconductors, Springer, 1996.
- O. Madelung, Introduction to solid state theory, Springer, 1978.
- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solid state physics, Holt, Rinehart and Winston, 1976.
- S. M. Sze and K. K. Ng, Physics of semiconductor devices, John Wiley & Sons, Inc., 2007.



## Heteroestructuras cuánticas

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-36
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** Proporcionar una descripción detallada de los principios físicos clave de las heteroestructuras cuánticas. Distinguir claramente entre pozos, hilos y puntos cuánticos así como las diferentes propiedades y efectos presentes en éstos tanto desde el punto de vista electrónico, fonónico y óptico como del transporte.

### Contenido:

- Electrones en estructuras cuánticas.
- Estructuras cuánticas particulares.
- Vibraciones de la red en estructuras cuánticas.
- Dispersión electrónica en estructuras cuánticas.
- Transporte paralelo en estructuras cuánticas.
- Transporte perpendicular en estructuras cuánticas.

### Índice temático:

1. Electrones en estructuras cuánticas. Introducción. Pozos cuánticos: Densidad de estados, Efectos cuánticos en la parte continua del espectro electrónico. Hilos cuánticos: Función de onda y sub-bandas de energía, densidad de estados. Puntos cuánticos: Función de onda y niveles de energía, densidad de estados. Acoplamiento entre pozos cuánticos. Superredes. Excitones en estructuras cuánticas. Estados ligados de Coulomb y defectos en estructuras cuánticas.
2. Estructuras cuánticas particulares. Introducción. Espectro electrónico de algunos materiales semiconductores. Estructuras pseudomórficas. Dispositivos de heterounión simple: Dopado selectivo. Estructuras cuánticas con modulación de dopado.
3. Vibraciones de la red en estructuras cuánticas. Introducción. Vibraciones de cadenas lineales de átomos. Caso tridimensional. Fonones. Vibraciones acústicas. Longitudes de onda cortas y vibraciones ópticas.
4. Dispersión electrónica en estructuras cuánticas. Dispersión elástica en sistemas electrónicos bidimensionales. Apantallamiento de un gas de electrones bidimensional. Dispersión por impurezas ionizadas remotas. Dispersión por la rugosidad de las



interfaces. Interacción electrón-fonón. Fonones acústicos. Fonones ópticos. Dispersión de electrones por fonones acústicos y ópticos en: pozos, hilos y puntos cuánticos.

5. Transporte paralelo en estructuras cuánticas. Introducción. Transporte electrónico lineal. Transporte en campos intensos: Electrones fríos, tibios y calientes, saturación de la velocidad, efecto Gunn, fonones fuera de equilibrio, efectos de tamaño de electrones calientes. Electrones calientes en estructuras cuánticas: transporte no lineal en gases electrónicos bidimensionales, transporte no lineal en hilos cuánticos, transferencia espacio-real de electrones calientes, otros efectos de transporte en campos intensos.
6. Transporte perpendicular en estructuras cuánticas. Introducción. Tunelamiento resonante: tunelamiento coherente y secuencial, resistencia diferencial negativa. Superredes y dispositivos balísticos de inyección: resistencia diferencial negativa y transconductancia de dispositivos con superredes balísticas, oscilaciones de Bloch, escalera de niveles de Wannier-Stark. Transferencia de un solo electrón y bloqueo de Coulomb.

### Bibliografía básica

- V. V. Mitin, V. A. Kochelap, and M. A. Stroscio, Quantum heterostructures: Microelectronics and optoelectronics, Cambridge University Press, 1999.
- S. M. Sze and K. K. Ng, Physics of semiconductor devices, John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- J. H. Davies, The physics of low dimensional semiconductors: an introduction, Cambridge University Press, 1998.
- S. Datta, Quantum transport: Atom to transistor, Cambridge University Press, 2005.
- C. Hamaguchi, Basic semiconductor physics, Springer, 2001.
- P. Yu and M. Cardona, Fundamentals of semiconductors, Springer, 1996.
- O. Madelung, Introduction to solid state theory, Springer, 1978.
- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solid state physics, Holt, Rinehart and Winston, 1976.



## Holografía digital

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-37
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** El objetivo del curso es lograr que el alumno aprenda los principios físicos de la holografía e interferometría holográfica, además de que conozca algunas aplicaciones importantes en el campo de la metrología óptica. El estudiante aprenderá a diseñar arreglos holográficos, conocerá los procesos para digitalizar y reconstruir numéricamente hologramas, y aplicar estas metodologías para medir algunos eventos físicos.

