



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS
“Francisco García Salinas”

Doctorado en Ciencias Básicas

Plan de Estudios - Versión 2021



UACB



Directorio Institucional

Dr. Rubén de Jesús Ibarra Reyes
Rector

Dr. Ángel Román Gutiérrez
Secretario General

Dr. Hans Hiram Pacheco García
Secretario Académico

Dra. Leticia Adriana Ramírez Hernández
Coordinadora del Área de Ciencias Básicas



Directorio DES Ciencias Básicas

Dr. Hugo Tototzintle Huitle

Director Unidad Académica de Física

Dr. Fernando Mireles García

Director Unidad Académica de Estudios Nucleares

Dra. Lorena Jiménez Sandoval

Directora Unidad Académica de Matemáticas

Mtra. Rosa Gabriela Reveles Hernández

Directora Unidad Académica de Ciencias Biológicas



Créditos y comités académicos

Comités Académicos del Doctorado en Ciencias Básicas

Coordinador del Doctorado en Ciencias Básicas

Dr. Juan Carlos Martínez Orozco

Responsables por orientación

Física: **Dr. Javier Fernando Chagoya Saldaña**

Matemáticas: **Dr. Luis Manuel Rivera Martínez**

Ciencias Biológicas: **Dra. Melina del Real Monroy**

Estudios Nucleares: **Dr. Eduardo Manzanares Acuña**

Comités Académicos Doctorales de Orientación (CADO)

Física

Dr. Javier Fernando Chagoya Saldaña

Dr. José de Jesús Araiza Ibarra

Dr. Julio César López Domínguez

Dr. Alejandro Gutiérrez Rodríguez

Matemáticas

Dr. Andrés Daniel Duarte

Dr. Alexis García Zamora

Dr. Alexander Pyshev

Dr. Ram Gopal Vishwakarma

Estudios Nucleares

Dr. Eduardo Manzanares Acuña

Dra. Sonia Azucena Saucedo Anaya

Dr. José Luis Pinedo Vega

Dr. Carlos Ríos Martínez

Ciencias Biológicas

Dra. Melina del Real Monroy

Dr. Rogelio Rosas Valdez

Dra. Lucía Delgadillo Ruíz

Dr. Jesús Adrián López



Datos Generales del Programa Educativo

Nombre del Programa Educativo:	Doctorado en Ciencias Básicas
Tipología:	Básico
Modalidad Educativa:	Escolarizada
Créditos:	180
Horas:	4,870
Grado que se otorga:	Doctorado
Título que se obtiene:	Doctor en Ciencias
Generación a partir de la que se aplica el programa educativo:	2022-2025



ÍNDICE

.....	I
PRESENTACIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	15
RASGOS DESEABLES.....	19
Misión	19
Visión 2025.....	19
Perfil de egreso	20
Perfil y requisitos académicos de ingreso.....	21
ESTRUCTURA CURRICULAR.....	22
Mapa Curricular	22
Estructura general	24
Asignaturas de Formación Específica (AFE).....	26
Proyecto de Tesis Doctoral.....	26
Seminario de Tesis (I, II, III y IV)	27
Investigación (I, II, III y IV).....	27
Estancia de Investigación	27
Acreditación de Tesis Doctoral	28
Seminario Doctoral	28
Líneas de Investigación:	31
<i>Biología Evolutiva y Biodiversidad (BEB)</i>	31
<i>Biología Celular y Molecular Integrativa (BCMI)</i>	34
<i>Ciencias Nucleares (CN)</i>	35
<i>Partículas, Campos y Física-Matemática (PCFM)</i>	37
<i>Modelación, Síntesis y Caracterización de Materiales (MSCM)</i>	38
<i>Matemáticas Básicas (MBa)</i>	41
Investigadores.....	42
NORMATIVIDAD	44
Capítulo I. De la estructura operativa.....	44
Capítulo II. Del Comité Académico Doctoral de Ciencias Básicas.....	44
Capítulo III. De los Comités Académicos Doctorales de Orientación	45
Capítulo IV. Del comité de tutores	46
Capítulo V. Apoyo Administrativo	47
Capítulo VI. Del ingreso	48
Capítulo VII. De la convalidación, equivalencia y revalidación de estudios	49



Capítulo VIII. De la permanencia	50
Capítulo IX. De las evaluaciones.....	50
Capítulo X. De la movilidad estudiantil y de académicos	51
Capítulo XI. Del egreso.....	52
Capítulo XII. Profesores activos	53
Capítulo XIII. De las Líneas de Investigación	54
Capítulo XIV. De las omisiones.....	55
EFICACIA DEL PROGRAMA	56
Estrategias.....	56
<i>Estrategias para garantizar el ingreso al Programa Académico</i>	<i>56</i>
<i>Estrategias para garantizar una alta tasa de titulación.....</i>	<i>57</i>
<i>Estrategias para garantizar la calidad académica</i>	<i>57</i>
ANEXO A	59
ASIGNATURAS DE FORMACIÓN ESPECÍFICA	59
Biología de la interacción planta-microorganismo	60
Bioinformática.....	63
Fisiología vegetal	65
Biología del estrés abiótico y biótico en planta e intercomunicación	67
Biología molecular	69
Biodiversidad	71
Biogeografía	73
Evolución biológica.....	75
Ecología	77
Sistemática biológica	79
Detección de la radiación nuclear.....	82
Física nuclear	85
Seguridad radiológica.....	87
Mecánica clásica.....	90
Introducción a la electrodinámica	93
Mecánica cuántica.....	95
Física estadística	97
Geometría Algebraica	100
Teoría de Gráficas	102
Teoría algebraica de los números.....	104
Biocontrol de enfermedades en plantas.....	106
Biotecnología para remediación del estrés en plantas	108
Ingeniería Metabólica de Microorganismos de Importancia Biotecnológica y Agrícola	110
Bio-georeferenciación	112
Biología comparada.....	114
Diversidad Bacteriana	117



Evolución y diversidad de invertebrados	119
Evolución y diversidad de vertebrados.....	121
Interacciones simbióticas.....	123
Sistemática molecular.....	126
Microbiología molecular.....	129
Inmunobiología.....	131
Patogénesis Bacteriana.....	133
Biología celular y cáncer.....	135
RNAs no codificantes	137
Espectrometría de la radiación nuclear	139
Espectrometría de neutrones	141
Física de la atmósfera	143
Química radioanalítica.....	145
Radiobiología	147
Radioinmunoanálisis	149
Radioquímica	151
Teoría de blindajes	153
Astronomía extragaláctica y cosmología.....	155
Estructura galáctica y dinámica estelar	158
Relatividad general.....	160
Teoría cuántica de campo	162
Teorías de norma en física de partículas.....	165
Teoría general de campos clásicos	167
Tópicos avanzados de Física-Matemática	169
Tópicos avanzados de mecánica clásica.....	171
Cálculo de propiedades electrónicas	173
Caracterización de materiales.....	175
Física del estado sólido.....	177
Física de semiconductores	179
Heteroestructuras cuánticas.....	181
Holografía digital	183
Ingeniería óptica	185
Introducción al análisis multivariante	187
Introducción a las espectroscopias vibracionales	189
Introducción a la física de bajas temperaturas	191
Óptica de Fourier	193
Propagación de ondas en medios multicapas.....	195
Química de materiales	197
Técnicas de crecimiento de materiales	199
Geometría discreta.....	201
Geometría Diofantina	203



Superficies algebraicas	204
Tópicos Selectos de la Biología	205
Tópicos Selectos de la Matemática	205
Tópicos Selectos de la Física	206
Tópicos Selectos de las Ciencias Nucleares.....	206



PRESENTACIÓN

El presente programa está enmarcado dentro del Modelo UAZ Siglo XXI el cual promueve una formación integral al enfatizar las habilidades del aprendizaje permanente, así como vincular directamente el contenido de los conocimientos con las nuevas tecnologías, estimular la permeabilidad a otros idiomas y culturas, y despertar aptitudes emprendedoras y el carácter para enfrentar lo nuevo en cualquier ámbito. En este contexto la ciencia y la cultura juegan un papel central. En particular, se vuelve prioritaria la educación sustentada en la investigación, los procesos de aprendizaje del estudiante, los currículos abiertos y flexibles, y la incorporación y generalización del uso de las nuevas tecnologías ligadas a la información y a la comunicación.

Así pues el modelo de la UAZ promueve, a través de su oferta educativa y los planes y programas que la concretan, una formación con las características señaladas para la educación de alta calidad: pertinencia, relevancia, eficiencia, eficacia, trascendencia y equidad, mediante tareas educativas que tienen una mayor correspondencia entre los contenidos, procesos y resultados del quehacer académico en respuesta a las necesidades y expectativas de la sociedad y los estudiantes. Igualmente ofrece programas que permiten lograr los objetivos institucionales al menor costo posible y con el menor desgaste humano, con oportunidades equitativas para el ingreso y la permanencia a través de estrategias para que los estudiantes culminen con éxito una formación que les permita la inserción al mercado laboral y su desarrollo como ciudadanos.

Este proyecto está conformado por cinco grandes secciones con diferentes apartados que se describen a continuación.

La primera sección contempla los apartados antecedentes y justificación. En el primero de ellos se aborda el contexto internacional y nacional de la educación superior dejando en claro la necesidad de ofertar programas educativos que respondan a las necesidades actuales de un mundo cada vez más globalizado. En particular, se hace una descripción



de la situación de los posgrados en el país siendo evidente que aunque se han hecho esfuerzos importantes para generar recursos humanos de alto nivel, no son suficientes. En el segundo apartado se trata de justificar el presente proyecto desde la perspectiva de la sociedad o economía del conocimiento poniendo de manifiesto lo imperante que resulta generar los recursos humanos necesarios y suficientes para transitar hacia una sociedad sustentada en recursos intangibles. Igualmente, se presentan datos fehacientes que indican claramente la oportunidad inmejorable que presenta el Área de Ciencias Básicas de la UAZ para sustentar un posgrado de calidad dados los recursos humanos calificados con los que cuenta. Así mismo, el presente proyecto representaría para la UAZ y el Estado de Zacatecas el primer programa de Doctorado en Ciencias Básicas en su historia.

La segunda sección denominada Rasgos Deseables está constituida por los apartados de Misión, Visión, Perfil de Egreso y Perfil de Ingreso, respectivamente. Los dos primeros apartados describen el objetivo central del programa que consiste en formar investigadores con actitudes, habilidades y conocimientos sólidos que les permitan analizar, generar, aplicar, transmitir y difundir el conocimiento. Los dos apartados restantes por un lado explicitan las competencias que los estudiantes adquirirán al término del programa. Entre ellas, una de las más importantes, la capacidad de plantear, realizar y evaluar proyectos de investigación originales, en especial en el ámbito de su campo disciplinario. Por otro lado se enlistan cada uno de los requisitos que el aspirante al programa debe reunir para poder acceder al mismo.

La tercera sección corresponde a la Estructura Curricular la cual cuenta con seis apartados: Estructura del Programa, Asignaturas de Formación Específica, Proyecto de Tesis Doctoral, Estancia de Investigación, Acreditación de Tesis Doctoral, Seminario Doctoral, y Líneas de Investigación. Cada uno de estos apartados describe las diferentes características y fases del programa. Dentro de las más importantes podemos mencionar: el proceso de admisión que consiste en un examen escrito y un oral aplicado por un comité constituido *ad hoc* para tales fines de manera que se asegure que los



aspirantes seleccionados transiten exitosamente a través del programa y la defensa del proyecto de tesis doctoral ante un jurado que valore por un lado la viabilidad del proyecto y por otro los conocimientos mínimos necesarios que el estudiante debe reunir para el desarrollo del mismo. En este sentido, las materias de formación específica sirven de refuerzo para tales fines. Las etapas correspondientes a la Acreditación de Tesis Doctoral y el Seminario Doctoral tienen como objetivo, avalar al estudiante como doctor, examinando de manera exhaustiva al mismo, de tal manera que la misión del programa sea cabalmente cumplida. Para acceder hasta este punto el estudiante deberá presentar semestralmente, ante su Comité Tutorial los avances de su proyecto de tesis doctoral; así como un reporte de las actividades académicas realizadas, siendo importantes para estos procesos las estancias nacionales o internacionales contempladas en el programa. En el último apartado se da una descripción de las líneas de investigación que constituyen el programa donde se especifican los principales objetivos de cada una de ellas, así como la relación de los investigadores que las sustentan.

La cuarta sección concierne a la Reglamentación la cual está constituida por once apartados siendo estos la columna vertebral del programa: 1) De la estructura operativa, 2) Del Comité Académico Doctoral de Ciencias Básicas, 3) De los Comités Académicos Doctorales de Admisión, 4) Del Comité de Tutores, 5) De la Unidad de Apoyo Escolar y Administrativo, 6) Del ingreso, 7) De la convalidación, equivalencia y revalidación de estudios, 8) De la permanencia, 9) De las evaluaciones, 10) De la movilidad estudiantil y de académicos, y 11) Del egreso. Los apartados mencionados están debidamente ceñidos a los lineamientos generales de la normatividad universitaria siendo del 1 al 5 fundamentales para el buen funcionamiento del programa, ya que estos corresponden a comités en los cuales se tomarán las decisiones más importantes en prácticamente todos los aspectos del programa.

En último lugar, se encuentra la sección de Eficacia del Programa la cual consiste en dos apartados: 1) Estrategias y 2) Plan de desarrollo orientado a las dos primeras



generaciones. El primer apartado consiste en tres puntos que versan sobre las estrategias para garantizar: el ingreso al programa académico, una tasa de titulación alta y la calidad académica tanto de los egresados como de los investigadores participantes en el programa. En general las estrategias mencionadas descansan sobre los comités que conforman la estructura organizacional ya que son estos lo que garantizan que los estudiantes seleccionados cumplan con todos los requisitos y características necesarias para transitar de manera exitosa en el programa; así mismo se encargan de acompañar muy de cerca al alumno a lo largo de sus estudios cuidando que cada una de las actividades académicas contempladas en la currícula sean debidamente cumplidas. En el caso del segundo apartado se plantean diferentes acciones al corto plazo para establecer y consolidar el programa, entre ellas figuran: 1) la difusión, 2) el comité de calidad, 3) el apoyo institucional, y 4) la gestión.

Es importante mencionar que, con la creación, establecimiento y consolidación de proyectos como el presente, la UAZ cumple con su misión y responde al compromiso que tiene con la sociedad.



ANTECEDENTES

Nuestra época se caracteriza por profundas transformaciones en prácticamente todos los órdenes de la vida humana. Las transformaciones sociales, económicas, políticas, culturales y educativas, tan intensas y cotidianas, tienen alcances que apenas se vislumbran. Los cambios se están gestando en múltiples campos de la vida humana: en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, que ha revolucionado la organización de los procesos productivos como nunca antes se había visto en la historia; en el acceso y la distribución de la información a través del uso de los medios informáticos; en las formas de organización de las economías de los países que se han agrupado en bloques regionales para obtener mayor ventaja en la competencia internacional, y dentro de una economía cada vez más globalizada pero segmentada entre países pobres y países ricos.

Inmersa en una comunidad mundial cada vez más interdependiente, la sociedad mexicana vive, a su vez, un proceso de transición en todos los órdenes: económico, político, social y cultural. El cambio debe implicar necesariamente a todos, pero aún no se ha dado de manera homogénea en los distintos ámbitos de la sociedad. En lo económico, se han puesto en operación en los últimos tres lustros estrategias que buscan la incorporación de México a los mercados mundiales, el aumento de la competitividad de la planta productiva y la modernización de las unidades económicas. En lo político, el país ha venido ampliando su vida democrática con la consolidación de la estructura de partidos y asociaciones políticas, la alternancia en el poder y la emergencia de nuevos actores en el seno de la sociedad civil. En lo social, han aparecido nuevos procesos y estructuras que apuntan a la conformación de una sociedad más urbana y moderna, pero al mismo tiempo se tienen amplias regiones del país, sectores y grupos sociales que todavía no participan de los beneficios del crecimiento económico. En el ámbito cultural, están apareciendo nuevos fenómenos como son el avance acelerado de los conocimientos científicos, humanísticos y tecnológicos, la creciente escolaridad de la población en los niveles de la educación básica y los avances en las tecnologías de la información y la comunicación.



Una sociedad, sea mundial o nacional, inmersa en un proceso de cambio acelerado en todas las esferas de la vida humana exige transformaciones profundas en la organización y operación de la educación en general y la educación superior en lo particular. El cambio es constante, acelerado y afecta a toda la vida de la sociedad; se da en la actividad económica, en las formas de organización del trabajo y en las bases técnicas de la producción, surgiendo nuevas necesidades y exigencias relativas a las competencias y conocimientos de los hombres y mujeres para insertarse activamente en el mundo laboral. Con el cambio se extienden las actividades que requieren de innovaciones continuas y de una mayor participación de la dimensión intelectual del trabajo; se modifican las costumbres, los patrones de conducta y los modos de vida de los individuos y de los grupos sociales; se extienden los ámbitos de acción de la sociedad civil; se redefinen los campos de intervención del Estado y se va conformando una sociedad más democrática y más participativa.

Un ámbito que particularmente incide en el desarrollo de la educación superior es el relativo a la revolución científica y tecnológica que se vive en el planeta. La progresión geométrica de los acervos de conocimientos científicos y tecnológicos y de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, presentan múltiples oportunidades para el desarrollo de la educación superior (Internet, acceso a bases de datos, enseñanza a distancia, redes virtuales de intercambio, flexibilidad en el proceso de formación, etcétera). El fácil acceso a la información y a su distribución por medios electrónicos multiplica el impacto formativo de las Instituciones de Educación Superior. Asimismo, la mayor interacción entre las comunidades académicas permite un proceso continuo de mejoramiento de la calidad educativa; la apertura a la interacción mundial potencia los procesos de transformación de las instituciones educativas, y el surgimiento de nuevos valores en la sociedad permite la construcción de espacios académicos más consolidados. Sin embargo, México enfrenta la amenaza, al igual que otros países, de quedar rezagado en el desarrollo científico y tecnológico. El gran reto es disminuir la brecha existente entre países ricos y países pobres, disminución que exige de una nueva distribución del conocimiento a nivel mundial.



De este modo, no puede entenderse a la educación superior sin tener como referente este contexto de transición mundial y nacional. Las instituciones educativas actúan hoy en contextos cualitativamente distintos a aquéllos en que, las más de ellas, iniciaron operaciones tan sólo apenas hace algunas décadas. Ante situaciones, problemas y necesidades emergentes, las respuestas a los nuevos retos tendrán que darse bajo paradigmas novedosos puesto que ya no son viables las respuestas pensadas para condiciones de épocas pasadas. Así pues son múltiples y muy diversos los desafíos que la educación superior tiene ante sí. Su contexto social no es siempre favorable para el óptimo desempeño de sus funciones y en ocasiones le presenta amenazas que tiene que sortear con estrategias creativas; pero el contexto social cambiante también le abre nuevas oportunidades de acción.

Una sociedad basada cada vez más en el conocimiento, “la educación superior y la investigación forman hoy en día la parte fundamental del desarrollo cultural, socioeconómico y ecológicamente sostenible de los individuos, las comunidades y las naciones. Por consiguiente, y dado que tiene que hacer frente a imponentes desafíos, la propia educación superior ha de emprender la transformación y la renovación más radicales que jamás haya tenido por delante”¹.

Lo anterior se agudiza si tomamos en cuenta que el crecimiento de la matrícula y la diversificación de las opciones educativas en el nivel superior es una de las tendencias más observadas a nivel mundial en el transcurso de las últimas décadas. El crecimiento de la matrícula ha sido acelerado: de 13 millones de estudiantes en 1960 se pasó a 82 millones en 1995, 85 millones en el año 2000 y para el año 2015 se espera tener más de 100 millones estudiantes en las distintas modalidades de la educación superior¹ terciaria.

Dos aspectos merecen especial atención: el aumento de la participación de la mujer y el aumento de la tasa bruta de la matrícula. La participación de la mujer ha avanzado



aceleradamente, siendo en la actualidad superior al 50%¹, situación que es similar a la existente en México.

Por su parte, el rango teórico de edad de los jóvenes que pueden asistir a la educación superior es de 18 a 22 años, si bien se utilizan distintos rangos en los diferentes países. De acuerdo con la información de la UNESCO¹, a nivel mundial este porcentaje ha venido aumentando: mientras que en 1980 fue en promedio del 12.2%, en 1995 se incrementó al 16.2%, porcentaje similar al de nuestro país, pero con grandes desequilibrios entre países y regiones: en el caso de Canadá, en 1985, el 69.4% de los jóvenes en la cohorte de edad correspondiente cursaba educación superior y para 1999 se reportaron cifras aún mayores, cercanas al 100%. Otro caso es el de los Estados Unidos, que en 1985 tenía el 60.2%, y en 1995 llegó al 81%. Países con grados de desarrollo comparables con los de México han alcanzado porcentajes importantes; casos como los de Argentina con 36.2%, Chile 28.2% y Uruguay con 29.4%.

México se clasifica, de acuerdo con la UNESCO, entre los países menos desarrollados. Los países más desarrollados son los que mostraron un aumento constante en la tasa de matrícula y a un nivel muy superior, al pasar de 37.2% en 1980 al 59.6% en 1995, en comparación con un crecimiento del 5.1% al 8.8% en los países menos desarrollados¹.

En el contexto nacional el Sistema Educativo se integra por tres niveles: 1) educación básica compuesta por la educación preescolar, primaria y secundaria; 2) educación media superior que comprende el bachillerato o estudios equivalentes y los estudios de técnico profesional y, 3) educación superior que comprende los estudios de técnico superior o profesional asociado, de licenciatura y de posgrado, que a su vez incluye los estudios de especialización, maestría y doctorado.

El nivel superior comprende aquella educación que se imparte después del bachillerato o sus equivalentes y las funciones que realizan las instituciones, en lo sustantivo, se



refieren a la formación de recursos humanos en los distintos campos de la ciencia, la tecnología y las humanidades. En 1999 el sistema de educación superior en México estaba conformado por 1250 instituciones (considerando sólo las unidades centrales) que ofrecen programas escolarizados: 515 públicas y 735 particulares. Obedeciendo a su coordinación, dependencia o régimen, ellas se clasifican en seis grandes grupos: subsistema de universidades públicas; subsistema de educación tecnológica; subsistema de universidades tecnológicas; subsistema de instituciones particulares; subsistema de educación normal y subsistema de otras instituciones públicas.

El subsistema de universidades públicas: Este subsistema se integra por 45 instituciones, considerando sólo las unidades centrales, las cuales realizan las funciones sustantivas de docencia, investigación y extensión de la cultura y los servicios. En este conjunto están las universidades federales y estatales. La mayor parte de las universidades públicas son autónomas. Por Ley tienen la responsabilidad de gobernarse a sí mismas; realizar sus fines de educar, investigar y difundir la cultura de acuerdo a los principios del Artículo Tercero Constitucional, respetando la libertad de cátedra e investigación y de libre examen de las ideas. En este subsistema se realiza más del 50% de la investigación en México y se atiende al 52% de los estudiantes de licenciatura y al 48% de los de posgrado.

El subsistema de educación tecnológica: Está conformado por un total de 147 instituciones que en conjunto atienden al 19% de la matrícula de licenciatura y al 6% de los estudiantes inscritos en el nivel de posgrado. De las 147 instituciones, 102 de ellas, entre las que se encuentran el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, el Instituto Politécnico Nacional, los institutos tecnológicos federales, los agropecuarios, los de ciencias del mar, así como un tecnológico forestal, son coordinadas por el Gobierno Federal a través de la Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas de la Secretaría de Educación Pública. Las 45 instituciones restantes son institutos descentralizados de los gobiernos estatales. Éstos, además, de los programas regulares, ofrecen un sistema de programas



de tres años de duración: dos años de tronco común y uno de especialidad. Esta opción favorece una rápida salida al mercado de trabajo y abre la posibilidad de continuar estudios superiores al egresado que así lo quiera.

El subsistema de otras instituciones públicas: agrupa a 67 instituciones no comprendidas en los dos conjuntos anteriores, como son las instituciones dependientes de la Secretaría de Educación Pública y de otras secretarías de estado. Este grupo atiende el 1.1% de la población total de licenciatura y el 7.5% de la de posgrado.

El subsistema de universidades tecnológicas: Las universidades tecnológicas son organismos públicos descentralizados de los gobiernos estatales. En su creación intervienen los tres niveles de gobierno: federal, estatal y, en su caso, municipal.

Las universidades tecnológicas fueron creadas a partir de 1991 y ofrecen programas de dos años a través de los cuales se forman profesionales asociados. En el ciclo escolar 1998-1999 se contaba con 36 universidades tecnológicas distribuidas en 19 entidades federativas, con una población escolar que representa el 1.1% de la matrícula total de educación superior. Conviene aclarar que este tipo de estudios también lo ofrecen otras instituciones del nivel superior.

El subsistema de instituciones particulares: Se compone por 598 organismos, sin incluir las escuelas normales, y se clasifican según su nombre oficial en 5 conjuntos: universidades (168), institutos (171) y centros, escuelas y otras instituciones (259). Los estudios impartidos por los particulares requieren, en su caso, del Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios (RVOE) de la Secretaría de Educación Pública o de los gobiernos de los estados o, bien, estar incorporados a una institución educativa pública facultada para ello. En el nivel de licenciatura, este subsistema atiende al 27.6% de la matrícula y en el posgrado al 36.5%.

El subsistema de educación normal: Prepara a los educandos para que ejerzan la



actividad docente en los distintos tipos y niveles del Sistema Educativo Nacional. La carrera tiene una duración de cuatro a seis años y actualmente se forman licenciados en educación preescolar, en educación primaria, en educación secundaria, en educación especial y en educación física. En 1984 el Gobierno de la República elevó a nivel de licenciatura la educación normal, aumentando con ello el número de años de escolarización de los profesores. El conjunto de instituciones que conforma este subsistema ascendió a 357 escuelas en 1999, de las cuales 220 son públicas y 137 particulares, las cuales atienden al 11.5% de la población escolar de educación superior del país.

En lo referente al posgrado como resultado de la acelerada expansión de la matrícula ésta alcanzó la cifra de 107,149 en 1998 y de 111,247 alumnos en 1999, inscritos en un total de 3,470 programas escolarizados a nivel de especialización, maestría o doctorado.

La mayor parte de los estudiantes de posgrado en 1998 se ubican en programas de maestría representando el 69.5% (77,279) de la matrícula total del nivel, seguido en importancia por los programas de especialización con el 23.4%, es decir, 26,057 alumnos, mientras que en el doctorado contaba únicamente con el 7.1% (7,911 estudiantes). En las instituciones de educación superior públicas se atiende al 63.5% de la matrícula y en las particulares al 36.5%.

La matrícula de posgrado muestra una alta concentración geográfica, ya que de los 111,247 estudiantes, 37,855 se encontraban cursando sus estudios en las instituciones educativas ubicadas en el Distrito Federal, 9,898 en Nuevo León, 8,312 en Puebla, 8,003 en Jalisco y 8,200 en el Estado de México. En 1999 el 34% de la matrícula se ubicó en programas ofrecidos por las instituciones del Distrito Federal, situación que se agudizó en el doctorado al ascender al 57% de la matrícula de posgrado. De los 33,800 alumnos de nuevo ingreso al posgrado en 1997, 7,049 procedieron de otras entidades federativas y 458 del extranjero, lo que muestra una movilidad geográfica de poco más



de la quinta parte de los estudiantes de nuevo ingreso.

La distribución de la matrícula del ciclo lectivo 1997-1998 por área del conocimiento y por nivel, muestra diferencias importantes: en los programas de especialización, el 57.5% de la población escolar se concentra en el área de Ciencias de la Salud y el 29.1% en Ciencias Sociales y Administrativas, mientras que las Ciencias Agropecuarias y las Ciencias Naturales y Exactas absorben el 0.7% y el 0.6% respectivamente. En el nivel de maestría, la mayor concentración se ubica en el área de Ciencias Sociales y Administrativas (48.2%); le sigue el área de Educación y Humanidades (26.8%); Ingeniería y Tecnología (15.4%), y Ciencias Agropecuarias, de la Salud y Naturales y Exactas (2.1%, 3.2% y 4.3% respectivamente). En el nivel de doctorado la mayor concentración de la matrícula se ubicaba en los programas de Ciencias Naturales y Exactas (26.2%), y en los de Ciencias Sociales y Administrativas (22.3%); seguidos por los de Educación y Humanidades (18.5%), Ingeniería y Tecnología (15%); Ciencias de la Salud (11.1%) y Ciencias Agropecuarias (6.9%).

Los programas de doctorado tienen el propósito de formar recursos humanos altamente calificados para generar y aplicar el conocimiento en forma original e innovadora. De ahí que resulte de primera importancia fortalecer este nivel educativo y garantizar su calidad a través de la evaluación. El indicador "número de graduados de doctorado por millón de habitantes" se triplicó en el periodo 1990-1998 al pasar de 2.5 al inicio del periodo, a 7.7 en 1998.

En las últimas décadas, el crecimiento del posgrado ha sido desigual, tanto en la calidad de los programas, como en la atención de las distintas áreas del conocimiento; en algunos casos muestra una escasa relación con las necesidades sociales y del aparato productivo. La alta concentración de la matrícula en algunos campos ha limitado la formación de una base científica y tecnológica lo suficientemente diversificada y sólida para enfrentar los retos del desarrollo del país. La comunidad científica, aún insuficiente para las necesidades nacionales, se encuentra concentrada en las



instituciones educativas del nivel superior, situación derivada de la escasa inversión del sector productivo en las actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

En el ciclo escolar 1997-1998 las instituciones de educación superior ofrecieron 2,411 programas de posgrado a nivel de maestría y doctorado: 369 de doctorado y 2,042 de maestría. Las principales áreas del conocimiento en las que se concentraron los programas fueron las de Ciencias Sociales y Administrativas, con 838 programas, Ingeniería y Tecnología, con 501 y Educación y Humanidades, con 429.

Con la finalidad de reconocer y fortalecer la calidad de los programas de maestría y doctorado que se ofrecen en el país, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) comenzó a operar en 1991 el Padrón de Programas de Posgrado de Excelencia, con 328 programas, cantidad que aumenta a 478 en 1998; de ellos 160 fueron de doctorado y 318 de maestría. Con relación al total de programas de maestría y de doctorado que se ofrecieron al inicio del ciclo escolar 1997-1998, y que ascendieron a 2,411 de acuerdo con la información disponible en la ANUIES, sólo 478 programas se encuentran incorporados al Padrón del CONACyT (20%).

El universo de instituciones que ofrecen estudios de posgrado está integrado por 402 instituciones dispersas en todo el territorio, con diferente estructura académica y distintas formas de organización que obedecen a la pluralidad de regímenes jurídicos.

Al analizar por áreas del conocimiento la relación de los programas de excelencia con respecto a los que se ofrecían en todo el país, se observa que el 54% de los que se impartían en el área de Ciencias Exactas y Naturales eran de excelencia; el 26% en el área de Ciencias Agropecuarias; el 21% en Ingeniería y Tecnología; el 17% en Ciencias de la Salud y, finalmente, el 12% y el 10%, respectivamente en las áreas de Ciencias Sociales y Administrativas y de Educación y Humanidades.

Para mayores detalles acerca de la Educación Superior y en particular la situación del posgrado y la investigación en el país se puede consultar la excelente radiografía hecha por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES)¹.

¹ La Educación Superior en el Siglo XXI: Líneas estratégicas del desarrollo, ANUIES, 2000.



JUSTIFICACIÓN

La economía basada en el conocimiento se está diseminando cada vez más en todo el planeta. Una economía del conocimiento depende esencialmente del capital humano y el pensamiento estratégico, así como de la habilidad para crear condiciones favorables que aseguren su implementación². Lo anterior no es algo nuevo ya que el conocimiento ha estado en el corazón del crecimiento económico y la mejora de los niveles de vida desde tiempos inmemoriales.

La habilidad para inventar e innovar, esto es para crear conocimiento e ideas nuevas que en la medida de lo posible se transformen en productos procesos y organizaciones, ha servido siempre como punta de lanza del desarrollo³. El término “Economía basada en el conocimiento” se ha acuñado recientemente, debido principalmente a la velocidad sin precedente a la que el conocimiento es creado, acumulado y más aún la relevancia y el valor económico que representa.

Las economías basadas en el conocimiento no están restringidas al reino de la alta tecnología, por el contrario, la ciencia y la tecnología juegan un papel central en nuevos sectores (farmacéutico, instrumentación científica, tecnologías de la información y la comunicación, aeronáutica, nuevos materiales, etc.) dando un impulso adicional al crecimiento económico como un todo. Este desarrollo se refleja directamente en la proliferación de un creciente número de trabajos relacionados con la producción, procesamiento y transferencia de conocimiento e información: tendencia que gradualmente se está esparciendo a lo largo y ancho de la economía, llevando a la sociedad a actividades totalmente basadas en el conocimiento.

Los historiadores de la economía indican que hoy por hoy la disparidad en la productividad y crecimiento de los diferentes países tiene cada vez menos que ver con su abundancia o carencia en recursos naturales, sino más con las capacidades de

² Scientika, Mexico City: a Knowledge Economy, 2010: <http://www.scientika.mx>.

³ P. A. David and D. Foray, International Social Science Journal 54, 9 (2002).



mejorar el capital humano y los factores de producción, en otras palabras para crear conocimiento e ideas, e incorporarlas en equipo y personas.

Una característica relacionada al crecimiento económico es la creciente importancia del capital intangible en la generación de riqueza y el aumento del producto interno bruto atribuible a este capital^{4,5}. Por ejemplo, en los Estados Unidos el valor actual del capital intangible (dedicado a la creación del conocimiento y capital humano) claramente pesa más que el valor del capital tangible (infraestructura física y equipo, recursos naturales). Por el contrario, en México la relación entre capital intangible y tangible es evidentemente desproporcionada si tomamos en cuenta que las principales fuentes de ingresos del país son el petróleo y las remesas de los inmigrantes⁶.

A este respecto, el gobierno federal, con la finalidad de cambiar esta tendencia e integrar a México en el corto y mediano plazo a una economía sustentada en el conocimiento, ha plasmado tanto en el Plan de Desarrollo Nacional como en la Ley de Ciencia y Tecnología las bases para alcanzar tales objetivos^{7,8}. Como punto nodal se plantea incrementar la formación de científicos y tecnólogos de tal manera que contribuyan al establecimiento del círculo virtuoso entre generación de conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación y así resolver problemas nacionales fundamentales, cuya resolución contribuya al desarrollo del país y eleve el bienestar de la población en todos sus aspectos.

Igualmente, se plantea la descentralización o desarrollo regional mediante el establecimiento de redes o alianzas para las investigaciones científicas, el desarrollo tecnológico y la innovación. Para esto último, tanto la federación como los estados

⁴ M. Abramovitz and P. A. David, "Technological Change and the Rise of Intangible Investments: the US Economy's Growth-path in the Twentieth Century", in D. Foray and B. A. Lundvall, (eds.), *Employment and Growth in the Knowledge-based Economy*, OECD Documents, Paris: OECD, 1996.

⁵ M. Abramovitz and P. A. David, "American Macroeconomic Growth in the Era of Knowledge-Based Progress: The Long-Run Perspective," in S. L. Engerman and R. E. Gallman, eds., *An Economic History of the United States: The Twentieth Century*, Vol. 3, New York: Cambridge University Press, pp. 1-92, 2000.

⁶ Banco Central de México: <http://www.banxico.org.mx/>.

⁷ Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012: <http://pnd.presidencia.gob.mx>.

⁸ Diario Oficial de la Federación, Ley de Ciencia y Tecnología, 5 de Junio de 2002: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242.pdf>.



juegan un papel fundamental proporcionando las condiciones necesarias y suficientes para el florecimiento de los cuadros científicos y tecnológicos que coadyuven a la resolución de problemáticas regionales.

En este sentido, para el estado de Zacatecas, es imperante que aquellos programas educativos que cuenten con los recursos humanos calificados en el corto plazo, obtengan el reconocimiento como programas de calidad por las instancias correspondientes, e igualmente brinden las condiciones a los campos del conocimiento que sean estratégicos para el estado y que aún no cuenten con los cuadros científicos y tecnológicos calificados para que en el mediano y largo plazo detonen el círculo virtuoso entre generación de conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación⁹.

Para tales fines la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), como la Institución de Educación Superior más importante en el Estado, juega un papel preponderante. Sabedora de su posición, responsabilidad y relevancia, la UAZ deja clara en su Plan de Desarrollo Institucional¹⁰ la necesidad de re-estructurar los procesos y programas educativos con el fin de superar una profunda crisis en todos los órdenes: económico, académico, social y cultural, a fin de mantener y acrecentar la política de calidad de la educación que hoy caracteriza a nuestra Universidad; diversificar la oferta educativa con pertinencia social y acorde a la demanda laboral, responder con investigación, innovación y creatividad a los problemas nodales y estructurales de nuestro Estado; con la alta misión de coadyuvar en la creación de políticas públicas que permitan encontrar mejores niveles de crecimiento, desarrollo y progreso.

En particular, en las políticas institucionales de las funciones sustantivas resaltan dos puntos, a saber:

⁹ Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016 Gobierno del Estado de Zacatecas: <http://www.zacatecas.gob.mx>.

¹⁰ Plan de Desarrollo Institucional 2008-2012 Universidad Autónoma de Zacatecas: http://www.uaz.edu.mx/planeacion/Documentos/PDI_2008-2012.pdf



- Fortalecer el desarrollo y consolidación de los cuerpos académicos, a través de redes de colaboración regional, nacional e internacional, aprovechando las fortalezas de los cuerpos académicos consolidados.
- Ofrecer programas de posgrado socialmente pertinentes, sustentados en criterios de factibilidad y calidad reconocida; promover su reordenamiento que permitan la incorporación de esquemas flexibles por áreas de conocimiento con opciones y el óptimo aprovechamiento de los recursos humanos, materiales y financieros.

En la presente actualización del plan de estudios se sigue mejorando la oferta educativa a nivel doctorado en el ACB en el estado de Zacatecas aprovechando las fortalezas con las que cuenta ACB en cuanto a capital humano y con base en ellas, se ha estado implementando el programa que fundamenta el Programa Académico de Doctorando en Ciencias Básicas (PADCB). Dicho programa está organizando en cuatro orientaciones: Ciencias Biológicas, Matemáticas, Física y Estudios Nucleares de las cuales se cuenta actualmente con las siguientes líneas de investigación: “Biología Celular y Molecular Integrativa”, “Biología Evolutiva y Biodiversidad” “Ciencias Nucleares, “Matemáticas Básicas”, “Partículas, Campos y Física-Matemática”, y “Modelación, Síntesis y Caracterización de Materiales”.

Cabe mencionar que, respecto del plan de estudios original, en esta nueva versión la UAZ tiene alrededor de dos decenas de programas PNPC y no cinco como en aquel entonces, con lo cual se puede decir que ha aumentado los índices de calidad de nuestros posgrados y en la presente revisión del PADCB, que será evaluada ante el PNPC, pretendemos pasar al siguiente nivel en la estructura de calificación de programas PNPC, dadas las estadísticas del programa.



RASGOS DESEABLES

El Área de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas oferta el Programa Académico de Doctorado en Ciencias Básicas. La misión y la visión del Programa Académico son:

Misión

El Área de Ciencias Básicas a través de su programa académico de Doctorado en Ciencias Básicas tiene como misión formar investigadores con actitudes, habilidades y conocimientos sólidos que les permita analizar, generar, aplicar, transmitir y difundir el conocimiento. En particular, nuestro programa genera recursos humanos que son capaces de resolver problemas de forma científica y creativa, para con ello contribuir al impulso del desarrollo científico, tecnológico, económico y social del estado de Zacatecas, de la región, y de México en las temáticas de Biología Celular y Molecular Integrativa, Biología Evolutiva y Biodiversidad, Ciencias Nucleares, Partículas, Campos y Física-Matemática, Modelación, Síntesis y Caracterización de Materiales y Matemáticas Básicas.

Visión 2025

Es un programa competitivo a nivel nacional e internacional con una sólida formación en los fundamentos de Biología Celular y Molecular Integrativa, Biología Evolutiva y Biodiversidad, Ciencias Nucleares, Partículas, Campos y Física-Matemática, Modelación, Síntesis y Caracterización de Materiales, y Matemáticas Básicas; esta especialización se apoya en las diversas áreas que se cultivan desde los Cuerpos Académicos. Además, fomenta la movilidad académica a nivel nacional e internacional dada la posibilidad de una trayectoria académica personalizada. Es un Programa Académico con reconocimiento del Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACyT y de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior de la SEP-ANUIES. Es también, un programa de competencia internacional.



Cuenta con una planta académica de carrera con grado de doctor con reconocimiento en el Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) e Investigador Nacional (SNI). Se tienen nuevos Cuerpos Académicos que desarrollan Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento que fortalecen la misión del Programa Académico. Se desarrollan Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento vinculadas a los sectores social, público, productivo y de servicios, atendiendo las necesidades de la región. Los Cuerpos Académicos participan en Redes de Colaboración Académica en los ámbitos nacional e internacional.

Los egresados se vinculan con labores de investigación y docencia del más alto nivel. Se cuenta con un Sistema de Evaluación, Seguimiento e Información en el marco del Modelo Educativo Institucional; así como con un Sistema Institucional de Tutorías para la formación integral y pertinente del estudiante, que brinda servicios oportunos. Se cuenta con un conjunto de normas internas que permite el ágil funcionamiento de los procesos educativos, y un aparato administrativo eficiente y confiable que facilita dichos procesos.

A nivel institucional, se cuenta con una normatividad que regula las actividades académicas y administrativas. Así como con los mecanismos suficientes para promover la movilidad de los estudiantes y los docentes. La Universidad Autónoma de Zacatecas pertenece al Consorcio de Universidades Mexicanas CUMEX, por lo que la movilidad se apoya institucionalmente, y permite que los estudiantes participen en otros Programas Académicos para mejorar su formación.

Perfil de egreso

Los egresados se caracterizan por ser investigadores del más alto nivel académico, capaces de realizar investigación original de manera independiente, en las líneas de generación y aplicación del conocimiento del Área de Ciencias Básicas. Ello propicia la elevación del nivel de la investigación científica y la enseñanza en las diferentes áreas del conocimiento de interés del Doctorado en Ciencias Básicas. Fomenta la realización de estudios multi e interdisciplinarios, así como la



ampliación de grupos de alto nivel capaces de formar recursos humanos para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en México. Tener un compromiso firme con la ética, la moral, el bienestar social, el desarrollo sustentable, mejoramiento y conservación del ambiente.