### Contenido:

- Fundamentos ópticos de holografía.
- Grabado digital y reconstrucción numérica de campos de onda.
- Interferometría holográfica.
- Evaluación cuantitativa de la fase de interferencia.
- Procesamiento de fase de interferencia.
- Metrología de moteado.

### Índice temático:

1. Fundamentos ópticos de holografía. Ondas de luz. Interferencia de luz. Coherencia. Teoría escalar de difracción. Fenómenos de moteado. Grabado holográfico y reconstrucción óptica. Elementos de los arreglos holográficos. Cámaras CCD y CMOS.
2. Grabado digital y reconstrucción numérica de campos de onda. Grabado digital de hologramas. Reconstrucción numérica por medio de la transformada de Fresnel. Reconstrucción numérica por deconvolución. Otros métodos de reconstrucción numérica. Análisis ondulatorio en la holografía digital. Aplicaciones no-interferométricas de la holografía digital.
3. Interferometría Holográfica. Generación de patrones de interferencia holográficos. Vibración y el vector sensibilidad. Localización de franjas. Mediciones con interferometría holográfica.
4. Evaluación cuantitativa de la fase de interferencia. El rol de la fase de interferencia. Perturbación de interferogramas holográficos. Esqueletización de franjas. Heterodyning temporal. Evaluación por fase muestreada. Evaluación por la



transformada de Fourier. Evaluación dinámica. Interferometría holográfica digital. Demodulación de fase de interferencia.

5. Procesamiento de fase de interferencia. Medición de desplazamientos. Matriz sensibilidad. Análisis en holografía de tensión y esfuerzos. Métodos híbridos. Análisis de vibración. Contorneo holográfico. Medición de contornos por medio de holografía digital. Interferometría holográfica comparativa. Medición rango de extensión. Campos de índice de refracción en medios transparentes. Detección de defectos por pruebas holográficas no destructivas.
6. Metrología de moteado. Fotografía de moteado. Electrónica e interferometría de moteado digital. Holografía de electroóptica. Shearography.

### **Bibliografía básica**

- Optical Metrology, Kjll J. Gasvik, Ed. WILEY third edition, (2003).
- Handbook of holographic interferometry, Thomas Kreis, WILEY-VCH (2005).
- Digital Holography, Uls schnars, Werner Jueptner, Springer (2005).
- Holographic and Speckle Interferometry, R. Jones and C. Wykes, Ed. Cambridge Studies in Modern Optics, second edition (2001).
- Holographic Interferometry. Charles M. Vest, WILEY (1980).
- Óptica, Eugene Hecht, Addison Wesley, Tercera edición (2000).
- Window (ed.), Strain gauge technology, 2nd ed., London (etc.): Elsevier Applied Science, (1992).

## Ingeniería óptica

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-38
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** La ingeniería óptica estudia la generación, detección, transmisión y manipulación de la luz para diseñar, fabricar y probar dispositivos y sistemas ópticos. La ingeniería óptica se aplica en sistemas de comunicación, visualizadores, almacenamiento de datos, iluminación, monitoreo remoto. Se fundamenta en la óptica geométrica, óptica física y radiometría. En este curso el estudiante aprenderá los principios básicos del diseño, fabricación y prueba de algunos dispositivos e instrumentos ópticos tradicionales.

### Contenido:

- Conceptos básicos de ingeniería óptica.
- Conceptos básicos de óptica geométrica.
- Materiales ópticos básicos.
- Introducción a la radiometría.
- Análisis de sistemas ópticos.

### Índice temático:

1. **Conceptos básicos de ingeniería óptica.** Introducción a la ingeniería. Panorámica general de la óptica.
2. **Introducción a la radiometría y fotometría.** Cantidades radiométricas básicas. La radiancia y el transporte de energía. Radiometría de imágenes. Radiometría de láseres. Fotometría e iluminación.
3. **Introducción a la ciencia del color.** Estructura del ojo humano. Funciones de respuesta visual. Efectos cromáticos de estímulo visual. Funciones de igualación de color. Valores triestímulos RGB. Coordenadas cromáticas r-g-b. Ecuaciones colorimétricas. Coordenadas cromáticas CIE 1931 (x,y,z). Iluminantes y observador estándar. Mezclas de colores: metámeros y sistemas de fuentes RGB.
4. **Introducción a la óptica de colectores y proyectores de luz.** Concentración de luz. Lente esférica y lente asférica. Lente de Fresnel. Reflector cónico. Reflector involuto.

Tubo de luz cónico-rectangular. Concentrador parabólico compuesto. Iluminación Kohler/Abbe. Tubos de luz.

5. **Análisis de sistemas ópticos.** Telescopios y microscopios. Detectores ópticos. Espectrofotómetros. Fibras ópticas. Sistemas de iluminación.

**Bibliografía básica:**

- W. J. Smith “Modern Optical Engineering” McGraw-Hill, 3a o 4<sup>a</sup> Edición.
- D. Malacara, “Color Vision and Colorimetry: Theory and Applications,” SPIE Press (2002).
- J. Chaves, Introduction to Nonimaging Optics, CRC Press (2008).
- E. Hecht, “Óptica,” Addison Weley, 3a o 4<sup>a</sup> Edición.



## Introducción al análisis multivariante

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-39
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** El alumno aprenderá los principios básicos del análisis multivariante de datos, así como la interpretación de resultados y sus aplicaciones.

### Contenido:

- Técnicas de análisis multivariante de datos.
- Análisis de componentes principales (pca).
- Calibración multivariante.

### Índice temático:

1. Introducción. Observaciones indirectas y correlación. Estructura latente de datos. Análisis multivariante vs estadística multivariante. Objetivos principales de las técnicas de análisis multivariante de datos. Técnicas multivariantes.
2. Análisis de componentes principales (pca). Representación de datos en forma matricial. El espacio de variable-gráfica de objetos en p-dimensiones. Representación gráfica de objetos en el espacio de variable. La primera componente principal. Componentes principales de orden mayor. Modelos de componentes principales-scores y loadings. Objetivos del PCA. Modelos de PC. Interpretando PCA. Algoritmo.
3. Calibración multivariante. Modelos multivariantes (X, Y): Etapa de calibración. Modelos multivariantes (X, Y): Etapa de predicción. Requerimientos para la calibración multivariante. Introducción a la validación de modelos. Número de componentes. Regresión univariante (y/x) y regresión lineal múltiple (MLR). Colinealidad. Regresión de componentes principales (PCR). Regresión por mínimos cuadrados parciales (PLS-R).

### Bibliografía básica:

- Multivariate Data Analysis-In Practice-, 5<sup>th</sup> Edition, An introduction to multivariate Data Analysis and Experimental Design. Kim H. Esbensen. CAMO.
- Multivariate Calibration, Harald Martens and Tormod Næs. John Wiley and Sons.



- Practical Guide to Chemometrics, Second edition, Edited by Paul Gemperline. Taylor and Francis.



## Introducción a las espectroscopias vibracionales

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-40
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

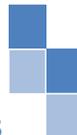
**Descripción de la asignatura:** Este curso se ha diseñado en un orden lógico para presentar al estudiante los conceptos básicos y fundamentales de las espectroscopias vibracionales, así como algunas de sus aplicaciones. El curso se ha dividido en cinco temas principales o unidades. En la primera unidad, se describe el trasfondo histórico que le dio el carácter de disciplina científica a las espectroscopias ópticas, para posteriormente presentar las bases teóricas que rigen a las espectroscopias vibracionales (infrarrojo y de dispersión Raman). En la segunda unidad, se abordan los tópicos referentes a la instrumentación general utilizada para la obtención de espectros vibracionales, tanto infrarrojos como Raman. Asimismo en esta unidad, se mostrarán las diferentes técnicas y/o variantes de la espectroscopia infrarroja y Raman. La tercera unidad estará enfocada en dar a conocer las herramientas computacionales, así como los métodos y criterios utilizados para la interpretación y análisis de los espectros vibracionales. Posteriormente, en la cuarta unidad del curso se mostrarán los principios básicos de la simetría molecular (ej. operaciones de simetría, grupos puntuales) y su relación con los espectros vibracionales. Finalmente, en la quinta unidad, se presentarán algunas aplicaciones de las espectroscopias vibracionales en diferentes áreas científicas.

### Contenido:

- Fundamentos teóricos de la espectroscopia Raman e infrarrojo.
- Instrumentación Raman y FTIR.
- Análisis e interpretación de espectros Raman y FTIR.
- Simetría molecular y tablas de carácter.
- Aplicaciones de la espectroscopia Raman y FTIR.

### Índice temático:

1. **Fundamentos teóricos de la espectroscopia Raman e infrarrojo.** Historia. El espectro electromagnético- símbolos y unidades. Modos normales de vibración. Reglas de selección. Origen de los espectros Raman e infrarrojo. Raman versus Infrarrojo.