Los egresados del programa de Doctorado en Ciencias Básicas:

- Conocerán de manera profunda las bases científicas y tecnológicas de su campo del conocimiento;
- Conocerán ampliamente los conceptos, métodos y técnicas de su campo disciplinario;
- Serán capaces de plantear, realizar y evaluar proyectos de investigación original, en especial en el ámbito de su campo disciplinario;
- Formarán recursos humanos de alta calidad para la investigación y la docencia que sean de competencia internacional;
- Promoverán los valores humanísticos, éticos, morales, culturales, y ambientales;
- Contribuirán al impulso del desarrollo científico, tecnológico, económico y social del estado de Zacatecas, de la región y de México.

Perfil y requisitos académicos de ingreso

El Comité Académico Doctoral de Ciencias Básicas (CADCB) decidirá sobre la aceptación de los aspirantes a ingresar al doctorado. Para ello, se apoyará en el Comité Académico Doctoral de Orientación (CADO). Todo alumno tendrá un máximo de dos oportunidades para cumplir con el proceso de ingreso al doctorado, debiendo transcurrir un mínimo de un semestre entre ambas.

Para ingresar al Doctorado en Ciencias Básicas se requiere:

- 1) Tener el grado de Maestro en Ciencias de un programa afín, a juicio del CADCB.



- 2) Tener promedio mínimo de 8 en sus estudios de maestría, o 7.8 en cuyo caso no podría ser postulado a beca sino hasta que tenga recuperado el promedio, según la convocatoria PNPB CONACyT.
- 3) Ser propuesto por escrito por el profesor investigador del programa de doctorado que acepta ser su asesor de tesis.
- 4) Presentar y aprobar un examen general de conocimientos (EXANI III con puntaje mínimo de 1000 puntos) con vigencia no mayor a dos años.
- 5) Presentarse a una entrevista con el CADO.
- 6) Demostrar la comprensión del idioma inglés (EXAMEN TOEFL o su equivalente), con vigencia no mayor a dos años y en caso de no tener 500 puntos tiene hasta dos años para acreditar el puntaje una vez inscrito al programa (requisito de permanencia).
- 7) Cuando el español no sea la lengua materna del aspirante demostrar un conocimiento suficiente del idioma español.
- 8) Establecer el compromiso de dedicar tiempo completo a la realización de los estudios de doctorado (En los términos requeridos por el CONACyT).
- 9) Cubrir los trámites respectivos ante el Departamento Escolar de la UAZ.

Los estudiantes aceptados en el programa de doctorado recibirán del CADCB un dictamen aprobatorio de suficiencia académica para cursar estudios de doctorado.

Los procedimientos respectivos de aplicación y certificación de los requisitos de ingreso serán establecidos en las normas operativas.

ESTRUCTURA CURRICULAR

Mapa Curricular

La estructura curricular está centrada en el estudiante y con la finalidad de desarrollar las siguientes competencias generales¹¹:

¹¹ Tuning: <http://www.unideusto.org/tuning>.



- Demostrar un entendimiento sistemático del campo de estudio y tener las habilidades y dominio de los diferentes métodos de investigación asociados con el campo de estudio.
- Demostrar la habilidad de concebir, diseñar, implementar y adaptar una parte sustancial de su investigación con la docencia.
- Hacer contribuciones a través de una investigación original que extienda las fronteras del conocimiento al haber hecho una parte sustancial de esta investigación que además pueda ameritar la publicación en revistas internacionales de arbitraje estricto.
- Ser capaz de hacer un análisis crítico, de evaluar y sintetizar ideas complejas y nuevas.
- Tener la habilidad de comunicación con la comunidad científica y con la sociedad en general sobre sus logros en su campo de investigación.
- Promover, en un contexto académico y profesional, avances tecnológicos, culturales y sociales.

Un sistema basado en créditos¹² es una herramienta que nos permite planear y manejar el tiempo necesario que el estudiante empleará para obtener las competencias antes mencionadas. El sistema es acumulativo, dando créditos a las actividades académicas del programa: cursos, seminarios de investigación, estancias académicas nacionales y/o internacionales, acreditación de tesis, etc. La cantidad de créditos totales es de 180, teniendo el debido cuidado que los créditos mencionados sean cumplidos en los tiempos que marca el programa.

Todo egresado debe cumplir con un plan de trabajo que se ajuste al Mapa Curricular. Este último comprende lo siguiente: Proceso de aceptación de los aspirantes al Doctorado en Ciencias Básicas, desde su entrevista inicial hasta el momento en que es aceptado, requisitos de permanencia en el doctorado que básicamente son la aceptación de su proyecto de tesis, la aprobación **de al menos** una asignatura de

¹² Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos, SEP-ANUIES 2007.



formación específica, actividades de Investigación, asistencia y/o presentación de los coloquios de área y seminarios departamentales, estancia de investigación y finalmente de la aceptación y presentación de su tesis.

La descripción y definición de las asignaturas de formación específica; de las estancias de investigación, acreditación de la tesis doctoral y de la defensa de tesis doctoral se describen en lo siguientes apartados. También se describen las líneas de investigación y sus participantes. Finalmente, la lista de las asignaturas de formación específica, así como los temarios de cada una de ellas se presentan en **el Apéndice A**.

Estructura general

En este apartado se presenta la estructura general del plan de estudios del programa de Doctorado en Ciencias Básicas del Área de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas. El Doctorado en Ciencias Básicas tiene una duración de ocho semestres, este periodo se considera desde la aceptación del aspirante al programa y hasta la titulación. Durante este periodo se deberá cumplir con todas las actividades académicas y de investigación. Dichas actividades serán establecidas por el alumno, el asesor de tesis y el Comité Tutorial.

Se considerarán aspirantes todos aquellos interesados que cumplan con el perfil de ingreso y con los requisitos establecidos en la convocatoria del proceso de ingreso único de la UAZ.

A continuación se establecen los parámetros para aceptar o rechazar un aspirante así como su permanencia en el programa.

Dado el amplio perfil de ingreso para el programa de Doctorado en Ciencias Básicas se tiene contemplada una etapa de selección, esta primera etapa consiste en una revisión curricular por parte del CADCB en el cual se evaluará el perfil del aspirante y se determinará si cumple con la formación para ingresar al Doctorado. Basado en la solicitud del aspirante, su currículum y cartas de recomendación, el CADCB turnará la solicitud al CADO.



El CADO se entrevistará con el aspirante con la finalidad de darle a conocer el proceso de admisión. Este proceso consiste en un examen escrito y oral (en ese orden) los cuales se denominan exámenes generales. Dichos exámenes serán elaborados y aplicados por el CADO y se basarán en los contenidos de los correspondientes cursos de las asignaturas básicas por cada orientación, el objetivo es determinar si el aspirante tiene las herramientas básicas para ingresar al programa de Doctorado en Ciencias Básicas en la Orientación que haya elegido. En caso de aprobar los exámenes generales, el aspirante es aceptado al programa (se le denominará candidato) y se procede a los trámites correspondientes. El aspirante tiene dos oportunidades para aprobar los exámenes generales, de no ser así, deja de ser un aspirante a ingresar al programa de Doctorado en Ciencias Básicas.

Una vez aprobados los exámenes generales se le asignará un Comité Tutorial por parte del CADCB. El objetivo de este Comité es velar por el cumplimiento de las actividades académicas asignadas al candidato semestralmente. El Comité Tutorial estará constituido por tres investigadores de reconocido prestigio, siendo uno de ellos el asesor de tesis quien se reunirá semestralmente para analizar y en su caso, validar las actividades académicas realizadas por el estudiante, asimismo analizará y validará el plan de trabajo propuesto para el semestre siguiente.

En el momento en que el estudiante es aceptado al programa, se le dará un plazo de cinco meses para que con ayuda de su asesor y en su caso co-asesor, presente su proyecto de tesis doctoral, el cual será evaluado por un Comité (Comité de Evaluación) constituido por cuatro investigadores (al menos uno externo a la UAZ) de reconocido prestigio, entre ellos podrán estar el asesor de tesis y los demás integrantes del comité tutorial y/o investigadores a nivel nacional y/o internacional. Dicho comité será aprobado por el CADCB, a propuesta del CADO correspondiente, donde el asesor podrá sugerir por lo menos tres evaluadores internos y tres evaluadores externos a la UAZ. El Comité de Evaluación tendrá la función de ver la viabilidad del proyecto.

El candidato podrá cursar asignaturas de formación específica dependiendo de la naturaleza y necesidades particulares de su proyecto de tesis. El asesor de tesis



propondrá la o las asignaturas al Comité Tutorial, siendo este último el responsable de avalar la petición. Este curso se podrá tomar en otra institución previa aprobación del CADCB. Dicha institución debe de ser de reconocido prestigio nacional o internacional.

El candidato a doctor podrá realizar sus actividades de investigación en instituciones de reconocido prestigio nacional e internacional. Se denominarán de reconocido prestigio nacional a aquellas instituciones que al menos tengan el reconocimiento de PNPC por parte del CONACYT. En el caso de internacional quedará a juicio del CADCB a recomendación del Comité Tutorial.

Finalmente, el candidato debe estar dedicado de tiempo completo al cumplimiento de sus obligaciones dentro del programa. En caso contrario el candidato será dado de baja del programa.

Asignaturas de Formación Específica (AFE)

Se denominan asignaturas de formación específica aquellas que determinan la especialización en alguna Orientación, que ayuden o conlleven al fortalecimiento, y enriquecimiento académico del candidato en su tema de investigación. Dicha asignatura se podrá cursar en otro centro o universidad nacional o internacional a recomendación del Comité Tutorial con la debida autorización del CADCB. El contenido específico de cada una de ellas se puede ver en el Apéndice B del presente documento, **12 créditos.**

Proyecto de Tesis Doctoral

Una vez que el candidato a doctor comienza formalmente su programa doctoral, la primera actividad a realizar será la de una presentación de su proyecto de investigación. Dicha actividad será denominada proyecto de tesis doctoral el cual será elaborado por el candidato junto con su asesor y en su caso co-asesor. Esta deberá presentarse en el primer semestre de su doctorado ante el Comité de Evaluación. En caso de ser aprobado el proyecto de tesis, el candidato continuará con su programa de doctorado. En caso de ser aprobatorio con condicionantes, el candidato atenderá dichas sugerencias y re-estructurará su proyecto haciendo llegar a los miembros del Comité



de Evaluación una versión por escrito de dichas modificaciones después del cual el comité resolverá con base en dichas modificaciones si es aprobado ó no aprobado. En caso de ser no aprobado el candidato tendrá que re-estructurar, modificar y hasta cambiar el proyecto de tesis. Se tendrá hasta un plazo de un año como máximo para presentar y aprobar su proyecto de tesis, **10 créditos**.

Seminario de Tesis (I, II, III y IV)

Este seminario contempla todas las actividades complementarias al proceso de investigación, entre las que figuran presentación de trabajos para seminarios locales (asistencia y presentación), reuniones periódicas con el asesor de tesis, preparación de pláticas y posters para congresos, así como reportes escritos en general, que son parte de las actividades que permitirán al candidato tener una formación integral, dichas actividades serán las propuestas en la reunión tutorial previa. El candidato presentará sus avances semestrales de investigación ante la comunidad académica en un seminario abierto. El seminario estará abierto al escrutinio de los asistentes, y la evaluación será emitida por el Comité Tutorial del candidato, quien debe entregar constancias académicas de las actividades realizadas durante el semestre, **8 créditos**.

Investigación (I, II, III y IV)

El candidato realizará las actividades propias de la investigación según lo establecido en el protocolo de investigación presentado y aprobado por el comité de evaluación en sus etapas teóricas y/o experimentales, según sea el caso y se presentará sus avances semestrales de investigación ante el Comité Tutorial en una evaluación cerrada. Durante la evaluación el Comité revisará los avances de investigación, desempeño y crecimiento académico del candidato. Además, el comité revisará, emitirá recomendaciones y avalará las actividades académicas, **12 créditos**.

Estancia de Investigación

El candidato podrá realizar trabajo teórico o experimental mediante estancias de investigación en centros o instituciones del país o el extranjero. Se llevarán a cabo en los lugares seleccionados entre el tutor y el alumno avalado por el Comité Tutorial y se evaluará con los reportes de dichas estancias, que serán avalados por el comité tutorial



en la reunión correspondiente y una presentación. Es importante señalar que es recomendable promover la movilidad y el enriquecimiento en la investigación. Ésta puede durar tanto como el CADCB lo autorice. En caso de que esta no se lleve a cabo, esta será equivalente a las actividades de Investigación y seminario de tesis, del semestre correspondiente, **20 créditos**.

Acreditación de Tesis Doctoral

Espacio dedicado a la presentación de los resultados de investigación o en su caso, a la presentación de los artículos científicos publicados o aceptados para su publicación. El tema de investigación de cada estudiante deberá estar vinculado directa o indirectamente con las líneas de Investigación de alguna Orientación. El seminario se evalúa con la defensa ante un Comité de Evaluación constituido bajo los mismos criterios que el comité del protocolo de tesis. La calificación se expresa mediante la opción aprobado o no aprobado, **30 créditos**.

Seminario Doctoral

Se **asignarán** los créditos correspondientes a esta actividad una vez obtenidos los votos aprobatorios del trabajo de tesis. Para poder presentar este seminario es necesario que el candidato cuente con, al menos, un artículo de investigación publicado en revistas indexadas (Thomson-Scopus). (Inicia trámite de Certificado). El CADCB analizará cada caso y determinará si esta opción es acreditable por el candidato tomando en cuenta la calidad indudable de las revistas donde se han publicado los trabajos derivados de la tesis (cada CADO debe de validar y certificar, mediante minuta de reunión, que el artículo publicado está indexado en Thomson-Scopus), **20 créditos**.

La estructura curricular y la organización de este programa permiten a un estudiante, ser aceptado al programa en dos situaciones posibles que están dictadas por los resultados de sus exámenes generales. El reglamento de este programa doctoral sólo permite a potenciales candidatos enrolarse sí y solo sí: 1) Un candidato apruebe los exámenes generales en su totalidad de materias, satisfactoriamente, sin tener ninguna observación y/o recomendación. 2) En el caso de que un candidato apruebe tres de las cuatro materias de que constan los exámenes generales y sea recomendado a cursar

una de ellas para reforzar y completar su requisito de ingreso. El candidato será aceptado al programa con la condicionante de cursar y aprobar la asignatura de formación **específica** recomendada.

Tomando como base los criterios de SATCA para doctorado, se elabora un esquema de la estructura general del plan de doctorado en ciencias básicas a cuarenta y ocho meses. Tomando en cuenta las diferentes actividades como lo son: Docencia (D) 16 hrs.=1 crédito, actividades de aprendizaje individual o independiente (AII) 20 hrs.= 1 crédito y trabajo de campos profesional supervisado (TCPS) 50 hrs = 1 crédito.

Tabla 1: Estructura General del Plan de Estudios de Doctorado en Ciencias básicas. 48 meses

Sem	Actividad Académica	(D) h/s/m (x16 semanas)	(AII) h/s/m (x16 semanas)	(TCPS) h/s/m (h/Semestre)	Horas / Créditos
1	Protocolo de tesis doctoral		10(140 h)=7c	10(150 h)=3c	10
	Asignatura de formación específica	6T(96)h=6c 4P(64)h=4c		5 (80 h)=2c	12
	Seminario de protocolo		8 (120 h)=6c	7 (110 h) =2c	8
	Total semestre	(160 h)=10c	(260 h) = 13c	(150 h) =7c	570 h / 30c
2	Investigación I		10(140 h)=7c	15(240 h)=5c	12
	Seminario de tesis I		8(120 h)=6c	7(110 h) =2c	8
	Total semestre		18(260 h)= 13c	22(350 h) =7c	(610 h) 20c
3	Investigación II		10(140 h)=7c	15(240 h)=5c	12
	Seminario de tesis II		8(120 h)=6c	7(110 h) =2c	8
	Total de semestre		18(260 h)= 13c	22(350 h) =7c	(610 h) 20c
4	Investigación III		10(140 h)=7c	15(240 h)=5c	12
	Seminario de tesis III		8(120 h)=6c	7(110 h) =2c	8
	Total de semestre		18(260 h)= 13c	22(350 h) =7c	(610 h) 20c
5	Investigación IV		10(140 h)=7c	15(240 h)=5c	12
	Seminario de tesis IV		8(120 h)=6c	7(110 h) =2c	8
	Total de semestre		18(260 h)= 13c	22(350 h) =7c	(610 h) 20c
6	Estancia de Investigación*		18(260 h)= 13c	22(350 h) =7c	20
	Total de semestre		18(260 h)= 13c	22(350 h) =7c	(610 h) 20c
7	Acreditación de tesis doctoral		35(560 h)=28c	5(80 h)=2c	30



	Total de semestre		35(560 h)=28c	5(80 h)=2c	(640 h) 30c
8	Seminario doctoral		18(260 h)= 13c	22(350 h) =7c	20
	Total de semestre		18(260 h)= 13c	22(350 h) =7c	(610 h) 20c
	Totales	(160 h)=10c	(2380 h)=119c	(2,330 h)=51c	(4,870)h 180c



Líneas de Investigación:

Biología Evolutiva y Biodiversidad (BEB)

La línea de conocimiento en Biología Evolutiva y Biodiversidad, dentro de la orientación de Ciencias Biológicas en el Doctorado en Ciencias de la Universidad Autónoma de Zacatecas, se aborda desde un enfoque multidisciplinario, y es sostenida por la planta académica conformada en su totalidad los profesores-investigadores de esta orientación han obtenido su último grado en instituciones diferentes a la UAZ (CINVESTAV Irapuato, Universidad de Guanajuato, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN y de la UNAM) y todos cuentan con nivel de Doctorado, tres de ellos con estancias posdoctorales; el **50%** son miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y el **100%** cuentan con reconocimiento perfil PRODEP. Las líneas de generación y aplicación del conocimiento que dirigen dichos investigadores inciden directamente para el soporte de la calidad del programa.

La orientación tiene como objetivo fundamental, la generación de recursos humanos altamente calificados, competitivos, con visión crítica y analítica, excelencia académica, capaces de realizar investigación científica básica, integral y original, que contribuya al estudio del origen y evolución de la diversidad orgánica a diferentes niveles de organización como son el genético, específico y ecosistémico. Esta formación académica les permitirá generar conocimiento novedoso, identificar problemas y proponer estrategias de resolución con el uso de tecnologías de punta, con la finalidad de atender las necesidades regionales y nacionales, que incidan en el contexto internacional para el estudio de la diversidad biológica. Esta formación del alumnado esta dirigida a la **independencia** como investigadores con capacidad de gestión y trabajo multidisciplinario.

La Biología Evolutiva estudia los procesos y patrones de la Biodiversidad en todos sus niveles de organización (genético, de especies y ecosistémico), así como las diferencias y similitudes entre organismos y sus características adaptativas y no adaptativas. Las escalas de análisis son amplias, incluyen análisis de diversidad taxonómica, morfológica y molecular. Además, se exploran patrones biogeográficos y filogenéticos relacionados



con el origen, la diversidad genética e interacciones bióticas; así como estrategias adaptativas al estrés biótico y abiótico.

Las líneas de investigación se abordan en los enfoques macro y microevolutivos, desde una perspectiva histórica y/o ecológica. El nivel de estudio considera diferentes escalas como genes, genomas, individuos, poblaciones y comunidades. También se analizan las interacciones entre ellas y con el medio circundante en condiciones naturales y/o artificiales. La importancia de estos estudios recae en aspectos de variabilidad genética, biogeografía, filogenética, adaptación y estrés celular; que en su conjunto juegan un papel importante como indicadores de la vida silvestre y de los ecosistemas. Esta orientación ofrece la oportunidad de ampliar el conocimiento sobre la descripción, el origen y la evolución de la diversidad biológica, a través de la historia evolutiva de los organismos y su aplicación en las diferentes áreas biológicas relacionadas.

La región Centro-Norte del país constituye una región con potencial para la realización de diversos estudios en Biología Evolutiva y Biodiversidad. Esta orientación ofrece la oportunidad de ampliar el conocimiento sobre el origen y la evolución de la diversidad biológica de esta región, con trascendencia a nivel regional y nacional. En la LGAC se estudian diversos grupos de organismos que incluyen los tres dominios Archea, Bacteria y Eucaria, tales como arqueas, eubacterias, chromistas, arqueozoos, protozoarios, hongos, plantas y animales. Esta LGAC se enfoca en:

- a) La biodiversidad de las interacciones simbióticas de organismos de vida silvestre se abordan desde una perspectiva taxonómica, ecológica, biogeográfica, filogenética molecular, variabilidad genética, códigos de barra de la vida y diversidad genómica.
- b) Estudios en organismos de vida silvestre que involucran diferentes aspectos macroevolutivos en la resolución de preguntas referentes a la sistemática filogenética, diversidad, variación molecular y biogeografía.
- c) Con el uso de marcadores genéticos se responden preguntas orientadas a definir los mecanismos microevolutivos (mutación, selección natural, migración, deriva

- génica) que intervienen en el modelado de la variabilidad genética en poblaciones de organismos de vida silvestre.
- d) Estudios de diversidad genética bacteriana de (Bacteria y Archaea), analizando la extremadamente alta plasticidad genómica, son los seres vivos con mayor diversidad genética y constituyen una gran parte de la biomasa de la Tierra.
- e) Los mecanismos que promueven la diversidad genética bacteriana, como son la generación de mutaciones y la transferencia horizontal de genes, a través de los cuales producen variabilidad genética.
- f) La adaptación a diferentes condiciones ambientales (determinada por su diversidad genética) promovida por la adquisición de determinantes genéticos que permiten adaptaciones evolutivas hacia condiciones ambientales extremas.
- g) El análisis de la diversidad genética-funcional bacteriana y vegetal que han permitido su sobrevivencia promovida por la presión selectiva causada por las condiciones ambientales extremas, entre ellas los metales pesados.