2. **Instrumentación Raman y FTIR: Instrumentación Raman.** Elementos principales. Calibración instrumental. Técnicas de medición. Problemas de fluorescencia. Técnicas experimentales en espectroscopia Raman. Microscopía Raman. Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS). Espectroscopia Raman por imagen. Instrumentación FTIR. El espectrómetro FTIR. Resolución espectral. Elementos principales. Métodos de medición de muestras. Técnicas experimentales en espectroscopia IR. Técnicas de transmisión. Técnicas de reflectancia.
3. **Análisis e interpretación de espectros Raman y FTIR.** Pre-procesamiento de espectros. Métodos y criterios para el análisis de espectros. Frecuencias características de grupos funcionales.
4. **Simetría molecular y tablas de carácter.** Operaciones y elementos de simetría. Grupos puntuales. Representación de grupos. Tablas de carácter y modos normales.
5. **Aplicaciones de la espectroscopia Raman y FTIR.** Aplicaciones en microbiología. Aplicaciones en medicina. Aplicaciones en el área de alimentos.

#### **Bibliografía básica:**

- Symmetry and Spectroscopy: An Introduction to Vibrational and Electronic Spectroscopy, Daniel C. Harris Daniel C. Harris and Michael D. Bertolucci.
- Modern Spectroscopy, J. Michael Hollas, John Wiley and Sons, Ltd.
- Molecular Vibrations: The Theory of Infrared and Raman Vibrational Spectra by Edgar Bright Wilson, J. C. Decius, and Paul C. Cross.



## Introducción a la física de bajas temperaturas

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-41
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** Por nuestra experiencia estamos acostumbrados a considerar que la termodinámica de los sistemas depende de manera definida y clara de las magnitudes que ayudan a caracterizarlos (volumen, temperatura, presión.), y que las ecuaciones de estado que involucran a estas cantidades permanecen básicamente invariantes en un amplio margen de temperatura. La experimentación, y los avances tecnológicos respecto al proceso de enfriamiento que se desarrollaron en la primera parte del siglo XX dieron como resultado el descubrimiento de fenómenos físicos que resultaron desconcertantes para el sentido común de los investigadores de aquellos años. Estados de la materia como la súperfluidez o la superconductividad resultaron todo un reto para la comunidad científica, y la explicación de cada uno de ellos dio el mérito suficiente como para recibir el premio Nobel a quienes la dieron. A baja temperatura la naturaleza muestra sus detalles. Cualidades de la materia que a alta temperatura ni siquiera pueden ser registradas en los experimentos, a baja temperatura son determinantes para las propiedades de la Física de los sistemas. En el régimen de baja temperatura es posible que los subsistemas puedan interactuar entre sí de manera más amplia, dando lugar a un nuevo orden interno, y permitiéndonos interpretar el mundo que nos rodea de una manera más amplia.

### Contenido:

- Magnitudes termodinámicas.
- Cambios de fase de primera y segunda clase.
- Cualidades de la materia y su representación.
- Cuerpos condensados.
- Funciones de densidad.
- Súper fluidez.
- Superconductividad.
- Condensación de Bose-Einstein.
- Efecto Hall cuántico.

**Índice temático:**

1. Magnitudes Termodinámicas. Determinación de las magnitudes termodinámicas involucradas en los procesos de bajas temperaturas. Ecuaciones de estado.
2. Cambios de fase de primera y segunda clase. Determinación de las condiciones para cambios de fase de primera clase. Determinación de las condiciones para cambios de fase de segunda clase y procesos físicos involucrados. Consecuencias de los cambios de fase.
3. Cualidades de la materia y su representación. Establecimiento de las características de la materia en el análisis de su comportamiento. Representación de los cambios en la materia.
4. Cuerpos condensados. Determinación de variables para cuerpos condensados. Límites.
5. Funciones de densidad. Determinación de la función de densidad para procesos de baja temperatura. Cambios en la función de densidad.
6. Superfluidez. Determinación de las variables y condiciones para superfluidez. Determinación de la viscosidad y la transición a superfluidez.
7. Superconductividad. Superconductores tipo I. Ecuación de London. Ecuación BCS y su solución. Superconductores tipo II. Efecto Meissner.
8. Condensación de Bose-Einstein. Estadística de Bose-Einstein. Hamiltoniano para sistemas de tipo BE. Funciones de Partición de Gases Cuánticos.
9. Efecto Hall Cuántico. Efecto Hall. Condiciones para Efecto Hall Cuántico.

**Bibliografía básica:**

- A quantum approach to the solid state, Philip L. Taylor, Prentice- Hall, 1970.
- El fascinante mundo de la superconductividad, Rafael Baquero, México 2004.



## Óptica de Fourier

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-42
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** Este curso se aprenderá a calcular e interpretar el comportamiento de sistemas ópticos a través de manipulaciones en el espacio Fourier, en particular en el espacio de frecuencia espacial. Se revisará la teoría escalar de difracción con lo que se obtendrá las herramientas necesarias para calcular patrones de difracción en el campo lejano y en el campo cercano. Además, se entenderá el significado físico de las frecuencias espaciales, para apartir de aquí, poder interpretar la información contenida en imágenes ópticas.