Temas Principales de **investigación**.

- Estudios de biodiversidad en diferentes grupos.
- Evolución e interacciones simbióticas.
- Evolución y marcadores genéticos adaptativos.
- Filogenética molecular, metagenómica y genómica.
- Filogeografía y genética poblacional.
- Plasticidad genética bacteriana.
- Adaptaciones evolutivas a condiciones de estrés en plantas y bacterias.
- Taxonomía y Biogeografía en grupos selectos.

Integrantes.

- Dra. Elizabeth Aurelia Martínez Salazar
- **Dra. Gloria Guerrero Manríquez**
- Dr. Lenin Sánchez Calderón
- Dra. Luz Elena Vidales Rodríguez
- Dra. Melina Del Real Monroy
- Dr. Rogelio Rosas Valdez



Biología Celular y Molecular Integrativa (BCMI)

La línea de investigación “Biología Celular y Molecular Integrativa” dentro del Programa de Doctorado en Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas, es abordada desde un enfoque integral y multidisciplinario con fundamento en que los avances científicos desde la regulación génica, la secuenciación de genomas, RNAs y proteínas, rutas metabólicas que modulan las funciones celulares como proliferación, migración, invasión, diferenciación, las respuestas de los sistemas biológicos al estrés ambiental, y de microorganismos, demandan un alto nivel de integración del conocimiento con apoyo en la biología celular, molecular, computacional y de sistemas. Esta forma de abordaje multidisciplinar permitirá aproximaciones hacia nuevas aplicaciones biotecnológicas y biomédicas. Se busca formar investigadores que desarrollen avances científicos innovadores, competitivos y de alto impacto.

Temas Principales de **investigación**.

- Biología celular y molecular en estrés biótico y abiótico.
- Función y regulación de microRNAs en la respuesta al estrés abiótico y biótico.
- Función y regulación de microRNAs en cáncer.
- Mecanismos de regulación a patologías de interés nacional.
- Mecanismos de patogenicidad microbiana y respuesta de defensa.
- Alternativas biotecnológicas en la atención a problemas de patógenos.
- Biomarcadores en enfermedades autoinmunes
- Enfoque genómico de la biología ante el estrés biótico y abiótico.
- Aspectos moleculares de la exposición a metales pesados.
- Enfoque metabolómico de la respuesta de los sistemas biológicos a estrés ambiental
- Enfermedades autoinmunes.

Esta Línea de Investigación es atendida por un grupo de docentes investigadores y Cátedras CONACYT, integrados en Cuerpos Académicos, todos con nivel de Doctorado, el **71%** de los miembros pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores, y en su mayoría con Perfil PRODEP.



Integrantes.

- Dr. César E. Rivas Santiago (Cátedra CONACyT)
- Dr. Jesús Adrián López
- Dr. Juan José Bollain y Goytia de la Rosa.
- Dra. Lucia Delgadillo Ruiz
- Dra. Perla Ivonne Gallegos Flores
- Dr. Saúl Fraire Velázquez
- Dr. Yamilé López Hernández (Cátedra CONACyT)

Ciencias Nucleares (CN)

La orientación de Ciencias Nucleares está adscrita al Doctorado en Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas y es atendida por integrantes de la planta académica de la orientación Académica de Estudios Nucleares, aglutinados en dos Cuerpos Académicos reconocidos como consolidados con el 55% de los miembros pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores. En esta orientación se trabaja en química radioanalítica, radioquímica, espectrometría y dosimetría, y seguridad y protección radiológica.

Química radioanalítica: Orientada al desarrollo y/o implementación de métodos radioanalíticos, para el análisis de radiación en diferentes matrices ambientales, siendo las especialidades el análisis por centelleo líquido, la espectrometría gamma, la espectrometría alfa y otras técnicas usadas principalmente para la medición del radón ambiental. Otra vertiente de esta línea es el estudio de la composición elemental de diversas matrices utilizando técnicas nucleares de análisis, como el análisis por activación mediante neutrones térmicos y rayos gamma inmediatos.

Radioquímica: Con énfasis en los aspectos radioquímicos del estudio de retención e inmovilización de contaminantes estables y radiactivos en minerales no metálicos (aluminosilicatos), y en el estudio de compuestos de renio y sus análogos con ^{99m}Tc , entre otros.



Espectrometría y dosimetría: Cuyo propósito es la detección y caracterización de campos de radiación ionizante y ultra violeta (UV), de origen natural o antropogénico, y la cuantificación de la energía que depositan en el cuerpo humano con fines de su protección y evaluación de posibles riesgos a la salud, así como la composición de las fuentes emisoras.

Seguridad y Protección Radiológica: Cuyo fin es obtener los conocimientos básicos para la protección de los trabajadores de la radiación y del público en general contra los efectos dañinos de la radiación ionizante y no-ionizante; además del uso de métodos exactos, numéricos y Monte Carlo para el diseño de blindajes, para el confinamiento de fuentes de radiación, y el cálculo de la dosis por fuentes de radiación abiertas y cerradas, y fuentes de radiación por reacciones nucleares, con fines de la protección radiológica y la seguridad nuclear.

Temas principales de investigación:

Espectrometría de neutrones, partículas alfa, rayos gamma y radiación UV; estudios de compuestos de ^{99m}Tc utilizando HPLC, química del renio, estudio de las propiedades de adsorción e intercambio iónico de minerales no metálicos (aluminosilicatos) en el tratamiento de contaminantes radiactivos y no radiactivos, estudios de riesgos radiológicos por el contenido natural y antropogénico de elementos radiactivos en el ambiente, simulación del transporte de la radiación por el método Monte Carlo, estudios de campos de radiación, aplicación de la tecnología de la inteligencia artificial en la reconstrucción de espectros y dosis, estudio de bioindicadores de exposición a la radiación, estudios de dosimetría de estado sólido, desarrollo y caracterización de materiales como blindaje de radiación, desarrollo de fuentes realísticas, desarrollo de tecnología para la determinación del equivalente de dosis ambiental, análisis por activación con neutrones térmicos y rayos g rápidos.



Integrantes:

- Dr. Carlos Ríos Martínez
- Dra. Consuelo Letechipía de León
- Dr. Edmundo Escareño Juárez
- Dr. Eduardo Manzanares Acuña
- Dr. Fernando De la Torre Aguilar
- Dr. Fernando Mireles García
- Dr. J. Ignacio Dávila Rangel
- Dr. José Luis Pinedo Vega
- Dra. Sonia Azucena Saucedo Anaya
- Dr. Valentín Badillo Almaraz

Partículas, Campos y Física-Matemática (PCFM)

La línea de investigación de Partículas, Campos y Física-Matemática adscrita al Doctorado en Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas, está encaminada al estudio de aspectos formales de la cuantización por métodos algebraicos, formalismos de alto espín, origen de masa, Física no-conmutativa, y teorías de norma, ya sea a nivel clásico o cuántico, gravitación, cosmología, y en general, el estudio de las simetrías relacionadas con cada uno de estos temas. Así mismo se desarrolla a nivel fenomenológico la línea de producción de bosones vectoriales y de Higgs en el modelo estándar. Al ser primordialmente líneas teóricas, se promueve la generación del conocimiento, y los desarrollos relacionados con posibles cuestiones técnicas relacionadas con otras ramas de la Física. A nivel matemático, se desarrollan técnicas encaminadas a describir de manera geométrica cantidades invariantes asociadas a un sistema físico. En particular son desarrolladas técnicas de geometría diferencial, álgebras geométricas, y estructuras simplécticas no-conmutativas. Los estudiantes que se adhieran a alguno de los proyectos desarrollados por los miembros de esta línea de investigación estarán directamente ligados a la investigación, por lo que es de esperarse que su participación sea activa y se vea reflejada en el Seminario



conjunto de Gravitación y Campos organizado por los miembros del mismo, además de participar en visitas de investigación a otras Universidades con las que se tienen convenios, ya sea a nivel institucional o bien, personal.

Temas principales de investigación:

Álgebras geométricas, Astrofísica, bosón de Higgs, branas y cuerdas, Cosmología, cuantización, Electromagnetismo, espín, Geometría diferencial, Gravitación, modelo estándar de partículas, no-conmutatividad, simetrías, supersimetría, teoría cuántica de campo, teoría de grupos, teorías de Yang-Mills.

Integrantes:

- Dr. Alejandro Birgilio Gutiérrez Rodríguez
- Dr. Alejandro Puga Candelas
- Dr. Carlos Alberto Ortiz González
- Dr. Javier Fernando Chagoya Saldaña
- Dr. Julio César López Domínguez
- Dr. Miguel Ángel García Aspeitia (Cátedra CONACyT)
- Dr. Valeri Vladimirovich Dvoeglazov
- Dr. Sinhué Lizandro Honojosa Ruiz

Modelación, Síntesis y Caracterización de Materiales (MSCM)

El desarrollo de las sociedades humanas ha estado históricamente ligado a su capacidad para producir los materiales necesarios para satisfacer sus necesidades. La física de los materiales ha contribuido a causar verdaderas revoluciones científicas y tecnológicas a través de la generación de nuevos materiales como polímeros, cerámicas, compósitos y aleaciones; así como en la invención y mejoramiento del transistor, los dispositivos ópticos y magnéticos de almacenamiento de datos, el láser, los LED, fibras ópticas, superconductores, celdas solares y una enorme lista de otros dispositivos de estado sólido que tienen aplicación prácticamente en todos los aspectos de la vida cotidiana.



Es por esto justamente, que un alto porcentaje de la investigación que se realiza a nivel mundial tiene que ver con la física de los materiales.

La línea de investigación de “Modelación, Síntesis y Caracterización de Materiales” del Programa de Doctorado en Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas, está soportada por 18 investigadores, 83 % de ellos en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y la mayoría cuentan con el reconocimiento a profesores con Perfil Deseable, los cuales se encuentran distribuidos en cuatro Cuerpos Académicos. Uno de ellos teórico-experimental y uno más de carácter teórico. Los objetivos principales de esta línea son: 1) el desarrollo de nuevos materiales con aplicaciones en la tecnología, crecimiento y caracterización de sistemas físicos novedosos, así como en el cálculo de sus propiedades físicas; 2) el estudio de las propiedades ópticas, electrónicas y magnéticas de estructuras semiconductoras volúmicas y de baja dimensión desde el punto de vista teórico-numérico. Para ello se emplean esencialmente metodologías como Teoría de Masa Efectiva, Método k.p y Tight-Binding semiempírico; y 3) radiometría y fotometría de fuentes alternas de iluminación, técnicas de metrología óptica, como holografía digital, interferometría holográfica, microscopía holográfica, fotografía de Speckle y shearography. Estas técnicas permiten medir interferométricamente distintas cantidades físicas en todo tipo de material con una muy alta resolución espacial y temporal. Son técnicas de campo completo, no invasivas y no destructivas. Espectroscopias vibracionales, fotoacústica y fotopiroeléctrica para distintos fines, desarrollando proyectos de investigación encaminados en el estudio y caracterización de materiales biológicos, orgánicos e inorgánicos, con aplicaciones en el área industrial, farmacéutica, microbiológica, de alimentos y biomédica, por mencionar algunas.

La cantidad de temas de investigación que se desprenden de esta línea de investigación es suficientemente vasta como para plantear y llevar a cabo investigaciones de suma importancia, tanto desde el punto de vista teórico como experimental, así como de estudios conjuntos teóricos-experimentales. Esta versatilidad es debido a la cantidad de técnicas, tanto teóricas como experimentales, para la fabricación y caracterización de materiales.



Temas de Investigación:

Depósito físico por sputtering. Evaporación y ablación láser. Depósito Químico por sol gel. Caracterización por difracción de rayos x. Espectroscopias y caracterización eléctrica C-V e I-V. Cálculos de la estructura electrónica de materiales por métodos de primeros principios, así como empíricos y semiempíricos. Estudios de las propiedades de transmisión electrónica, óptica y acústica de sistemas multicapas, estructura electrónica de materiales volúmicos, así como de pozos cuánticos y superredes de AlAs, GaAs, Si, ZnSe, nitruros, grafeno y materiales similares. Estudio de la estructura de niveles de transistores efecto de campo con pozos delta dopados de impurezas. Radiometría y fotometría de fuentes alternas de iluminación. Instrumentación óptica, polarización de la luz, teoría del color, visión humana, cáusticas ópticas, filtros de películas delgadas, y en óptica geométrica de cristales uni-axiales. Interferometría holográfica, microscopia holográfica, fotografía de moteado y shearography. Espectroscopias vibracionales, fotoacústica y fotopiroeléctrica.

Lo anteriormente descrito, da muestra de la multidisciplinariedad de esta línea de investigación, permitiendo así, la interacción con las diferentes disciplinas que conforman el núcleo básico del presente programa de doctorado. Asimismo, los becarios doctorales que ingresen al programa eligiendo esta línea, se involucrarán en proyectos de investigación multidisciplinarios que les brindarán una amplia formación profesional, académica y científica.

Integrantes:

- Dr. Felipe Román Puch Ceballos
- Dr. Hugo Tototzintle Huitle
- Dr. Javier Alejandro Berumen Torres
- Dr. Jorge Alberto Vargas Tellez
- Dr. José de Jesús Araiza Ibarra



- Dr. José Juan Ortega Sigala
- Dr. Juan Carlos Martínez Orozco
- Dra. Karla Arely Rodríguez Magdaleno
- Dra. Leticia Pérez Arrieta
- Dr. Rumen Ivanov Tsonchev

Matemáticas Básicas (MBa)

Esta línea de investigación está dedicada al estudio de temas básicos de las matemáticas. El estudio de las matemáticas “básicas” o “puras” es esencial para el desarrollo científico y tecnológico. Prácticamente no existe área de las ciencias naturales (e incluso algunas sociales) que no requieran en mayor o menor medida de matemáticas sofisticadas. Nuestra línea de investigación ofrece introducir al estudiante en la investigación de atractivas líneas de gran interés en la actualidad: geometría algebraica y teoría de números, análisis, matemáticas discretas. Además de la calidad del núcleo académico asociado a la orientación, los investigadores participantes garantizan contactos e intercambios con reconocidos **especialistas** nacionales e internacionales.

Temas de investigación:

Geometría de las superficies fibradas y variedades abelianas con acciones de grupos, Teoría de los números con especial énfasis en problemas diofantinos y análisis diofantino, Teoría topológica de gráficas, geometría discreta y combinatoria, Combinatoria algebraica, teoría combinatoria de grupos, combinatoria de permutaciones, Análisis no-estándar, Topología general y algebraica.

Integrantes:

- Dr. Alexander Pyshev
- Dr. Alexis García Zamora
- Dr. Andrés Daniel Duarte



- Dr. Jesús Leños Macías
- Dr. José Manuel Gómez Soto
- Dr. Luís Manuel Rivera Martínez
- Dr. Miguel Ángel Maldonado Aguilar.
- Dr. Ram Gopal Vishwakarma
- Dr. Santos Hernández Hernández.

Investigadores

En este último apartado concerniente a la sección de Estructura Curricular se mostrará una tabla en la cual se puede encontrar el listado completo de investigadores que participan en el núcleo académico básico (NAB) del PADCB, así como la cualificación de los mismos en términos de la pertenencia o no al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), la LGAC así como la orientación en la que participan.

Nombre del Investigador	SNI	LGAC	Orientacion (Sede)
Alejandro Birgilio Gutiérrez Rodríguez	II	PCFM	UAF
Alejandro Puga Candelas		PCFM	UAF
Alexander Pyshchev		MBa	UAM
Alexis Miguel García Zamora	II	MBa	UAM
Andrés Daniel Duarte	I	Mba	UAM-Catedra
Carlos Alberto Ortiz González		PCFM	UAF
Carlos Ríos Martínez		CN	UAEN
Cesar Enrique Rivas Santiago	I	BCMI	UACB-Catedra
Consuelo Letechipía de León		CN	UAEN
Edmundo Escareño Juárez	C	CN	UAEN
Eduardo Manzanares Acuña		CN	UAEN
Elizabeth Aurelia Martínez Salazar	I	BEB	UACB
Felipe Román Puch Ceballos		MSCM	UAF
Fernando De la Torre Aguilar	I	CN	UAEN
Fernando Mireles García		CN	UAEN
Gloria Guerrero Manríquez		BCMI	UACB
Hugo Tototzintle Huitle		MSCM	UAF
Ignacio Dávila Rangel		CN	UAEN
Javier Alejandro Berumen Torres	C	MSCM	UAF

Javier Fernando Chagoya Saldaña	I	PCFM	UAF
Jesús Adrián López	I	BCMI	UACB
Jesús Leaños Macías	II	MBa	UAM
Jorge Alberto Vargas Téllez	I	MSCM	UAF
José de Jesús Araiza Ibarra	I	MSCM	UAF
José Juan Ortega Sigala	I	MSCM	UAF
José Luis Pinedo Vega		CN	UAEN
José Manuel Gómez Soto	I	Mba	UAM
Juan Carlos Martínez Orozco	II	MSCM	UAF
Juan José Bollain y Goytia de la Rosa		BCMI	UACB
Julio César López Domínguez	I	PCFM	UAF
Karla Arely Rodríguez Magdaleno	I	MSCM	UAF
Lenin Sánchez Calderón		BEB	UACB
Lucia Delgadillo Ruiz	I	BCMI	UACB
Luis Manuel Rivera Martínez	I	MBa	UAM
Luz Elena Vidales Rodríguez		BEB	UACB
María Leticia Pérez Arrieta		MSCM	UAF
Melina del Real Monroy	C	BEB	UACB
Miguel Ángel García Aspeitia	I	PCFM	UAF-Catedra
Miguel Ángel Maldonado Aguilar		MBa	UAM
Perla Ivonne Gallegos Flores	I	BCMI	UACB
Ram Gopal Vishwakarma	I	MBa	UAM
Rogelio Rosas Valdez	II	BEB	UACB
Rumen Ivanov Tsonchev	II	MSCM	UAF
Santos Hernández Hernández	I	MBa	UAM
Saúl Fraire Velázquez		BCMI	UACB
Sinhué Lizandro Hinojosa Ruiz		PCFM	UAF
Sonia Azucena Saucedo Anaya		CN	UAEN
Valentín Badillo Almaraz		CN	UAEN
Valeri Vladimirovich Dvoeglazov	I	PCFM	UAF
Yamile López Hernández	I	BCMI	UACB-Catedra

El NAB del PADCB, a **junio del 2021**, cuenta con **50** investigadores de los cuales el **58 %** de sus investigadores están en el SNI. De esos el **6 %** son Candidatos del SNI (SNI-C), **40 %** son Nivel 1 del SNI (SNI-1) y **12 %** son Nivel 2 del SNI (SNI-2).



NORMATIVIDAD

Capítulo I. De la estructura operativa

Artículo 1: La estructura operativa del Programa de Doctorado en Ciencias Básicas (PADCB) será responsabilidad de los siguientes órganos:

- a) Comité Académico Doctoral de Ciencias Básicas (CADCB).
- b) Comité Académico Doctoral de Orientación (CADO).
- c) Comités Tutoriales (CT).
- d) Apoyo Administrativo.

Capítulo II. Del Comité Académico Doctoral de Ciencias Básicas

Artículo 2: El CADCB estará conformado por cuatro integrantes (Uno por cada orientación) y un coordinador, nombrados por la planta docente participante en el PADCB de las Unidades Académicas del Área de Ciencias Básicas (Con el aval del Consejo de Unidad de cada orientación) y el **coordinador** por Consejo Académico del Área de Ciencias Básicas (Con el aval del Consejo de Área), respectivamente. El CADCB será renovado en su totalidad cada cuatro años.

Artículo 3: El CADCB sesionará una vez por mes durante cada periodo semestral, aunque, a juicio del responsable o a solicitud expresa de alguno de los CADO se puede(n) programar una o más sesiones adicionales.

Artículo 4: Las decisiones y resoluciones del CADCB se tomarán por consenso. En caso de no tener un consenso el coordinador del doctorado tendrá voto de calidad.

Artículo 5: Para ser integrante del CADCB se deberán reunir las características siguientes:

- a) Poseer grado académico de Doctor en Ciencias.
- b) Estar activo en investigación y ser miembro del SNI.
- c) Tener su adscripción de base en alguna de las Unidades Académicas del Área de Ciencias Básicas.
- d) No ser funcionario de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Artículo 6: Son atribuciones y obligaciones del CADCB las siguientes:

- a) Implementar el PADCB y velar por el nivel académico del mismo.
- b) Autorizar la inscripción al PADCB de los aspirantes seleccionados por los CADO.
- c) Analizar, proponer y avalar modificaciones al mapa curricular y contenidos de los programas de las materias ofertadas.
- d) Autorizar temas propuestos para tesis atendiendo a las recomendaciones emitidas por los CADO.
- e) Impulsar y orientar las acciones relacionadas con la movilidad estudiantil.
- f) Promover y orientar la movilidad docente y estancias posdoctorales de la planta docente del PADCB.
- g) Avalar los jurados propuestos por los CADO para los exámenes de grado.
- h) Coordinar las acciones del apoyo administrativo para la elaboración de proyecciones en materia de necesidades del PADCB en cuanto a equipo, materiales e insumos, para su inclusión en la gestión periódica de recursos vía convocatorias FOMIX, PIFI, CONACYT, etc.
- i) Proponer las políticas del ejercicio financiero para la adquisición de equipo, materiales e insumos, definiendo y anteponiendo las prioridades del PADCB.
- j) Establecer las cuotas de inscripción, colegiaturas y derechos de uso de laboratorios en el PADCB.
- k) Coordinar y supervisar las actividades escolares y administrativas del PADCB.
- l) Coordinar las actividades de difusión y promoción del PADCB.

Capítulo III. De los Comités Académicos Doctorales de Orientación

Artículo 7: El CADO de cada orientación estará conformado por cuatro integrantes, uno de ellos será el miembro del CADCB ya elegido y tres más nombrados por la planta docente integrada al PADCB de las orientaciones participantes. El CADO será renovado en su totalidad cada cuatro años.

Artículo 8: El representante del CADCB de cada orientación será el responsable de coordinar las actividades del CADO.



Artículo 9: El CADO sesionará una vez por mes durante cada periodo semestral. Aunque, a juicio del responsable o a solicitud expresa de alguno de los docentes participantes en PADCB se puede(n) programar una o más sesiones adicionales.

Artículo 10: Las decisiones y resolutivos del CADO se tomarán por consenso. En caso de no tener consenso la **decisión** la tomará el miembro del CADCB.

Artículo 11: Para ser integrante del CADO se deberán reunir las características señaladas en el artículo 5.

Artículo 12: Son atribuciones y obligaciones del CADO las siguientes:

- a) Tener la responsabilidad y la conducción del proceso de selección de aspirantes por orientación en cada promoción generacional al PADCB.
- b) Emitir resultados y recomendaciones referentes a la elegibilidad de los aspirantes al CADCB.
- c) Analizar temas propuestos para tesis en la orientación específica y emitir recomendaciones sobre su autorización al CADCB.
- d) Designar los comités tutoriales que acompañarán al alumno en su desarrollo en el PADCB.
- e) Coordinar las actividades académicas en la orientación específica.

Capítulo IV. Del comité de tutores

Artículo 13: El Comité Tutorial será asignado por el CADO con el aval del CADCB y estará integrado por el director de tesis y dos tutores académicos pudiendo ser uno de éstos, externo a la institución.

Artículo 14: El académico que funja como director de tesis o tutor, deberá acreditar previamente ante el CADO y el CADCB los requisitos siguientes:

- a) Poseer grado de doctor en la disciplina correspondiente o en un área afín.
- b) Tener una producción académica permanente de alta calidad, basada en trabajos de investigación originales.

- c) Tener dedicación a la formación de recursos humanos para la docencia y la investigación.

Artículo 15: El Comité Tutorial tendrá como funciones las siguientes:

- a) Planear, organizar y evaluar las actividades académicas y de investigación, de manera conjunta con el alumno.
- b) Revisar, orientar, dirigir y avalar el proyecto de tesis, para su presentación y eventual aprobación final en la evaluación semestral correspondiente.
- c) Emitir recomendaciones en lo referente a solicitud(es) de cambios en proyectos de tesis, suspensión temporal de estudios, bajas de materias, cambio de tutor(es) y director de tesis, para que sean considerados por los CADO y el CADCB.
- d) Proponer al CADO y al CADCB a los integrantes del jurado en los exámenes de posgrado.

Capítulo V. Apoyo Administrativo

Artículo 16: El apoyo administrativo se conformará por un asistente del coordinador y por los cuatro departamentos de control escolar de cada orientación de los alumnos inscritos al PADCB, así como por un responsable del manejo de los recursos financieros del PADCB por cada orientación.

Artículo 17: El perfil y funciones del responsable del control escolar serán:

- a) El responsable de control escolar será un técnico con la capacitación indicada para un desempeño adecuado en su interacción con el departamento escolar de la institución.
- b) Tendrá a su cargo las actividades de inscripciones, reinscripciones, control de kárdex, expedición de constancias y otras propias de su responsabilidad.
- c) El responsable administrativo será un profesional en el área administrativa o contable.
- d) Tendrá a su cargo las funciones de compras y control de recursos materiales, manejo de proveedores, concesión de gastos de viaje y viáticos, y de respaldo en la elaboración de proyecciones en materia de infraestructura y solicitudes de



apoyos financieros ante diferentes instancias, en lo referente a la integración de proyectos en la parte de costos, cotizaciones y otras propias de su responsabilidad.

Artículo 18: El funcionamiento del Apoyo Administrativo estará coordinado por el CADCB, siendo el coordinador del CADCB el interlocutor directo con los responsables de cada orientación.

Capítulo VI. Del ingreso

Artículo 19: Para ser aspirante a ingresar al programa de doctorado en ciencias básicas se deberá tener el siguiente perfil:

- a) Poseer título de maestría en ciencias (matemáticas, biología, física, nucleares) o en alguna otra área del conocimiento afín, a juicio del comité de admisión (CADO), otorgado por una institución de educación superior pública o por instituciones particulares con autorización y reconocimiento de validez oficial de los estudios, por la Secretaría de Educación Pública, o por alguna institución extranjera con la revalidación correspondiente de acuerdo al Reglamento Escolar General (REG) (artículos del 72 al 75).
- b) Haber obtenido un promedio mínimo de 8.0 en sus estudios de maestría.

Artículo 20: Análisis del perfil académico del aspirante, por el CADCB, que consiste en:

- a) Entrega de carta de motivos para ingresar al doctorado.
- b) Entrega de 2 cartas de recomendación expedidas por investigadores del área.
- c) Entrega de currículum vitae respaldado con documentos probatorios.
- d) Una entrevista personal.
- e) El CADCB comunicará el resultado al CADO sobre la elegibilidad del aspirante.

Artículo 21: En caso de ser elegible, el aspirante será sujeto al proceso de selección que consiste en:

- a) Presentar el EXANI III conforme lo establece el Reglamento Escolar General institucional (REG) y de acuerdo a los tiempos y formas de la convocatoria respectiva.
- b) Presentar los exámenes generales de conocimientos uno escrito y otro oral que versarán sobre los contenidos de las asignaturas básicas de cada orientación, mismos que serán aplicados por el CADO. Con la presencia de al menos dos miembros del CADCB como observadores.
- c) Presentar constancia de suficiencia en el manejo del idioma inglés (TOEFL institucional de 500 puntos o equivalente con alguna otra herramienta de evaluación), con vigencia no mayor a dos años y en caso de no tener 500 puntos tiene hasta dos años para acreditar el puntaje una vez inscrito al programa.

Artículo 22: Para ser admitido en el Programa de Doctorado en Ciencias Básicas (PADCB) el aspirante deberá:

- a) Obtener calificación aprobatoria en los exámenes de conocimientos. El aspirante puede ser admitido con la recomendación por el CADO de tomar por una única vez un curso de una materia en la que haya obtenido una calificación insuficiente, dicha materia debe ser cursada dentro de los dos primeros semestres del PADCB y no tendrá valor en créditos. El aspirante tiene dos oportunidades de aprobar los exámenes de conocimientos para ingresar al PADCB ajustadas en tiempo a la apertura de las promociones generacionales, en caso contrario deja de ser considerado como tal.
- b) La inscripción al PADCB se realizará de acuerdo a lo establecido en el estatuto general (EG) y según lo señalado en el RGE, cubriendo las respectivas cuotas de inscripción, colegiatura y derechos de uso de laboratorios.

Capítulo VII. De la convalidación, equivalencia y revalidación de estudios

Artículo 23: La convalidación de estudios se acatará a lo establecido en el Reglamento Escolar General vigente en la institución [artículos del 53 al 55].



Artículo 24: La equivalencia de estudios se normará por lo señalado en el Reglamento Escolar General vigente en la institución [artículos del 56 al 71].

Artículo 25: La revalidación de estudios se efectuará de acuerdo a los lineamientos establecidos en el Reglamento Escolar General vigente en la institución [artículos del 72 al 75].

Capítulo VIII. De la permanencia

Artículo 26: El límite máximo que tendrá un alumno para estar inscrito en el PADCB será de cuatro años (ocho semestres), según [artículo 14 del REG].

Artículo 27: El tiempo que comprenda un permiso(s) solicitado por el alumno y autorizado por el CADCB, no se computará para los efectos del artículo 27 del presente reglamento.

Artículo 28: La reinscripción al PADCB se efectuará a partir del segundo semestre y para el efecto se seguirá el proceso detallado en [Titulo II, cap. I, artículos del 76 al 80 del REG].

Artículo 29: Los alumnos causarán baja, además de los motivos establecidos en [Titulo II, cap. II, artículos 81 al 84 del REG] por:

- a) Solicitud propia presentada por escrito al CADCB.
- b) Abandono de sus estudios por un periodo mayor a seis meses sin previa autorización del CADCB.
- c) No presentar sus informes escrito y oral de avances semestrales al director de tesis y a los CT y CADO, correspondientes a dos periodos escolares consecutivos.
- d) No acreditar una materia cursada en segunda ocasión.
- e) No acreditar todas las materias cursadas en un semestre.

Capítulo IX. De las evaluaciones

Artículo 30: De acuerdo al mapa curricular el PADCB requiere de evaluaciones semestrales como son:

- a) en el primer semestre, al ingreso, protocolo de tesis doctoral, asignatura de formación específica y seminario de protocolo.
- b) en el segundo semestre, investigación I y seminario de tesis I.
- c) en el tercer semestre, investigación II y seminario de tesis II.
- d) en el cuarto semestre, investigación III y seminario de tesis III.
- e) en el quinto semestre, investigación IV y seminario de tesis IV.
- f) en el sexto semestre, estancia de investigación I.
- g) en el séptimo semestre examen, seminario de acreditación de tesis doctoral.
- h) en el octavo semestre, seminario doctoral.

Artículo 31: Como parte de la evaluación semestral, el director de tesis, conjuntamente con el alumno, presentarán al Comité Tutorial el expediente de desempeño académico.

Artículo 32: Como parte de la evaluación semestral, el director de tesis, conjuntamente con el alumno, presentarán al Comité Tutorial el plan de trabajo con las actividades realizadas y actividades por realizar para el semestre siguiente.

Artículo 33: En los casos en los que las evaluaciones tengan asignados créditos, la calificación será en escala de 0 a 10, siendo 8 la calificación mínima aprobatoria.

Capítulo X. De la movilidad estudiantil y de académicos

Artículo 34: La movilidad estudiantil (estancias para cubrir materias y/o de investigación) será impulsada e implementada por el CADCB a través de la búsqueda y formalización de convenios institucionales y/o individuales de colaboración con grupos y/o universidades e instituciones de investigación que oferten programas de estudios afines con reconocimiento nacional e internacional.

Artículo 35: En todos los casos las propuestas de movilidad estudiantil serán consensadas por el CADCB.

Artículo 36: La movilidad de académicos se dará por estancias de investigación y posdoctorales a través de convenios de colaboraciones institucionales y/o individuales



con grupos y/o universidades e instituciones de investigación de reconocido prestigio tanto a nivel nacional como internacional.

Artículo 37: En todos los casos las propuestas de movilidad académica serán consensadas por el CADCB.

Capítulo XI. Del egreso

Artículo 38: Para obtener el grado de Doctor, será necesario:

- a) Haber cubierto todos los requisitos contemplados en el plan de estudios.
- b) Estar al corriente en pago de cuotas (inscripciones, reinscripciones, colegiaturas) y pago de derechos de examen de posgrado.
- c) Que el candidato a doctor cuente con al menos un artículo de investigación como primer, publicado en alguna revista indexada determinada por el Science Citation Index. El artículo debe de aparecer en una revista que aparezca en dicho índice a la fecha de su publicación.
- d) Acreditar el seminario doctoral (examen de posgrado) mediante la elaboración y defensa oral de una tesis, de una investigación original de alta calidad ante un jurado propuesto por el CADO y avalado por el CADCB, integrado por cinco sinodales de los cuales por lo menos uno deberá ser externo a la UAZ, siendo éste un académico de reconocido prestigio, experto en el área del tema de tesis. El director de tesis no podrá fungir como presidente del jurado.
- e) En cualquier caso, el resultado del seminario doctoral (examen de posgrado) se expresará en términos de lo reglamentado en el estatuto general [artículo 190] y en el RGE [cap. III, secc. II, artículo 191], a saber:
 - i.no aprobado
 - ii.aprobado por mayoría (voto aprobatorio de tres de los cinco jurados)
 - iii.aprobado por unanimidad (voto aprobatorio de los cinco jurados)
 - iv.aprobado por unanimidad con mención honorífica (voto aprobatorio de los cinco jurados y bajo las consideraciones ahí señaladas)
- f) En caso de que el resultado sea no aprobado, el candidato tendrá una segunda y última oportunidad de acreditar el seminario doctoral en un plazo no menor de



seis meses y no mayor a un año, a partir de la fecha en que se efectuó el primer examen de posgrado, según el RGE [cap. III, secc. I, II, artículos 190 y 191].

Capítulo XII. Profesores activos

Artículo 39: Ingreso

Los docentes-investigadores que forman parte del PADCB son docentes-investigadores de una de las Unidades Académicas del área de Ciencias Básicas de la UAZ. Estos pueden ser de tiempo determinado o de base.

Los requisitos para ingresar al programa son:

- a) Ser docente-investigador de tiempo completo en la UAZ,
- b) Tener el grado de doctor en las orientaciones participantes en el programa.
- c) Tener producción científica sostenida y reciente. Esto puede avalarse por la permanencia en el SNI.

Los docentes-investigadores de tiempo completo, son docentes-investigadores de tiempo determinado o de base en el área de ciencias básicas de la UAZ.

Artículo 40: Permanencia

Los requisitos para permanecer al programa son:

- a) Cumplir con los requisitos establecidos en el Artículo 39.
- b) En caso de haber dirigido estudiantes del programa, que éstos hayan obtenido el grado en los tiempos marcados en los planes de estudio.

Aquellos docentes-investigadores que dejen de ser activos por no cumplir con el criterio establecido en el Artículo 39, inciso c, pero que sean directores de tesis, podrán continuar realizando su trabajo; no se les asignarán estudiantes u otras responsabilidades hasta que se reintegren al programa por sus méritos académicos.

Artículo 41: Obligaciones

Son obligaciones de los docentes-investigadores del PADCB además de las establecidas en el reglamento de ingreso, egreso y permanencia de la Ley Orgánica de la UAZ:

- a) Impartir los cursos del programa que el CADCB le solicite.



- b) Participar de manera activa en las reuniones y evaluaciones de CT, CADO y CADCB según corresponda. Especialmente en aquellos que tienen que ver con los estudiantes que dirige.
- c) Velar por el desarrollo adecuado y a tiempo de los proyectos de investigación de los estudiantes que dirige.
- d) Incluir en los créditos de los productos de investigación generados a los candidatos que participan en la investigación asignada a dicho candidato y a la unidad académica correspondiente.
- e) Entregar a la CADCB comprobante de los productos de investigación generados producto del trabajo de los candidatos.
- f) A solicitud del CADCB, entregar en tiempo y forma la información que se le solicite para mantener actualizado el archivo estadístico.

Capítulo XIII. De las Líneas de Investigación

Artículo 42: Ingreso

Los docentes-investigadores que participan en el Doctorado de Ciencias Básicas que deseen registrar una línea de investigación en el PADCB deberán de cumplir los siguientes requisitos:

- a) Cumplir con los requisitos del artículo 39 en todos sus incisos.
- b) Demostrar con productos científicos productividad en la línea de investigación a registrar al PADCB.
- c) La línea de investigación debe de estar conformada por al menos tres integrantes que cumplan el artículo 39 en todos sus incisos.
- d) Los integrantes no deberán de participar en más de dos líneas de investigación.

Artículo 43: Permanencia

Las líneas de investigación que participan en el Doctorado de Ciencias Básicas deberán de probar mantener una productividad científica de acuerdo con el número de participantes en dicha línea. Un producto por participante anual es el mínimo requerido para que dicha línea no sea dada de baja de acuerdo con el artículo 42 de este reglamento.



Capítulo XIV. De las omisiones

Artículo 44: Cualquier asunto no especificado en este reglamento será resuelto por el CADCB y su decisión será inobjetable.



EFICACIA DEL PROGRAMA

En el programa de Doctorado en Ciencias Básicas se han implementado un conjunto de estrategias y un plan de desarrollo para garantizar la eficacia del mismo en sus diferentes etapas: ingreso, permanencia y titulación. Estas estrategias y plan de desarrollo se diseñaron tomando en consideración los recursos con que cuentan las Unidades Académicas que lo conforman.

Estrategias

Están integradas dentro del programa académico, y fueron determinantes para el diseño del perfil de ingreso y egreso, la organización interna, el mapa curricular y los contenidos de las asignaturas. A continuación, se enuncian las estrategias para garantizar la eficacia del Programa Académico:

Estrategias para garantizar el ingreso al Programa Académico

En este apartado se busca fomentar la demanda de estudiantes en el programa doctoral. Para lo cual se proponen los siguientes puntos:

1. Promocionar el Doctorado en Ciencias Básicas en diferentes entidades académicas de la región. Difusión mediante una página “web”, la prensa y divulgación interna en la UAZ.
2. Otorgar becas de tiempo completo a los estudiantes ya que el Doctorado pretende ingresar al PNP.
3. Facilitar el apoyo económico a los estudiantes de tiempo completo que ingresen al programa, mediante un esquema interno de becas de la UAZ y del Consejo Zacatecano de Ciencia y Tecnología (COZCYT), mientras Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) libera el recurso de becas.
4. Permitir el ingreso de perfiles académicos afines a las líneas de investigación ofrecidas en el programa.
5. Ofertar especialidades únicas en la región. (Ejemplo: “Matemáticas Básicas”, “Ciencias Nucleares”, etc.)
6. Vincular los programas académicos de maestría en Ciencias Básicas y áreas afines que oferta la UAZ.
7. Aprovechar el perfil de los profesionistas que egresan de las instituciones de educación superior de la UAZ y de otras instituciones educativas del estado.



Estrategias para garantizar una alta tasa de titulación

En este apartado se presentan las medidas necesarias para obtener un alta eficiencia terminal, punto fundamental en los programas de calidad nacional.

1. Comité Académico Doctoral de Orientación. Dicho comité se encarga de avalar el ingreso y el egreso del estudiante.
2. Comité Tutorial. Este comité está formado por académicos involucrados en el proyecto de investigación (asesor, co-asesor y tutores de las áreas que componen el doctorado). Dicho comité da un seguimiento cercano al desarrollo de la investigación del estudiante, garantizando el término de la misma.
3. El alumno debe estar incluido en un proyecto de investigación con objetivos claramente determinados, su factibilidad y alcance, así como los productos secundarios de la investigación.
4. Ofrecer un mapa curricular flexible considerando la trayectoria académica y acorde al perfil académico.
5. Dado que el programa pertenece al PNPB, esto le permite al estudiante acceder a becas posdoctorales en instituciones nacionales o del extranjero, o incorporarse al mercado laboral de manera adecuada.

Estrategias para garantizar la calidad académica

Los puntos planteados en esta sección están encaminados a mantener los altos estándares académicos requeridos en los programas de doctorado dentro del PNPB.

1. Comité Académico Doctoral de Orientación. La presencia del CADO garantiza que el estudiante tenga el perfil deseado y que el trabajo final cumpla con los lineamientos del perfil de egreso.
2. Comité Tutorial. Este comité garantiza la calidad del trabajo realizado por el estudiante.
3. La inclusión de seminarios de investigación y de tesis, permitirá la evaluación continua del estudiante durante sus estudios y la inculcación científica de los mismos.

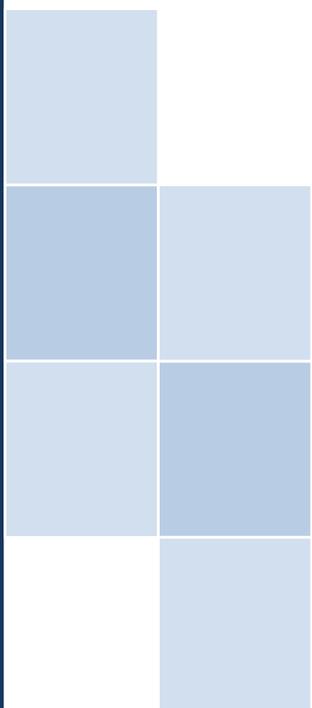


4. Que el alumno cuente con una propuesta de trabajo de algún investigador que pertenezca al programa de doctorado.
5. Contar con un expediente académico que refleje a detalle la trayectoria académica del estudiante.
6. Fomentar la publicación de resultados del proyecto de investigación del estudiante y su presentación en congresos nacionales o internacionales, así como la realización de estancias cortas de trabajo en otras instituciones nacionales o extranjeras.



ANEXO A

ASIGNATURAS DE FORMACIÓN ESPECÍFICA





Biología de la interacción planta-microorganismo

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

Descripción de la asignatura: En el curso del ciclo biológico de cualquier especie vegetal, sea cultivada o silvestre, una constante es la interacción con una infinidad de microorganismos sean bacterias, hongos, virus, micoplasmas e incluso nematodos. En estas interacciones pueden suceder relaciones benéficas o perjudiciales para la planta o para ambos agentes en interacción. Las herramientas de agrobiotecnología moderna demandan cada vez un mayor conocimiento de la biología celular y molecular que se establece cuando un tejido de la planta o todo el sistema vegetal entra en interacción con determinado microorganismo, panorama molecular que está íntimamente ligado con las condiciones del medio ambiente prevalentes.