### Contenido:

- Propiedades de la transformada de Fourier.
- Sistemas lineales y convolución.
- Principios de difracción escalar.
- Difracción de Fraunhofer.
- Difracción de Fresnel.
- Transformada de Fourier con una lente.
- Formación de imágenes en sistemas coherentes e incoherentes.
- Filtraje espacial con el sistema  $4f$  y luz coherente.
- Holografía y reconocimiento de patrones.
- Coherencia óptica.

### Índice temático:

1. Propiedades de la transformada de Fourier. Definición de la transformada de Fourier en 1-D y 2D. La transformada inversa de Fourier. Linealidad de la transformada de Fourier. Teorema de corrimiento, teorema de cambio de posición, teorema de Parseval.
2. Sistemas lineales y convolución. Definición de un sistema lineal. Superposición y la definición de la convolución. Sistemas lineales e isoplanáticos. Funciones de transferencia. Teorema de muestreo.



3. Principios de difracción escalar. La aproximación escalar. Teorema de difracción de Huygens-Fresnel. Teorema de difracción de Fresnel-Kirchhoff. Condiciones de frontera de Kirchhoff. Condición de radiación de Sommerfeld. Teorema de difracción de Rayleigh-Sommerfeld.
4. Difracción de Fraunhofer. La relación del patrón de difracción de Fraunhofer con la transformada de Fourier. Ejemplos de patrones de difracción de Fraunhofer: rendijas, rejillas, abertura circular. Aberturas más complicadas.
5. Difracción de Fresnel. Integrales de seno y coseno. Ejemplos de patrones de difracción de Fresnel: borde, rendija. La transformada fraccional de Fourier. Efecto Talbot.
6. Transformada de Fourier con una lente. La aproximación de una lente delgada. La función de fase de una lente delgada. La transformada de Fourier con una lente delgada.
7. Formación de imágenes en sistemas coherentes e incoherentes. Formación de imágenes como un sistema lineal. Funciones de transferencia en sistemas coherentes e incoherentes. Función de transferencia de modulación (MTF). Efecto por fuera de foco en el MTF.
8. Filtrado espacial con el sistema  $4f$  y luz coherente.
9. Holografía y reconocimiento de patrones. Principios de holografía. Holografía de la transformada de Fourier. Filtros de Van der Lugt. Filtrado espacial con un filtro de Van der Lugt. Reconocimiento de patrones.
10. Coherencia óptica. Grado de coherencia mutua. Efecto del grado de coherencia mutua en visibilidad de franjas de interferencia. Medición del grado de coherencia mutua en espacio y tiempo. Teorema de Van Cittert-Zernike.

**Bibliografía básica:**

- Goodman, J.W., Introduction to Fourier optics, McGraw-Hill, New York, 1968.
- Steward, E.G., Fourier optics: an introduction, J. Wiley and Sons, New York, 1983.
- Gaskill, J.D., Linear systems, Fourier transforms, and optics, J. Wiley and Sons, New York, 1978.
- Reynolds, DeVelis, Parrent y Thompson, The new physical optics notebook: tutorials in Fourier optics, S.P.I.E., Washington D.C., 1989.
- Born, M. y Wolf, E., Principles of optics, Pergamon, Oxford.



## Propagación de ondas en medios multicapas

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-43
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** Estudio de la transmisión de ondas en diferentes rangos de sistemas físicos yendo del régimen electrónico hasta el electromagnético, tocando el rango acústico. El análisis se realiza bajo el formalismo de la matriz de transferencia.

### Contenido:

- Matriz de transferencia.
- Potenciales cuadrados.
- Potencial tipo delta.
- Solución numérica de la ecuación de Schrödinger.
- Transmisión y reflexión de ondas electromagnéticas en una interfaz.
- Sistema multicapas.
- Cristales fotónicos.
- Materiales izquierdos.
- Ondas acústicas.

### Índice temático:

1. Matriz de transferencia. Métodos matemáticos para el análisis de propagación de ondas en sistemas unidimensionales. Desarrollo de la matriz de transferencia para análisis de propagación de ondas de partículas cuánticas.
2. Potenciales cuadrados. La barrera de potencial rectangular. Formalismo de la matriz de transferencia para determinar los coeficientes de transmisión y reflexión. Formalismo de matriz de transferencia para potenciales complejos.
3. Potencial tipo delta. El potencial tipo delta con aplicación de formalismo de matriz de transferencia para resolución de problemas.
4. Solución numérica de la ecuación de Schrödinger. La ecuación de Schrödinger unidimensional. Resolución de la ecuación de Schrödinger por técnicas numéricas para aplicaciones físicas. Algoritmos numéricos simples y su exactitud.
5. Transmisión y reflexión de ondas electromagnéticas en una interfaz. Análisis del fenómeno de transmisión y reflexión de ondas electromagnéticas a través de la



interface entre dos medios. Requerimiento de la continuidad de las componentes de los campos eléctricos y magnéticos, La matriz de transferencia para una interface entre dos medios.