Para optimizar las interacciones beneficiosas y limitar los efectos negativos ejercidos por los agentes patógenos, es de suma importancia conocer los mecanismos de ambos tipos de interacciones, tanto benéficas como perjudiciales, así como las mínimas diferencias que existen entre ellos. El resultado de las relaciones planta-microorganismo depende de las capacidades individuales de los agentes que interactúan, así como de sus relaciones con el medioambiente.

Índice temático:

1. **Eventos moleculares durante el proceso de reconocimiento temprano.** El concepto de inmunidad en plantas. Inmunidad basal disparada por MAMPs y PAMPs en plantas. Activación de cascadas de señalización. Canales iónicos. Canales de calcio. Explosión oxidativa.
2. **Participación de MAPKs, CDPKs, factores de transcripción y hormonas.** MAPKs. Proteínas de unión a Calcio. Factores de transcripción. Hormonas.
3. **Regulación transcripcional de las respuestas de defensa en plantas.** Cascadas de señalización en inmunidad de plantas. Compuestos reguladores en las señales de defensa. Genes de defensa y elementos de respuesta en región de los promotores.
4. **Biología de una interacción de susceptibilidad en planta.** Anclaje del patógeno en tejido vegetal. Emisión de efectores. Actividad enzimática contra estructuras de tejido vegetal. Desarrollo de estructuras de penetración. Desarrollo de estructuras de colonización. Características de la respuesta de defensa de la planta en susceptibilidad.
5. **Biología de una interacción de resistencia en planta.** Conceptos clásicos de la resistencia: barreras preformadas, defensas inducidas. Genes de resistencia: características y clasificación de los genes de resistencia, motivos de las proteínas R y

- su función potencial. Genes de defensa: control transcripcional de los genes de defensa ante patógenos, elementos de respuesta, participación de factores de transcripción. Perfiles moleculares asociados a microorganismos y a microorganismos patógenos. Activación de cascadas de señalización. Producción de proteínas relacionadas con la patogénesis (proteínas PR). Rutas de biosíntesis de fitoalexinas. Respuesta de hipersensibilidad.
6. **Interacciones entre planta y hongos no patogénicos.** Hongos endofíticos. Hongos oportunistas simbióticos. Mecanismos de defensa inducidos por hongos no patogénicos.
 7. **Activación de resistencia sistémica en tejido vegetal.** Concepto de resistencia sistémica. Señales moleculares de activación de resistencia sistémica. Utilidad agrotecnológica de la resistencia sistémica en campo.
 8. **Particularidades de los microorganismos y desarrollo de la enfermedad.** Desarrollo de la enfermedad causada por hongos: razas de especies de hongos, virulencia y avirulencia, mecanismos de variación genética, Transferencia horizontal de genes, Elementos transponibles y micovirus. Desarrollo de la enfermedad causada por bacterias: quorum sensing, expresión de genes, penetración del tejido vegetal, Anclaje, Determinantes de especificidad, Función de plásmidos. Desarrollo de la enfermedad causada por virus: estructura de los virus fitopatógenos, infección viral, virus de RNA hebra positiva y hebra negativa, virus de RNA doble hebra, virus de DNA hebra simple y de doble hebra.
 9. **Protocolos de transformación para protección de cultivos.** Resistencia derivada de patógenos: Resistencia mediada por proteína de cubierta de virus, resistencia mediada por RNA, resistencia derivada de patógeno contra enfermedades por hongos y bacterias. Sobre-expresión de genes de defensa. Vectores: vectores binarios y cepas bacterianas *A. tumefaciens* y *A. rhizogenes*
 10. **Prácticas de citología y biología molecular.** Observación de estructuras de fitopatógenos por microscopía en contraste de fase. Detección de fitopatógenos por PCR simple para ITS. Detección de fitopatógenos por PCR multiplex para ITSs. Detección de fitopatógenos por PCR a tiempo real para ITSs. Detección de respuestas de defensa en tejido vegetal (HR, Especies oxígeno-activas, fase necrotrófica de hongos).

Bibliografía:

- L.C. Van Loon and Jean-Claude Kader Eds. Advances in botanical Research: Plant Immunity. Vol. 51. Academic Pres. USA. 2009.
- Kamal Bouarab, Norman Brisson. Molecular Plant-Microbe Interactions. CABI Pub. USA. 2009.
- Matthew Dickinson. Plant Molecular Pathology. BIOS Scientific Pub. USA. 2003.
- Vidhyasekaran, P. Molecular Biology and Host Defense Mechanisms. Marcel Dekker, Inc. USA. 2001.
- Nicholas Talbot. Plant-Pathogen interactions. Blackwell Pub. U.K. 2004.
- Robert Burns. Plant Pathology. Techniques and Protocols. Humana Press.UK. 2010.
- Michel Nicole and Vivienne Gianinazzi-Pearson. Hystology, Ultrastructure and Molecular Cytology of Plant-Microorganism Interactions. Kluwer Academic Press. USA. 1997.



Bioinformática

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

Descripción de la asignatura: Desde que Frederick Sanger determinó la secuencia de la primera proteína a mediados de los cincuenta y desarrolló el método para secuenciar DNA a mediados de los setenta, se inicia una nueva era en la Biología Molecular. Con la obtención de las secuencias, surge la necesidad de que éstas sean analizadas y comparadas entre ellas, y que la información generada sea almacenada de manera organizada, para lo cual se recurrió a la informática, naciendo así la bioinformática. En las últimas décadas, la cantidad de información generada debido a los grandes avances tecnológicos y científicos en biología molecular y la naciente genómica es basta, por lo que es necesario el manejo de herramientas bioinformáticas especializadas que nos permitan entender la complejidad existente en los datos generados. La materia de **formación específica** está diseñada para aquellos investigadores en formación que requieren tanto de las ciencias de la información como de la computación para entender procesos biológicos. Se requiere que el aspirante tenga un conocimiento básico de computación y biología molecular. Durante el curso se presentarán las metodologías y herramientas bioinformáticas básicas y especializadas haciendo énfasis en los conceptos básicos de biología molecular y evolución molecular que han sido usados para desarrollarlas.

Contenido:

- Introducción a la bioinformática y a los sistemas biológicos.
- Bases de datos.
- Búsqueda, comparación y análisis de datos.
- Biología estructural.
- Filogenia molecular.
- Temas selectos de bioinformática.

Índice temático:

1. **Introducción a la bioinformática y a los sistemas biológicos.** Organismos y células, Las moléculas de la vida, Proteínas, El DNA, El RNA, Genes y genomas, Transmisión de la información, Definición de bioinformática, Desarrollo y avances de la bioinformática, Bioinformática y la internet **Bases de datos.** NCBI – ENTREZ , GenBank, SwissProt, KEGG, JCVI, Expasy, String, Brenda, Metacyc, The Gene Ontology Project.



2. **Búsqueda, comparación y análisis de datos.** Herramienta de predicción de genes, Búsquedas por palabra, Búsquedas por similitud, Alineamientos de secuencias, Búsquedas de motivos, Búsquedas de promotores, Identificación de consensos.
3. **Biología estructural.** Predicción de estructura secundaria, Bases de datos de estructuras, Predicción automática de la estructura terciaria, Visualización y presentación de estructuras.
4. **Filogenia molecular.** Evolución y Filogenia molecular, Reconstrucción de filogenias, Métodos de reconstrucción y modelos de sustitución.
5. **Temas selectos de bioinformática.** Omicas, Modelaje molecular, Acoplamiento molecular, El arte de la programación, Uso de Perl, Bioperl, MySQL, Integración de un servidor HTML, Aplicación de la bioinformática en temas biotecnológicos, Aspectos futuros de la bioinformática.

Bibliografía básica:

- David W. Mount. (2007) Bioinformatics Sequence and Genome Analysis. 2 Ed. Cold Spring Harbor laboratory Press.
- Lesk A. (2008) Introduction to Bioinformatics. Tercera edición. Oxford University press. UK.
- Michael Agostino. (2012) Practical Bioinformatics. Garland Science.
- Artículos selectos de vanguardia en los diferentes temas.

Bibliografía complementaria:

- Andreas D. Baxevanis & B.F. Francis Ouellette. (2004) Bioinformatics, 3ed. Wiley-Interscience.
- Pevsner J. (2009) Bioinformatics and Functional Genomics. Wiley-Blackwell.



Fisiología vegetal

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

Descripción de la asignatura: Las plantas y nosotros, compartimos un ancestro común, el cual vivió hace tres billones de años. Después de divergir de nuestro linaje y del linaje de los hongos, el ancestro de las plantas adquirió la capacidad de convertir la energía solar en energía química incorporando bacterias fotosintéticas dentro de su célula. Esta capacidad de fotosintetizar le permitió ocupar un nicho completamente diferente, pero altamente compatible con el de nuestros ancestros y además cambiaron radicalmente las condiciones bioquímicas de nuestro planeta. Con el devenir del tiempo adquirieron pluricelularidad y radiaron para formar el grupo de las algas. Las plantas fueron los organismos pioneros en la colonización del medio terrestre y prepararon las condiciones ecológicas para que tanto animales como hongos colonizaran la tierra. Actualmente las plantas son un grupo muy diverso y se encuentran en casi todos los ecosistemas de la tierra. Ellas son las productoras primarias en todos los ecosistemas terrestres, todo el alimento que consumimos los animales viene directa o indirectamente de su actividad fotosintética, además producen el oxígeno que requerimos para respirar. Dentro de la Biología el entender el funcionamiento vegetal es un campo altamente interesante y apasionante. Esta materia de **formación específica** está diseñada para investigadores en formación que, sin tener antecedentes de fisiología vegetal, estén interesados en conocer cómo las plantas surgieron, han evolucionado y funcionan en su ambiente. Haciendo uso de herramientas de bioquímica, biología molecular, genómica y fisiología clásica, el estudiante podrá entender de manera integral el funcionamiento de las plantas tomando en cuenta su diversidad y su evolución, además, conocerá las últimas tendencias de investigación en esta área.

Contenido:

- Introducción a la biología vegetal.
- Transporte y translocación de agua y solutos.
- Metabolismo.
- Crecimiento y desarrollo vegetal.
- Desarrollo reproductivo.
- Reguladores del crecimiento vegetal.

Índice temático:

1. **Introducción a la biología vegetal.** Conceptos básicos de morfología y anatomía vegetal. Conceptos básicos de sistemática y taxonomía. Origen y evolución de las plantas. Ciclos de vida. Diversidad vegetal.
2. **Transporte y translocación de agua y solutos.** Componentes del transporte. Membrana celular. Pared celular. Propiedades del agua. Toma de agua. Transporte de solutos a través de membranas.
3. **Metabolismo.** Fotosíntesis. Translocación vía floema. Respiración y metabolismo de lípidos. Asimilación de nutrimentos minerales. Metabolitos secundarios.
4. **Crecimiento y desarrollo vegetal.** Ciclo celular. Expansión celular. Desarrollo embrionario. Desarrollo postembrionario.
5. **Desarrollo reproductivo.** Desarrollo floral. Mitosis y Formación de Gametos. Germinación del polen. Autoincompatibilidad. Fertilización y análisis genético. Formación de la semilla.
6. **Reguladores del crecimiento vegetal.** Auxinas. Giberelinas. Citocininas. Etileno. Ácido abscísico. Brasinoesteroides. Ácido jasmónico. Ácido salicílico.
7. **Prácticas de fisiología vegetal.** Técnicas de microscopia. Análisis del desarrollo embrionario usando mutantes en la señalización de reguladores de crecimiento. Análisis del postembrionario usando líneas transgénicas marcadoras de ciclo celular, respuesta a reguladores de crecimiento y toma de nutrimentos.

Bibliografía básica:

- Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger (2010) *Plant physiology*. Quinta edición. Sinauer Associates. 782 pp.
- Peter H. Raven, Ray F. Evert y Susan E. Eichhorn (2005) *Biology of plants*. Séptima edición. W.H. Freeman and Company. 683 pp.
- Artículos selectos de vanguardia en los diferentes temas.

Bibliografía complementaria:

- Bob B. Buchanan, Wilhelm Gruissem, and Russell L. Jones (2006) *Biochemistry & Molecular Biology of Plant*. American society of plant Biologist. 1367 pp.
- The Arabidopsis Book, publicación en línea <http://www.bioone.org/loi/arbo.j>



Biología del estrés abiótico y biótico en planta e intercomunicación

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

Descripción: de la asignatura: Las plantas se han adaptado a las diferentes formas de estrés biótico y abiótico impuesto por el medio ambiente, el cual es frecuentemente adverso. Al censar el estrés, las plantas inducen una cascada de señales que activan canales iónicos, cascadas de quinasas, producción de especies oxígeno reactivas, acumulación de hormonas tales como el ácido salicílico, etileno, ácido jasmónico y ácido abscísico. Estas señales finalmente inducen la expresión de una colección de genes que conllevan al ensamble de la reacción global de defensa. Los genes de defensa en las especies vegetales son activados transcripcionalmente por patógenos, por diferentes formas de estrés ambiental, e incluso, la inducción de genes de defensa específicos en respuesta ante ciertos patógenos, son dependientes de condiciones de humedad y temperatura muy particulares, sugiriendo la existencia de un sistema complejo de señalamiento que permite a la planta reconocer y protegerse así misma contra patógenos y contra estrés abiótico. Así entonces, los componentes de las vías de señalización son compartidos por diferentes rutas de señalamiento ante estrés, de tal manera que las respuestas de las plantas a estrés biótico y abiótico comúnmente se traslapan. Además, no es raro que las cascadas de señalamiento activadas actúen vía acciones sinergistas o antagonistas.

Los intrincados y finamente sintonizados mecanismos moleculares activados en plantas, en respuesta ante factores ambientales tanto bióticos como abióticos, aún no son bien entendidos y menos se conoce acerca de las señales integrativas y puntos de convergencia en diferentes grupos de reacciones parcialmente traslapantes. Las herramientas moleculares nuevas incluyendo el análisis de transcriptomas y proteomas, secuenciación de genomas enteros, análisis bioinformáticos y estudios funcionales, permitirán la disección de más componentes de los sistemas como factores clave en las respuestas de defensa en general al estrés biótico y abiótico, y en la intercomunicación de las cascadas de señalización ante estas formas de estrés.

Índice temático:

1. **Introducción.**
2. **Calcio (Ca²⁺) y especies oxígeno reactivas (EOR) y óxido nítrico (ON).** Calcio como segundo mensajero en respuestas ante estrés abiótico y biótico. Explosión oxidativa y especies oxígeno reactivas como segundos mensajeros. Óxido nítrico como segundo

mensajeros. Intercomunicación entre Ca^{2+} , EOR y ON en reacciones de respuesta ante estrés ambiental.

3. **Proteínas quinasas dependientes de calcio (CDPKs) y proteínas quinasas activadas por mitógeno (MAPKs).** Proteínas quinasas dependientes de calcio (CDPKs). Proteínas quinasas activada por mitógeno (MAPKs). Intercomunicación entre CDPKs y MAPKs en las respuestas de defensa en plantas ante estrés abiótico y biótico.
4. **Intercomunicación entre las rutas genéticas en respuesta a estrés abiótico y biótico.**
5. **Fitohormonas y función central en señalamiento en la respuesta ante estrés abiótico y biótico.** Ácido salicílico. Etileno. Ácido jasmónico. Ácido abscísico. Sistemas de señalización por fitohormonas. Ácido abscísico en la intercomunicación en respuestas ante estrés abiótico y biótico.
6. **Factores WRKY y otros factores de transcripción en respuesta ante estrés abiótico y biótico.** Factores de transcripción. Factores de transcripción de la familia WRKY.
7. **Regulación de la expresión de genes de defensa ante estrés.** Características estructurales de los genes de defensa ante estrés. Particularidades en los elementos de respuesta en región de los promotores. Co-inducción de genes de defensa por diversos factores ambientales adversos.
8. **Herramientas para la búsqueda de genes de tolerancia a estrés abiótico y biótico en plantas.**
9. **Prácticas de biología molecular.** Detección de co-inducción de genes por estrés abiótico y biótico por reacción RT-PCR simple y multiplex. Detección de co-inducción de genes por estrés abiótico y biótico por reacción PCR en tiempo real. Detección de co-inducción de genes por estrés abiótico y biótico por técnica de northern blot.

Bibliografía:

- Signal Crosstalk in Plant Stress Responses. Wiley-Blackwell Eds. USA. 2009.
- Frans Maathuis. Ion Channels and Plant Stress Responses (Signaling and Communication in Plants). Springers. USA. 2010.
- Heribert Hirt and Kazuo Shinozaki. Plant Responses to Abiotic Stress (Topics in Current Genetics) Springer. USA. 2003.
- Matthew A. Jenks and Andrew J. Wood. Genes for Plant Abiotic Stress. Wiley-Blackwell Eds. USA. 2010.
- Selección de paquete de artículos científicos de actualidad.



Biología molecular

- **Número de créditos:** 12
 - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
 - **Horas a la semana:** 16
 - **Teoría:** 6
 - **Práctica:** 4
 - **Autoestudio:** 6
 - **Requisitos:** ninguno
 - **Clave:** AFB-5
 - **Asignatura:** Básica
 - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BCMI
-

Descripción de la asignatura: Con los estudios pioneros de Avery, MacLeod y McCarty, acerca de la naturaleza química del material genético y con la descripción de la estructura del ADN por Watson y Crick a mediados del siglo pasado, surge la biología molecular. Con el devenir del tiempo y los nuevos descubrimientos como las enzimas de restricción, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la secuenciación de los ácidos nucleicos, han permitido que esta disciplina sea uno de los puntales mayores de la biología.

El curso de biología molecular está dirigido a estudiantes de doctorado interesados en el entendimiento y estudio de los genes y cómo estos se regulan, haciendo énfasis en vegetales como modelo de estudio. Este curso se enfocará en el entendimiento de los conceptos y mecanismos básicos de biología molecular con mayor atención en las peculiaridades que las plantas presentan. También discutiremos y llevaremos a la práctica las técnicas y tecnologías de vanguardia que se están usando para el análisis molecular de eventos fisiológicos presentes en las plantas. El curso sirve de inducción para los interesados en hacer investigación en las líneas encaminadas a entender las bases moleculares de la adaptación de las plantas a estrés biótico y abiótico.

Contenido:

- Introducción a la Biología Molecular.
- La dinámica del DNA.
- Del RNA a las Proteínas.
- Epigenética.
- El genoma.

Índice temático:

1. **Introducción a la Biología Molecular.** Descubrimiento del material genético. Del gen a los genomas.



2. **La dinámica del DNA.** Propiedades Físico-químicas del DNA. Principales tipos de ADN en eucariotes. Topología del ADN. Empaquetamiento del ADN. Replicación en eucariotas y procariotas. Reparación de DNA.
3. **Del RNA a las proteínas.** Flujo de la información génica. Estructura y tipos de RNA. Transcripción en procariote y eucariotes. Eventos post-transcripcionales del RNA mensajero. Regulación transcripcional de la expresión génica. Traducción en procariotes y eucariotes. Regulación post-transcripcional de la expresión génica.
4. **Epigenética.** Procesos epigenéticos. Definición y bases moleculares de la impronta genómica, efecto materno y paramutación.
5. **El genoma.** Dinámica del genoma. Genómica funcional. Genómica comparativa.
6. **Prácticas de biología molecular.** Preparación y análisis de DNA y RNA. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Análisis de secuencias *in silico* y diseño de iniciadores. Análisis de expresión genética (RT-PCR tiempo final y tiempo real). Expresión de una proteína heteróloga en eucariotes.

Bibliografía básica:

- Lewins B. Krebs, JE. Goldstein, ES. Kilpatrick, ST. (2011) *Lewin's genes X*. Decima Edición Oxford University. Press, Oxford. 930 pp.
- Weaver RF (2011) *Molecular Biology*. Quinta edición McGraw-Hill.
- Artículos selectos de vanguardia en los diferentes temas.

Bibliografía complementaria:

- Sambrook J. (2001) *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. Tercera Edición. Tres tomos Third Edition.
- Watson, Hopkins, Roberts, Steitz and Weiner, *Molecular Biology Of The Gene* sexta edición. The Benjamin/Commings Publishing Company Inc.



Biodiversidad

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

Descripción de la asignatura: El término Biodiversidad (o Diversidad biológica) incluye la variabilidad de los organismos, al menos en tres niveles. Estos niveles son la variabilidad a nivel de genes, de especies y de ecosistemas. El objetivo del curso es conocer y entender los conocimientos acerca de estos tres niveles para valorar la importancia de la biodiversidad desde el punto de vista evolutivo y social.

Al finalizar el curso, el estudiante tendrá un conocimiento general de qué es la biodiversidad, la manera en la que es medida, su importancia y las diferentes formas en que los humanos la aprovechan y modifican. Se discutirán patrones históricos de la Biodiversidad, patrones actuales y se estudiarán casos particulares que ejemplifican el uso, aprovechamiento y repercusión de las actividades humanas.

Índice temático:

1. **Introducción a la biodiversidad.** Definición. Historia del concepto. Uso del término biodiversidad. Niveles de Biodiversidad: genes, especies y ecosistemas. Evolución histórica de la biodiversidad. La Biodiversidad actual. Valores de la biodiversidad (directo, indirecto, estético, intrínseco).
2. **Medición de la biodiversidad.** Diversidad genética, alfa, beta y gamma. Distribución actual de la biodiversidad en el planeta.
3. **Patrones actuales de la biodiversidad.** Patrones taxonómicos regionales: Florísticos y faunísticos. Especies invasoras. Patrones geográficos globales. Biodiversidad de México.
4. **Factores actuales que amenazan la biodiversidad.** La humanidad y la biodiversidad: aprovechamiento y servicios de los ecosistemas. Conocimiento, monitoreo, leyes y reglamentos. Educación, conservación *in-situ* y *exsitu*.



Bibliografía básica:

- Bryant, P. J. Biodiversity and Conservation, A Hypertext Book. School of Biological Sciences, University of California, Irvine.
- Conabio, 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Conabio, 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Conabio. 2008. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Conabio. 2008. Capital natural de México, vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México
- Conabio. 2009. Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Gaston, K. J. & J. I. Spicer. 2004. Biodiversity: An introduction. Second Edition. Blackwell Publishing. Malaysia.
- Gaston, K. J. 2003. The structure and dynamics of geographic ranges. Oxford University Press.
- Hernández, H. M. et al (Compiladores). 2001. Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. UNAM-FCE.
- La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México.
- Lomolino, M. V., and L. R. Heaney. (Editors). 2004. Frontiers of Biogeography. Sinauer Associates, Inc.
- Lomolino, M. V., B. Riddle. y J. H. Brown. 2006. Biogeography. Tercera Edición. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, USA.
- Maclaurin, J. & K. Sterelny. 2008. What is biodiversity? The University of Chicago Press.
- Maczulak, A. E. 2010. Biodiversity: Conserving Endangered Species. Green Technology.
- Magurran, A.E., y B. J. McGill. 2011. Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment. Oxford University Press
- Ruiz, M. G., y J. T. Carlton. 2003. Invasive Species: Vectors and Management Strategies
- Sarukhán, J., et al. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Zachos, F. E. y J. C. Habel. 2011. Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas. Springer.



Biogeografía

-
- **Número de créditos:** 12
 - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
 - **Horas a la semana:** 16
 - **Teoría:** 6
 - **Práctica:** 4
 - **Autoestudio:** 6
 - **Requisitos:** Sistemática biológica
 - **Clave:** AFB-7
 - **Asignatura:** Básica
 - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
-

Descripción de la asignatura:

La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los seres vivos en el espacio y a través del tiempo. Sus objetivos principales son describir y comprender los patrones de distribución geográfica de las especies y taxones supraespecíficos. Dentro de este curso se revisará el panorama general de los métodos que sustentan el estudio de la distribución geográfica de la diversidad biológica, a través de las diferentes corrientes de pensamiento de esta disciplina, con énfasis en la biogeografía histórica. El alumno tendrá un conocimiento general de las principales corrientes de pensamiento, métodos de análisis, terminología, conceptos básicos y literatura. Finalmente, reconocerá de manera general los procesos y patrones de la distribución de los seres vivos en el espacio y el tiempo.

Índice temático:

1. **Introducción.** Definición, objeto de estudio y subdivisiones de la biogeografía. Unidades en biogeografía. Concepto de homología en biogeografía. Patrones y procesos en biogeografía. Historia de la biogeografía y tendencias actuales.
2. **Biogeografía ecológica.** Teoría de refugios pleistocénicos. Biogeografía de islas y la conservación de áreas naturales. Biogeografía cuantitativa y métodos de análisis. Macroecología.
3. **Áreas de distribución y áreas de endemismo.** Áreas de distribución geográfica y métodos. Bio-georeferenciación y modelaje de nichos ecológicos. Áreas de endemismo y métodos de identificación.
4. **Regionalización biogeográfica y provincias bióticas.** Regionalización. Regionalización del mundo, América Latina y el Caribe. Regionalización en México. Aplicación de la regionalización biótica en la conservación.
5. **Dispersalismo, biogeografía filogenética y panbiogeografía.** Biogeografía dispersionista y criterios para la determinación de centros de origen. Conceptos básicos

del dispersalismo. Conceptos básicos de biogeografía filogenética. Filogeografía. Bases conceptuales de la panbiogeografía. Conceptos básicos y métodos de la panbiogeografía. La panbiogeografía en la conservación de áreas naturales.

6. **Biogeografía cladística.** Bases conceptuales de la biogeografía cladística. Cladograma taxonómico de áreas. Cladogramas resueltos de áreas. Supuestos 0, 1 y 2. Cladograma general de áreas. Métodos cladísticos. La biogeografía cladística conservación de áreas naturales.

Bibliografía básica:

- Cox, C. B., and P. D. Moore. 2000. Biogeography. An ecological and evolutionary approach. 6th ed. Blackwell, Oxford.
- Crisci J. V., L. Katinas, and P. Posadas. 2003. Historical Biogeography. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. London England. 250pp.
- Llorente, J. y J.J. Morrone (eds.). 2001. Introducción a la Biogeografía en América Latina: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 277 p.
- Llorente, J. y J.J. Morrone (eds.). 2003. Una perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 307 p.
- Lomolino, M. V., B. R. Riddle, and J. H. Brown. 2006. Biogeography. 3ª ed. Sinauer. Associates Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts
- Morrone, J. J. 2003. El lenguaje de la cladística, Programa Libro de Texto Universitario, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM,, México, D.F.
- Morrone, J. J. 2004. Homología biogeográfica: Las coordenadas espaciales de la vida. Cuadernos del Instituto de Biología 37. 199 p.
- Morrone, J. J. 2009. Evolutionary Biogeography: An Integrative Approach with Case Studies. Columbia University Press. 304pp.
- Morrone, J. J. y T. Escalante. 2009. Diccionario de biogeografía. Las prensas de Ciencias. México, D. F. 230 p.
- Parenti, L. R., and M. C. Ebach. 2009. Comparative biogeography. University of California Press. 312pp.
- Zunino, M. y A. Zullini. 2003. Biogeografía: La dimensión espacial de la evolución. Fondo de Cultura Económica. Sección de Ciencia y Tecnología. México D.F. 359 p.



Evolución biológica

- **Número de créditos:** 12
 - **Semestre recomendado:** 2 ó 3
 - **Horas a la semana:** 16
 - **Teoría:** 6
 - **Práctica:** 4
 - **Autoestudio:** 6
 - **Requisitos:** ninguno
 - **Clave:** AFB-8
 - **Asignatura:** Básica
 - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
-

Descripción de la asignatura: Explorar los patrones y los procesos evolutivos que producen la diversidad biológica que existe en el planeta. Al finalizar el curso, el estudiante tendrá una comprensión general de la manera en la que la diversidad biológica ha evolucionado hasta nuestros días. Se revisará el significado y la historia de la evolución biológica, así como sus patrones y procesos. Se revisaran temas básicos como la evolución por medio de selección natural, la historia geológica del planeta, la manera de organizar la diversidad biológica, genética evolutiva, adaptación, especiación, extinción y macroevolución.

Índice temático:

1. **Introducción a la evolución.** Evolución. Síntesis evolutiva. Evolución como un hecho y como teoría. Clasificación y filogenia. Origen de la vida. El registro fósil.
2. **Mecanismos evolutivos.** Introducción a la Genética de poblaciones, flujo génico, mutación, deriva génica. Selección natural. Especies y especiación. Éxito reproductivo (fitness). Evolución de genes y genomas.
3. **Macroevolución.** Tasas de evolución. Extinción. Gradualismo y equilibrio puntuado. Ontogenia y Filogenia.
4. **Temas evolutivos selectos.** Evolución humana. Evolución del parasitismo, Adaptación, Coevolución.

Bibliografía básica:

- 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.
- Futuyma, D. J. 2005. Evolutionary Biology, 3rd edition. Sinauer, Sunderland, Mass.

- Kardong, K. V. 2003. Vertebrados 4th ed. Anatomía comparada, función y evolución. McGraw-Hill Interamericana.
- Minelli, A. 2009. Perspectives in animal phylogeny and evolution, Oxford University Press, Oxford.
- Núñez-Farfán, J. y L. E. Eguiarte, eds. 1999. La evolución biológica. , UNAM. , México D.F, 457 p.
- Page R. D. M. and E. C. Holmes. 1998. Molecular evolution: A phylogenetic approach. Blackwell, Oxford.
- Pough, F. H., J.B. Heiser, and W.N. Mcfarland. 2008. Vertebrate life 8th ed. Prentice Hall International.
- Randall, D. J., W. W. Burggren, et al. 1997. Eckert animal physiology: mechanisms and adaptations. New York, W. H. Freeman and Co.
- Ridley, M. 2004. Evolution 3rd ed. Oxford readers. Oxford University press.



Ecología

- **Número de créditos:** 12
 - **Semestre recomendado:** 1, 2 ó 3
 - **Horas a la semana:** 16
 - **Teoría:** 6
 - **Práctica:** 4
 - **Autoestudio:** 6
 - **Requisitos:** ninguna
 - **Clave:** AFB-9
 - **Asignatura:** Básica
 - **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB
-

Descripción de la asignatura: Revisar los conceptos generales de la ciencia de la ecología, o el estudio de los organismos y el ambiente que habitan, para explicar la manera en las que esta disciplina es importante para la conservación de los componentes natural y las relaciones entre ellos, y de manera última, de nuestro planeta. El estudiante comprenderá los diferentes niveles de organización del planeta: poblaciones, comunidades y ecosistemas, y conocerá las relaciones entre los factores bióticos y abióticos en el ecosistema. Se presentará la aplicación de la ecología en los niveles revisados con la finalidad de complementar la revisión teórica y demostrar la importancia de esta disciplina en el desarrollo científico y en la conservación de los recursos naturales del planeta.

Índice temático:

1. **El estudio de la ecología.** ¿Qué es la ecología? Recursos. Temperatura. Agua. Energía y nutrientes. Historias de vida. Competencia intraespecífica. Aplicaciones de la ecología al nivel de organismos.
2. **Ecología de poblaciones.** Genética de poblaciones. Distribución y abundancia. Dinámica de poblaciones. Competencia interespecífica. Predación. Descomponedores y detritívoros. Mutualismo. Aplicaciones de la ecología de poblaciones.
3. **Ecología de comunidades y ecosistemas.** Abundancia y diversidad de especies. Interacciones entre especies y estructura de las comunidades. Producción primaria y flujo de energía. Ciclos de nutrientes. Redes tróficas. Aplicaciones de la ecología de comunidades y ecosistemas
4. **Ecología por arriba del nivel de ecosistemas.** Ecología del paisaje. Ecología geográfica. Macroecología. Ecología global. Aplicaciones de la ecología de gran escala.

Bibliografía básica:



- Campbell, N. A. and J. B. Reece. 2005. *Biology* 7th ed. Benjamin/Cummings Publishing Company, Menlo Park, CA. or 2002 6th edition
- Cain, M. L., Bowman, W. D., and S. D. Hacker. 2008. *Ecology*. Sinauer Associated, Inc., Sunderland, MA.
- Gotelli, N. J. 2001. *A Primer of Ecology*. 3rd ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MD, U.S.A.
- Krebs, C. J. 2007. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance: Hands-On Field Package (5th Edition)* Hardcover: 608 pages. Benjamin-Cummings.
- Molles, M. C. Jr. 1999. *Ecology: Concepts and Applications* 1st Edition, WCB/McGraw-Hill. Boston.
- Molles, M. C. Jr. 2006. *Ecology: Concepts and Applications* 3rd Edition, McGraw-Hill Co.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology* 3rd Edition, W. B. Saunders Company.
- Smith, R. L., T. M. Smith, Graham C. Hickman, and S. M. Hickman. 2006. *Elements of Ecology (5th Edition)* by, Paperback: 682 pages. Benjamin-Cummings

Sistemática biológica

- **Número de créditos:** 12
- **Semestre recomendado:** 1
- **Horas a la semana:** 16
- **Teoría:** 6
- **Práctica:** 4
- **Autoestudio:** 6
- **Requisitos:** ninguna
- **Clave:** AFB-10
- **Asignatura:** básica
- **Materia asociada a la Línea de investigación:** BEB

Descripción de la asignatura: Introducir a los estudiantes en aspectos generales de la historia de las ideas, teoría y metodología de la sistemática biológica, por medio de la exposición, discusión de los conceptos y terminología en la reconstrucción filogenética y clasificación. Examinar los fundamentos de las principales escuelas de sistemática biológica. El alumno al final el curso tendrá un conocimiento general de panorama histórico, reconocerá sus principales corrientes de pensamiento (Fenética, Evolutiva y Cladista) y métodos de análisis, así como su terminología, conceptos básicos y literatura.

Índice temático:

1. **Introducción a la sistemática biológica.** Breve historia de la sistemática. Relación de la sistemática con otras disciplinas. Taxon (taxa), categorías taxonómicas, jerarquía y rango taxonómico. Taxonomía alfa, beta y gamma. Actividades de los taxónomos.
2. **Conceptos de especie y las escuelas de sistemática.** Breve historia de la sistemática. Relación de la sistemática con otras disciplinas. Taxon (taxa), categorías taxonómicas, jerarquía y rango taxonómico. Taxonomía alfa, beta y gamma. Actividades de los taxónomos.
3. **Concepto básicos.** Carácter y estado de carácter. Tipos de caracteres: morfológicos, ecológicos, moleculares, etc. Tipo de caracteres y codificación de caracteres. Transformación entre caracteres. Filogenia, homología, homoplasia, grupos monofiléticos, parafiléticos y polifiléticos, monofilia, cladograma, grupo interno, grupo externo, grupos naturales y artificiales, nodo, raíz, etc. Homoplasia.
4. **Reconstrucción de cladogramas: sistemática filogenética.** Homología y el principio de Parsimonia. Pasos de un análisis cladístico. Construcción de cladogramas. Técnicas básicas en la reconstrucción. Criterios de optimización. Tipos de búsquedas. Medidas de ajuste de los caracteres. Tipos de consenso. La comparación con el grupo externo. Pesado de caracteres. Sistemática filogenética y la conservación. Construcción de árboles por medio de algunas herramientas bioinformáticas.

5. **Clasificación, taxonomía filogenética y colecciones.** Jerarquía Linneana. Transformar un cladograma en una clasificación cladística: Subordinación y Secuenciación. Clasificación y reglas de clasificación filogenética. Códigos de nomenclatura biológica. Elementos del nombre científico. Nomenclatura taxonómica y tipos. Literatura taxonómica. Describiendo especies. Uso de claves de identificación. Colecciones biológicas. Jardines Botánicos y zoológicos. Colecciones y biodiversidad. Sistemática, conservación y biodiversidad
6. **Generalidades de la sistemática molecular.** Caracteres moleculares. Genes ortólogos, parálogos y xenólogos. Los marcadores y métodos de reconstrucción filogenética empleando caracteres moleculares. Cladogramas de genes y de especies. Breve explicación de los métodos: distancia, parsimonia y máxima verosimilitud.

Bibliografía básica:

- Avise, J. C. 2004. Molecular markers, natural history and evolution. Sinauer Associates, Inc. Publishers. 2nd Edition. 684pp.
- Avise, J.C. 2000. Phylogeography. The history and formation of species. Harvard University Press. USA.
- Brooks, D. R. and D. A. McLennan. 1991. Phylogeny, Ecology, and Behavior. A Research Program in Comparative Biology. The University of Chicago Press.
- Brooks, D.R., J.N. Caira, T.R. Platt, and M.R. Pritchard. 1982. Principles and methods of phylogenetic systematics workbook. University of Kansas, Museum of Natural History.
- Eldredge, N. y J. Cracraft. 1980. Phylogenetic patterns and the evolutionary process. Columbia University Press, New York.
- Forey, P. L., C. J. Humphries, I. L. Kitching, R. W. Scotland, D. J. Siebert y 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.
- Lee, W. L., B. M. Bell y J. F. Sutton (eds.). 1982. Guidelines for acquisition and management of biological specimens. Association of Systematic Collections, Lawrence.
- Lipscomb, D. 1998. Basic Cladistic analysis. Washington D. C. George Washington University.

- Llorente, J. B. 1990. La búsqueda del Método Natural. No. 95 en Colección La Ciencia desde México. Fondo de Cultura Económica. México. 160pp.
- Llorente, J. e I. Luna (eds.). 1994. Taxonomía biológica. Fondo de Cultura Económica-UNAM, México, D.F.
- Mayr, E. 1942. Systematic and the origin of species. New York. Columbia University Press.
- Mayr, E. y P. Ashlock. 1991. Principles of systematic zoology. McGraw-Hill, Nueva York.
- Morrone, J. 2000. El lenguaje de la cladística. 1ª. 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.
- Nelson, G. y N. Platnick. 1981. Systematics and biogeography: Cladistics and vicariance. Columbia University Press. New York. 567pp.
- Page, R. and E. C. Holmes. 1998. Molecular Evolution. A phylogenetic approach. Blackwell Science.
- Panchen, A.L. 1992. Classification, evolution and the nature of biology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Patterson, C. 1982. Morphological characters and homology. In: Joysey KA and Friday AE (eds) Problems in Phylogenetic Reconstruction. London: Academic Press.
- Schuh, R. T. 2000. Biological systematics: Principles and applications. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca y Londres.
- Simpson, G. G. 1961. Principles of Animal Taxonomy. Columbia Univ. Press., New York, 247 pp.
- Sokal, R. R., and P. H. Sneath. 1963. Principles of numerical taxonomy. W. H. Freeman and Co. San Francisco. 359pp.
- Soltis D. E., Soltis, P. S. y Doyle, J.J. 1998. Molecular systematics of plants II DNA sequencing. Kluwer Academic Press. USA.
- 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 complete 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.



Detección 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:** Ninguno.
 - **Clave:** AFB-11
 - **Asignatura:** Básica
 - **Materia asociada a la Línea de investigación:** CN
-

Descripción de la asignatura: Los sistemas y dispositivos para la detección de la radiación nuclear, han experimentado un desarrollo paralelo al desarrollo de la tecnología ya que el estado del arte en electrónica, computación y materiales, se ha incorporado en las innovaciones de estos sistemas. Partiendo del concepto del detector básico y su aplicación a las diferentes radiaciones nucleares, con energías menores a los 20 MeV, se desarrollan los conceptos y modelos fundamentales que permiten estudiar las características de operación de los dispositivos e instrumentos utilizados para la detección de la radiación nuclear y de los mecanismos de interacción en los que basan su funcionamiento para desarrollar la capacidad de seleccionar y operar el sistema de detección apropiado para determinar las propiedades de los distintos campos o fuentes de radiación.

Contenido:

- Errores estadísticos en el conteo de radiación nuclear.
- Principios de física atómica y nuclear.
- Pérdida de energía y penetración de la radiación en la materia.
- Detectores gaseosos.
- Detectores de centelleo.
- Detectores de estado sólido.
- Espectrometría de radiación nuclear.
- Electrónica nuclear.
- Espectrometría de rayos x y rayos gamma.
- Espectrometría de partículas cargadas.
- Detección y espectrometría de neutrones.

Índice temático:

1. Introducción a la medición de la radiación. ¿Qué es la Radiación Nuclear?. Naturaleza estadística de la radiación. Tipos de errores, error y precisión de las mediciones. Instrumentación nuclear

2. Errores estadísticos en el conteo de radiación nuclear. Definición de probabilidad. Teoremas básicos de probabilidad. Distribuciones de probabilidad y variables aleatorias. Propagación de errores. Actividad mínima detectable.
3. Principios de física atómica y nuclear. Elementos de Cinemática Relativista. Energía de amarre y niveles energéticos de átomos y núcleos. Energía y leyes del decaimiento radioactivo. Reacciones nucleares.
4. Pérdida de energía y penetración de la radiación en la materia. Mecanismos de pérdida de energía para partículas cargadas. Poder de frenado por ionización y excitación. Cálculo de dE/dx para compuestos o mezclas. Rango de las partículas cargadas. Interacción de partículas neutras y fotones.
5. Detectores gaseosos. Mecanismos de interacción, colección de carga y alto voltaje. Tipos de detectores con gas. Cámara de ionización, detector proporcional, Geiger Mueller. Detectores de flujo.
6. Detectores de centelleo. Centelladores inorgánicos. Centelladores orgánicos. Centelladores gaseosos. Relación entre altura de pulso, energía depositada y tipo de radiación. Tubos fotomultiplicadores. Guías de luz.
7. Detectores de estado sólido. Clasificación eléctrica de los sólidos. Semiconductores. La unión p-n. Tipos y características de los detectores semiconductores. Daño por radiación a los detectores semiconductores.
8. Espectrometría de radiación nuclear. Efectos geométricos. Efectos de fuente. Efectos de detector. Eficiencia absoluta y relativa. Espectro de altura de pulsos (energía). Espectro integral y espectro diferencial. Resolución. Función de respuesta. Proceso de calibración.
9. Electrónica nuclear. Circuito diferenciador e integrador. Líneas de retraso de los pulsos. Sincronización. Mediciones en coincidencia y en anticoincidencia. Discriminación por la forma del pulso. Preamplificadores. Amplificadores. Convertidor análogo a digital. Monocanal y multicanal.
10. Espectrometría de rayos x y rayos gamma. Modos de deposición de energía. Eficiencias. Detección de fotones con el cristal de NaI(Tl). Detección de fotones con el NE213. Detección de rayos x con un contador proporcional. Detección de gammas con un HPGe. Detector de Si(Li). Detección de rayos x con un espectrómetro de cristal.
11. Espectrometría de partículas cargadas. Dispersión (straggling) de energía. Espectroscopia de electrones. Espectroscopia de protones, alfas, deuterones. Espectrómetro de centelleo líquido. Espectrómetro de tiempo de vuelo. Detectores telescopio. Espectrómetros magnéticos y electrostáticos. Detectores sensibles a la posición.
12. Detección y espectrometría de neutrones. Detección por reacción (n, partícula cargada). Cámara de fisión. Laminillas de activación. Espectroscopia por reculamiento de protones. Detección de neutrones rápidos.