6. Sistema multicapas. La transmisión y reflexión de ondas electromagnéticas TE y TM en un slab y derivación de su matriz de transferencia. Generalización a sistemas multicapas periódicos y no-periódicos.
7. Cristales fotónicos. El espectro de las estructuras multicapas periódicas: bandas y gaps (brechas) e interpretación física.
8. Materiales izquierdos. Breve introducción a las propiedades electromagnéticas de los materiales izquierdos (metamateriales). Formalismo de matriz de transferencia: sus propiedades de transmisión tanto para un slab como de una bicapa compuesta por material izquierdo y derecho.
9. Ondas acústicas. Descripción básica de las ondas acústicas. Condiciones a la frontera para la construcción de la matriz de transferencia para diferentes sistemas, interface, slab y sistemas multicapas. Estudio de propiedades de transmisión y reflexión a través de la matriz de transferencia.

#### Bibliografía básica:

- P. Markos and C. M. Soukoulis, *Wave propagation, from electrons to photonic crystals and left-handed materials*, Princenton.
- W. C. Elmore and M. A. Heald, *Physics Waves*, Dover.
- P. Yeh, *Optical waves in layered materials*, Wiley Inter-Science.



## Química de materiales

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 o 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-44
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** En este curso se presentarán los aspectos básicos relacionados con la química de materiales de tal manera que el estudiante comprenda el mecanismo de las reacciones químicas y la estereoquímica de estos materiales. Además, será capaz de proponer materiales de inicio para desarrollar la síntesis de compuestos.

### Contenido:

- Estequiometría.
- Reacciones acuosas y estequiometría de soluciones.
- El enlace químico: conceptos fundamentales.
- Química de los compuestos de coordinación.
- Equilibrio químico.

### Índice temático:

1. Estequiometría. Ecuaciones químicas. Reacciones de combinación y descomposición. Fórmula y peso molecular. Número de Avogadro y mol. Fórmula molecular obtenida de la fórmula empírica. Reacciones limitantes.
2. Reacciones acuosas y estequiometría de soluciones. Ecuaciones químicas y reacciones en solución acuosa. Escritura y balanceo de las ecuaciones químicas. Propiedades de las soluciones acuosas - electrolitos y no electrolitos. Reacciones de precipitación. Reacciones ácido-base. Reacciones de oxidación-reducción.
3. Enlace químico: conceptos fundamentales. Teorías del enlace químico. El enlace iónico. Formación de iones y redes. Empaquetamiento compacto de esferas. El enlace covalente. Comparación entre los enlaces iónicos y covalente. Electronegatividad y número de oxidación. Estructura de Lewis. La regla del octeto.
4. Química de los compuestos de coordinación. El enlace metal-ligando. Compuestos complejos: química de coordinación. Teoría clásica de la coordinación de Werner. Tipos



de ligados. El efecto de ligados y los ligados quelantes. Nomenclatura de los compuestos de coordinación. Geometría de los compuestos de coordinación. Isomería de los compuestos de coordinación. Teoría del campo cristalino. Color y magnetismo.

5. Equilibrio químico I. Conceptos fundamentales. Equilibrios homogéneos, heterogéneos y múltiples. Equilibrios ácido-base. Ácidos débiles y constantes de ionización. Bases débiles y constantes de ionización. Relación entre las constantes de ionización de pares conjugados ácido-base. Ácidos dipróticos y polipróticos.
6. Equilibrio químico II. La solubilidad y el producto de solubilidad. Separación de iones por precipitación fraccionada. El efecto del ion común y la solubilidad. El pH y la solubilidad. Equilibrios de iones complejos y la solubilidad. Electroquímica y corrosión.

#### **Bibliografía básica:**

- Química, Raymond Chang, 4ta edición, McGraw-Hill.
- Química Inorgánica, Principios y Aplicaciones, I.S. Butler, J.F. Harrod, Addison-Wesley. Fisicoquímica de superficies y sistemas dispersos, Ma. Teresa Toral. Ediciones Urmo.
- Chemistry, The Central Science, T. L. Brown, H. E. LeMay Jr., B. E. Burnsten, C. J. Murphy, 11 a, ed. Prentice Hall.



## Técnicas de crecimiento de materiales

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-45
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** En este curso se presentan los conocimientos básicos sobre la importancia de los materiales precursores en el material a procesar, las distintas técnicas químicas y físicas de crecimiento y depósito de materiales y como se relacionan sus propiedades fisicoquímicas del material procesado con el método utilizado de crecimiento, así como los fundamentos teóricos de los procesos de extracción o reacción de fuentes precursoras, procesos de transporte de especies, aplicados al crecimiento o depósito en conjunto con los procesos de difusión superficial y volumétrica en sustratos y materiales

### Contenido:

- Métodos químicos.
- Tecnología de crecimiento de cristales y preparación de sustratos.
- Tecnología de preparación películas delgadas semiconductoras y aislantes.
- Otras técnicas.

### Índice temático:

1. Métodos químicos. Sol-gel. Baño químico. Reacción en estado sólido. Aspersión pirolítica. Depósito químico en fase vapor.
2. Tecnología de crecimiento de cristales y preparación de sustratos. Producción de silicio y de otros semiconductores grado electrónico. Método Czochralsky. Control de estructura, pureza y defectos. Método de Bridgman. Otros métodos de crecimiento de cristales. Corte, pulido y limpieza de obleas y otros sustratos.
3. Tecnología de preparación películas delgadas semiconductoras y aislantes. Importancia de las películas delgadas. Teoría sobre el proceso de crecimiento de películas delgadas. Procesos de epitaxia. Epitaxia en fase líquida (LPE) y epitaxia en fase vapor (VPE). Técnicas PVD. Epitaxia de haz molecular (MBE) y de haz de iones (IBE), evaporación térmica y con haz de electrones, erosión catódica, ablación láser. Técnicas CVD. CVD térmico, CVD asistido por plasma directo (PECVD) y remoto (RPECVD). Técnicas de rocío pirolítico.



4. Otras técnicas. Preparación de aislantes en película delgada, dióxido de silicio, nitruro de silicio.

**Bibliografía básica:**

- West A.R., Solid State Chemistry and its Applications, John Wiley & Sons, 1984.
- Cheetham A.K., and Day P., Solid State Chemistry. Techniques, Oxford University Press., 1987.
- Brinker C. J. and Scherer G. W., Sol Gel Science. The Physics and Chemistry of Sol-gel Processing, Academic Press, 1990.
- Sze S.M., VLSI technology, McGraw- Hill, 1988.
- J. M. Arbelia, A. M, Cintas, Introducción a la ciencia de materiales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.



## Geometría discreta

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-46
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MBa
- 

**Descripción de la asignatura:** El desarrollo de la geometría computacional y de los métodos en optimización combinatoria durante los últimos 30 años han dado un notable impulso a la investigación en geometría discreta. En particular, muchos de estos avances han encontrado aplicaciones en áreas como la teoría de gráficas, la complejidad computacional, la combinatoria, etc. El objetivo de este curso es revisar algunos de los métodos de la geometría discreta que han sido aplicados con éxito a la resolución de problemas que provienen de la teoría de gráficas.

### Contenido:

- Convexidad.
- Conjuntos convexos independientes.
- Problemas sobre incidencias.
- Arreglos de pseudolíneas.
- K-conjuntos

### Índice temático:

1. **Convexidad.** Subespacios lineales y afines. Posición general. Conjuntos convexos. Combinaciones convexas. Separaciones. Lema de Radon y Teorema de Helly. Teorema del Ham sandwich.
2. **Conjuntos convexos independientes.** Teorema de Ramsey. Teorema de Erdős-Szekeres. K-copas y L-tapas. Teorema de los 5-hoyos. Conjuntos de Horton.
3. **Problemas sobre incidencias.** Incidencias y distancias unitarias. Incidencias punto-línea vía número de cruce. Distancias distintas vía número de cruce. Incidencias punto-línea vía cortes. Lema del corte. Lema fuerte del corte.
4. **Arreglos de pseudolíneas.** Arreglos de hiperplanos. Arreglos de superficies algebraicas. Arreglos de pseudolíneas. Rectificabilidad de arreglos. Algunos resultados sobre rectificabilidad. Teorema de Clarkson. Teorema de la zona. Lema del corte (revisado).
5. **k-conjuntos.** k-conjuntos y líneas bisectrices. Lema de Lovász para k-conjuntos. ( $<k$ )-conjuntos. Número de cruce rectilíneo y k-conjuntos. Cotas generales para el número de k-conjuntos. Récords actuales.



**Bibliografía básica:**

J. Matoušek, Lectures on Discrete Geometry, 1st. Edition. Springer, 2002.

Bibliografía complementaria:

Peter Brass, William Moser, János Pach, Research problems in Discrete Geometry, 1st. Edition. Springer, 2005.



## Geometría Diofantina

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-47
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MBa
- 

**Descripción de la asignatura:** Se estudia la maquinaria sobre alturas de Weil con la finalidad de estudiar puntos enteros o racionales sobre variedades algebraicas.

### Contenido:

- Alturas
- Puntos racionales sobre variedades abelianas
- Puntos enteros sobre curvas

### Índice temático:

1. **Alturas** sobre el espacio proyectivo. Alturas sobre variedades. Funciones canónicas de altura. Funciones canónicas de alturas sobre variedades abelianas. Puntos racionales sobre variedades. Funciones de altura local.
2. **Puntos Racionales sobre variedades abelianas.** El teorema débil de Mordell-Weil. El núcleo de la reducción módulo  $p$ .
3. **Puntos enteros sobre curvas.** Aproximaciones diofantinas. El teorema del subespacio.  $S$ -unidades. El teorema de Siegel.

### Bibliografía básica.

- M. Hindry, J. H. Silverman, *Diophantine Geometry: an introduction*, GTM Springer, 2000.
- E. Bombieri, W. Gubler, *Heights in Diophantine Geometry*, Cambridge University Press, 2006



## Superficies algebraicas

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB.
  - **Clave:** AFE-48
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MBa
- 

**Descripción de la asignatura:** Se desarrolla la teoría básica de superficies algebraicas, particularmente superficies complejas proyectivas. El estudiante desarrollará habilidades para realizar diversos cálculos basados en sucesiones exactas, la descomposición de Zariski y será capaz de utilizar varios teoremas avanzados de la teoría y dominar la clasificación de Kodaira-Enriques.

1. **Conceptos fundamentales.** Índice de intersección. Teorema de Riemann-Roch y fórmula de Noether. Estructura de las aplicaciones biracionales. Modelos minimales. Superficies regladas. Teorema de Noether-Enriques. Fibrados proyectivos de rango 2 sobre una curva. Superficies racionales, el plano proyectivo y las superficies de Hirzebruch. Teorema de Castelnuovo y extinción de la adjunción. Dimensión de Kodaira. Clasificación de superficies con dimensión de Kodaira 1 y 2. Superficies de tipo general. Desigualdades clásicas, desigualdad de Noether.
2. **Técnicas avanzadas.** Teorema del índice de Hodge. Estructura de una fibra. Descomposición de Zariski y aplicaciones. Teoría de Bogomolov. El Teorema de Reider y la desigualdad de Bogomolov-Miyaoka. Desigualdad de Miyaoka generalizada. Superficies de tipo general y aplicaciones pluricanónicas. Superficies extremales y superficies de Beauville-Catanese. 2.5 Fibraciones semiestables. Reducción semiestable de una fibración. Teorema de Arakelov-Parshin. Número de fibras singulares.

### Bibliografía básica:

- Beauville, Surfaces Algébriques Complexes. Astérisque 54, 1978
- Beauville, L'application canonique pour les surfaces de type général. Inventiones Math. 55, 1979.
- W. Barth, K. Hulek, C. Peters, A. Van de Ven, Compact Complex Surfaces. Springer Verlag 2004 (Second Edition).
- L. Badescu. Algebraic surfaces. Springer Verlag 2001.



## Tópicos Selectos de la Biología

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-49
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BCMI y BEB.
- 

**Descripción de la asignatura:** Asignatura establecida para temas de punta dados por profesores locales o visitantes con temario abierto.

## Tópicos Selectos de la Matemática

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-50
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** MBa.
- 

**Descripción de la asignatura:** Asignatura establecida para temas de punta dados por profesores locales o visitantes con temario abierto.



## Tópicos Selectos de la Física

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:**
  - **Clave:** AFE-51
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM, MSCM
- 

**Descripción de la asignatura:** Asignatura establecida para temas de punta dados por profesores locales o visitantes con temario abierto.

## Tópicos Selectos de las Ciencias Nucleares

---

- **Número de créditos:** 12
  - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
  - **Horas a la semana:** 16
  - **Teoría:** 6
  - **Práctica:** 4
  - **Autoestudio:** 6
  - **Requisitos:** AFB
  - **Clave:** AFE-52
  - **Asignatura:** Específica
  - **Materia asociada a la Línea de investigación:** CN
- 

**Descripción de la asignatura:** Asignatura establecida para temas de punta dados por profesores locales o visitantes con temario abierto.