Bibliografía básica:

- N. Tsoufanidis 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.
- G. Guilmore, Practical Gamma Ray Spectrometry, Second Edition, Wiley, 2008.

Bibliografía complementaria

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



Física nuclear

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

Descripción de la asignatura: Es la rama de la física aplicada, surgida tras el descubrimiento de la radiactividad, que se ocupa de la caracterización de los núcleos atómicos y las radiaciones emitidas por éstos. En un contexto más amplio, se define la física nuclear y física de partículas como la rama de la física que estudia la estructura fundamental de la materia y las interacciones entre las partículas subatómicas. Su desarrollo se apoyó fundamentalmente en la física moderna y particularmente de la Mecánica Cuántica, así como en la Teoría Electromagnética. Rápidamente adquirió el carácter de disciplina formal. En esencia es de carácter teórico-experimental.

Contenido:

- Carga del núcleo atómico.
- Radiactividad.
- Reacciones nucleares.
- Masa y tamaño nuclear.
- Decaimiento alfa.
- Decaimiento beta.
- Radiación gamma.
- Física de neutrones y fisión nuclear.

Índice temático:

1. **Introducción.** Fundamentos de física atómica.
2. **Carga del núcleo atómico.** Dispersión de rayos x. Número de electrones por átomo y número atómico.
3. **Radiactividad.** Identidad de los diferentes tipos de radiaciones nucleares y no nucleares. Ley de decaimiento radiactivo. Ley de decaimientos sucesivos. Equilibrio radiactivo. Series de decaimiento radiactivo. Actividad y unidades de radiactividad.



4. **Reacciones nucleares.** Introducción. Leyes de conservación en las reacciones nucleares. Reacciones nucleares en coordenadas de centro de masa. Energía umbral para reacciones nucleares endoenergéticas. Secciones transversales. Razón de reacción.
5. **Masa y tamaño nuclear.** Introducción. Espectrómetro de masas. Método de ajuste de dobletes. Medición de masas mediante datos de desintegraciones. Energía de empaquetamiento y energía de enlace de nucleones. Fórmula semiempírica para el cálculo de masas atómicas. Efecto isobárico. Dispersión de partículas alfa y parámetro de impacto.
6. **Decaimiento alfa.** Introducción. Energía cinética de las partículas alfa. Rango y poder de frenado. Sistemática del decaimiento alfa. Teoría del decaimiento alfa.
7. **Decaimiento beta.** Introducción. Condiciones de la emisión espontánea de las partículas beta. Medición de la energía cinética de las partículas beta. Interacción de las partículas beta con la materia. Teoría del decaimiento beta (hipótesis del neutrino). Sistemática del decaimiento beta.
8. **Radiación gamma.** Introducción. Interacción de la radiación gamma con la materia. Efecto fotoeléctrico. Efecto Compton. Producción de pares. Conversión interna. Efecto Auger. Conversión de pares interna.
9. **Física de neutrones y fisión nuclear:** Introducción. Interacción de los neutrones con la materia. Producción de neutrones. Fisión nuclear.

Bibliografía básica:

- R. Gautreau & W Savin, Física Moderna, Mc. Graw Hill (2001).
- R. D. Evans, Atomic Nucleus, Mc Graw Hill (1975).
- Atam P. Arya, Fundamentals of Nuclear Physics, Allyn and Bacon, Inc. (1966).

Bibliografía complementaria:

- Búsqueda bibliográfica a asignar durante el curso.



Seguridad radiológica

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

Descripción de la asignatura: La seguridad radiológica provee los conocimientos básicos para la protección de los trabajadores de radiaciones y del público en general contra los efectos dañinos de la radiación ionizante y no-ionizante. La seguridad radiológica es la responsable de los aspectos de seguridad en los procesos del diseño, el equipo, y las instalaciones que utilicen fuentes de radiación, de tal manera que la exposición del personal sea minimizada, y que en todo momento esté dentro de los límites aceptables. La filosofía de la seguridad radiológica es mantener al personal y al medio ambiente bajo una constante vigilancia con el fin de comprobar que sus diseños son en realidad efectivos. Si las medidas de control se encontraran que fueran deficientes, o si fueran incumplidas, debe ser capaz de evaluar el grado de peligro, y hacer las recomendaciones con respecto a las acciones correctivas.

Contenido:

- Repaso de los principios físicos.
- Estructura atómica y nuclear.
- Radiactividad.
- Interacción de radiación con la materia.
- Dosimetría de la radiación.
- Efectos biológicos de la radiación.
- Guías de protección radiológica.
- Instrumentación en protección radiológica.
- Protección contra radiación externa.
- Protección contra radiación interna.
- Criticalidad nuclear
- Evaluación de medidas de protección
- Radiación no-ionizante
- Método Monte Carlo y aplicaciones a seguridad radiológica, dosimetría y blindaje.

Índice temático:

1. **Repaso de los principios físicos.** Mecánica. Electricidad. Transferencia de energía. Teoría cuántica.
2. **Estructura atómica y nuclear.** Estructura del átomo, modelos atómicos. Estructura del núcleo, isótopos, energía de amarre.
3. **Radiactividad.** Radiactividad y mecanismos de transformación. Cinética de la transformación, vida media. Actividad, radiactividad natural, series de decaimiento radiactivo.
4. **Interacción de la radiación con la materia.** Procesos de interacción con la materia de las partículas beta, partículas alfa, rayos gamma, rayos x, y neutrones.
5. **Dosimetría de la radiación.** Unidades, intensidad de la fuente y constante de radiación gamma específica, radiación beta, Radionúclidos depositados internamente; neutrones.
6. **Efectos biológicos de la radiación.** Características de la dosis-respuesta. Las bases biológicas para la dosimetría interna. Efectos de la radiación. El Sievert y el rem.
7. **Guías de protección radiológica.** Organismos que establecen estándares de protección radiológica. Filosofía de la protección radiológica. Criterio básico de seguridad radiológica de Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés). Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (CNSNS)
8. **Instrumentación en protección radiológica.** Detectores de radiación. Instrumentos de medición de dosis. Medición de neutrones, calibración. Estadística de conteo.
9. **Protección contra radiación externa.** Principios básicos: tiempo, distancia, blindaje. Rayos x, neutrones. Optimización.
10. **Protección contra radiación interna.** Daño por radiación interna, principios de control. Límites de contaminación superficial. Gestión de residuos radiactivos. Evaluación de peligro.
11. **Criticalidad nuclear.** Peligro de criticalidad nuclear. Fisión nuclear. Productos de fisión. Criticidad nuclear.
12. **Evaluación de medidas de protección.** Vigilancia médica. Estimación de la radiactividad depositada internamente. Monitoreo individual. Radiación y evaluación de contaminación.
13. **Radiación no-ionizante.** Láseres, radiación de radio frecuencia y microondas. Principios de protección radiológica.
14. **Método Monte Carlo y aplicaciones a seguridad radiológica, dosimetría y blindaje.** Utilización de códigos basados en el Método Monte Carlo para el transporte de la radiación en problemas de dosimetría y blindaje.

Bibliografía básica:

- Herman Cember and Thomas Johnson. Introduction to Health Physics, Fourth Edition, McGraw Hill, 2009.
- Jacob Shapiro, RADIATION PROTECTION a Guide for Scientists and Physicians. Harvard University Press, Third Edition, 1990.



Bibliografía complementaria:

- Health Physics Journal, publicación mensual de la Health Physics Society, USA.
- Protección Radiológica, revista publicada por la SMSR, México.
- Reglamento General De Seguridad Radiológica, Editado por la CNSNS, 1996.
- B. Shleien and M.S. Terpilak, The Health Physics And Radiological Health Handbook, Nucleon Lectern Associates, 1984.
- ICRP Publication 103. The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. ELSEVIER, Volume 37 Nos. 2-4 ,2007



Mecánica clásica

- **Número de créditos:** 12
 - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
 - **Horas a la semana:** 16
 - **Teoría:** 6
 - **Práctica:** 4
 - **Autoestudio:** 6
 - **Requisitos:** Ninguno
 - **Clave:** AFB-14
 - **Asignatura:** Básica
 - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM, MSCM
-

Descripción de la asignatura: La mecánica clásica, es una formulación de la mecánica para describir el movimiento de sistemas de partículas físicas, de sistemas macroscópicos y a velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz. Existen varias formulaciones diferentes, atendiendo a los principios que utilizan, de la mecánica clásica que describen un mismo fenómeno natural. Independientemente de aspectos formales y metodológicos, llegan a la misma conclusión. La mecánica analítica (analítica en el sentido matemático de la palabra y no filosófico). Sus métodos son poderosos y trascienden de la Mecánica a otros campos de la Física. Se puede encontrar el germen de la mecánica analítica en la obra de Leibniz que propone para solucionar los problemas mecánicos otras magnitudes básicas (menos oscuras según Leibniz que la fuerza y el momento de Newton), pero ahora escalares, que son: la energía cinética y el trabajo. Estas magnitudes están relacionadas de forma diferencial. La característica esencial es que, en la formulación, se toman como fundamentos, principios generales (diferenciales e integrales), y que a partir de estos principios se obtengan analíticamente las ecuaciones de movimiento.

Contenido:

- Formulación lagrangiana.
- Principios variacionales.
- Leyes de conservación.
- Campo central.
- Oscilaciones.
- Cuerpo rígido.
- Formulación hamiltoniana.
- Transformaciones canónicas.
- Teoría de Hamilton-Jacobi.
- Variables de acción y ángulo.
- Teoría de perturbaciones y sistemas no integrables.



Índice temático:

1. **Introducción.** (repaso de mecánica newtoniana): Ecuaciones diferenciales. Espacio fase. Puntos fijos. Ciclos límite. Análisis cualitativo de sistemas mecánicos en el espacio fase. Mecánica de sistemas con N partículas. Energía, momento lineal, momento angular. Concepto de caos. Ejemplos.
2. **Formulación lagrangiana.** Coordenadas generalizadas. Problemas con constricciones holonómicas y no holonómicas. Ecuaciones de Euler-Lagrange. Covariancia. Principio de D'Alembert. Trabajos virtuales. Ejemplos.
3. **Principios variacionales.** Cálculo de variaciones. Principios de Hamilton y Fermat. Equivalencia con la formulación lagrangiana. Ejemplos.
4. **Leyes de conservación.** Integrales de movimiento. Simetrías y cantidades conservadas. Teorema de Noether. Ejemplos.
5. **Campo central.** Formulación lagrangiana. Problema de Kepler. Dispersión. Ejemplos.
6. **Oscilaciones.** Oscilaciones pequeñas (lineales). Modos normales. Límite de sistemas continuos: introducción a campos clásicos. Oscilaciones no lineales. Ejemplos.
7. **Cuerpo rígido.** Sistemas de referencia no inerciales. Fuerza de Coriolis. Transformaciones ortogonales. Teorema de Euler. Rotaciones. Dinámica de cuerpo rígido. Ejemplos.
8. **Formulación hamiltoniana.** Espacio fase. Transformada de Legendre. Estructura simpléctica. Función hamiltoniana. Ecuaciones de Hamilton. Paréntesis de Lagrange y de Poisson. Simetrías. Teoremas de Liouville y de recurrencia de Poincaré. Ejemplos.
9. **Transformaciones canónicas.** Preservación de la estructura simpléctica. Funciones generadoras. La evolución temporal como una transformación canónica. Ejemplos.
10. **Teoría de Hamilton-Jacobi.** La ecuación de Hamilton-Jacobi. Separación de variables. Solución completa. Ejemplos.
11. **Variables de acción y ángulo.** Sistemas totalmente integrables. Sistemas no integrables. Ejemplos.
12. **Teoría de perturbaciones y sistemas no integrables.** Expansión en serie. Resonancias y denominadores pequeños. Invariancia adiabática. Discusión cualitativa del teorema de Kolmogorov, Arnold y Moser. Introducción al caos en sistemas hamiltonianos. Ejemplos: mapeos que preservan el área, el oscilador no lineal forzado.

Bibliografía básica:

- Goldstein, H. A., Classical Mechanics, 2a edición, Addison-Wesley, 1980
- Landau, L. D. and Lifshitz, E. M., Mechanics, Pergamon Press.
- Jorge V. José y Eugene J. Saletan, Classical dynamics: a contemporary approach. Cambridge U. P., 1998
- Neil Rasband S., Dynamics. John Wiley and Sons, 1983.



Bibliografía complementaria:

- Arnold, V. I. Mathematical methods of classical mechanics, 2a edición. Springer-Verlag, 1989.
- Matzner, R. A. and Shepley, L. S. Classical mechanics, Prentice Hall, 1991.



Introducción a la electrodinámica

- **Número de créditos:** 12
 - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
 - **Horas a la semana:** 16
 - **Teoría:** 6
 - **Práctica:** 4
 - **Autoestudio:** 6
 - **Requisitos:** Ninguno.
 - **Clave:** AFB-15
 - **Asignatura:** Básica
 - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM, MSCM
-

Descripción de la asignatura: El objetivo de este curso, es dar los principios fundamentales de la electrodinámica clásica. Se revisarán de manera profunda, los conceptos básicos que se estudian en curso de electromagnetismo y electrodinámica precedentes, inclusive desde una matemática diferente, poniendo énfasis en las ideas que dieron lugar a la unificación eléctrica y magnética, su relación con fuentes materiales y su interacción con la materia. También se da una descripción de la interacción campos-materia. Se hace énfasis en la solución de problemas y en el desarrollo matemático.

Contenido:

- Las ecuaciones de Maxwell.
- Electrostática.
- El campo magnético.
- Leyes de conservación.
- Ondas electromagnéticas.
- Campos de cargas en movimiento.
- Formulación covariante.
- Las ecuaciones de Maxwell en medios materiales.
- La función dieléctrica.

Índice temático:

1. Las ecuaciones de Maxwell. El concepto de campo. Las ecuaciones de Maxwell en el vacío. Los potenciales electromagnéticos. Ecuaciones para los potenciales electromagnéticos. Conservación de la carga e invariancia de norma.
2. Electrostática. Las ecuaciones de Laplace y Poisson. Teorema de unicidad. Solución del problema electrostático con condiciones de frontera con la ayuda de la función de Green. Momentos multipolares de una distribución de cargas. Energía del campo electrostático.

3. El campo magnético. La ley de Biot-Savart. La ley de Ampere. Potencial vectorial. Momentos multipolares de una distribución de corrientes. La ley de inducción. Coeficientes de autoinducción e inducción mutua. Energía del campo magnético.
4. Leyes de conservación. El teorema de Poynting. El tensor de esfuerzos de Maxwell. El momento angular.
5. Ondas electromagnéticas. La ecuación de onda para los campos y los potenciales. Ondas planas. Polarización. Ondas no monocromáticas. Descomposición espectral. El problema de las condiciones iniciales. Propagación de pulsos.
6. Campos de cargas en movimiento. La ecuación de onda con fuentes. Función de Green de la ecuación de onda. Potenciales retardados. Radiación de sistemas simples. Radiación de antenas. Radiación de una partícula puntual en movimiento. Distribución angular y espectral de la radiación. Desarrollo multipolar del campo de radiación.
7. Formulación covariante. Transformación de fuentes, potenciales y campos. Ecuaciones de Maxwell en forma covariante. Invariantes y leyes de conservación. Formulación lagrangiana.
8. Las ecuaciones de Maxwell en medios materiales. Las ecuaciones de Maxwell microscópicas.
9. **El concepto de campo promedio.** Definición de los campos materiales y las ecuaciones constitutivas. La deducción de las ecuaciones macroscópicas. Contribuciones multipolares a los campos materiales.
10. La función dieléctrica. El concepto de tensor dieléctrico. Dispersión temporal, causalidad y propiedades analíticas de la función dieléctrica. Su relación con la susceptibilidad y la conductividad.
11. **El modelo de Drude.** La relación de Clausius-Mossotti.

Bibliografía básica:

- J. D. Jackson, Classical electrodynamics, 3rd. Edition. Wiley, 1999.
- Greiner W., Classical electrodynamics, Springer, 1991.
- David J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, Prentice-Hall, 1999.

Bibliografía complementaria:

- L. Eyges. The Classical Electromagnetic Field, Dover Publications Inc.
- L. D. Landau and E. M. Lifshitz, The classical theory of fields (Course of theoretical physics), 4th edition, Butterworth-Heinemann (1995).
- J. Vanderlinde, J., Classical electromagnetic theory (Fundamental Theories of Physics), Wiley, New York, 1993.



Mecánica cuántica

- **Número de créditos:** 12
 - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
 - **Horas a la semana:** 16
 - **Teoría:** 6
 - **Práctica:** 4
 - **Autoestudio:** 6
 - **Requisitos:** Ninguno.
 - **Clave:** AFB-16
 - **Asignatura:** Básica
 - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM, MSCM
-

Descripción de la asignatura: Un cambio revolucionario en el entendimiento de los fenómenos microscópicos tomó lugar durante los primeros 30 años del siglo XX, no tiene precedente en la historia de las ciencias naturales. La validez de la teoría clásica mostraba serias limitaciones, y es así como surge una teoría alternativa que reemplaza la física clásica en el mundo microscópico y con una rica aplicabilidad, cuyos resultados son evidentes en la vasta tecnología de materiales y de la electrónica, así como en el entendimiento de los constituyentes fundamentales de la materia, durante la segunda mitad del siglo XX. Se pretende el conocimiento, manejo y uso del razonamiento inductivo-deductivo como forma de pensamiento para poder comprender conceptos como: estado cuántico de un sistema y sus representaciones, medidas observables e incertidumbre en mecánica cuántica, evolución de un estado cuántico, momento angular y espín. Además, impacta directamente en el estudio del estado sólido, de la física estadística avanzada y del estudio de partículas elementales y altas energías.

Contenido:

- Fundamentos conceptuales.
- Dinámica cuántica.
- Teoría general del momento angular.
- Métodos de aproximación.
- Partículas idénticas.
- Teoría de dispersión.

Índice temático:

1. Fundamentos conceptuales. El experimento de Stern-Gerlach. Herramientas matemáticas: Kets, Bras y operadores. Bases y representaciones matriciales. Medidas



observables y relaciones de incertidumbre. Cambios de base. Posición, momento y traslación. Función de onda en el espacio de posiciones y de momentos.

2. Dinámica cuántica. Evolución temporal y la ecuación de Schrödinger. El marco de Schrödinger y el Marco de Heisenberg. Partícula libre y potenciales constantes a tramos. El oscilador armónico. El átomo de hidrógeno.
3. Teoría general del momento angular. Rotaciones y relaciones de conmutación del momento angular. Sistemas de espín $\frac{1}{2}$. Eigenvalores y eigenestados del momento angular. Momento angular orbital. Adición del momento angular.
4. Métodos de aproximación. Teoría de perturbaciones independientes del tiempo. Átomos hidrogenoides. Método variacional. Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo. Aplicaciones a interacciones con radiación.
5. Partículas idénticas. Simetrización. Sistema de dos electrones.
6. Teoría de dispersión. La ecuación de Lippmann-Schwinger. La aproximación de Born. Método de ondas parciales. Partículas idénticas y dispersión.

Bibliografía básica:

- Modern Quantum Mechanics (2nd Edition) (Hardcover) by J. J. Sakurai
- Quantum Mechanics (International Pure & Applied Physics Series) (Hardcover) by L. I. Schiff.

Bibliografía complementaria:

- Quantum Mechanics (2 vol. set) (Paperback) by Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu, Frank Laloe.
- Quantum Physics by Stephen Gasiorowicz.
- Introduction to Quantum Mechanics (2nd Edition) by David J. Griffiths
- Quantum Mechanics by Eugen Merzbacher.
- Introductory Quantum Mechanics (4th Edition) by Richard Liboff .



Física estadística

- **Número de créditos:** 12
 - **Semestre recomendado:** 1 ó 2
 - **Horas a la semana:** 16
 - **Teoría:** 6
 - **Práctica:** 4
 - **Autoestudio:** 6
 - **Requisitos:** Ninguno.
 - **Clave:** AFB-17
 - **Asignatura:** Básica
 - **Materia asociada a la Línea de investigación:** PCFM, MSCM
-

Descripción de la asignatura: Se desarrolla la estructura teórica de primeros principios para comprender los fenómenos físicos colectivos de muchos cuerpos y se establecen las conexiones precisas entre las leyes de termodinámica clásica, quedando esta última contenida como un resultado inherente al formalismo mecánico estadístico. Principalmente está dividida en cuatro grandes contenidos temáticos. Primero, se revisan los conceptos y teoremas más fundamentales en los que descansa toda la mecánica estadística de equilibrio: el teorema de Liouville, el teorema de Poincaré, y la hipótesis ergódica. Segundo, se construyen los diferentes ensambles estadísticos tomando como base el postulado de igual probabilidad a priori en el ensamble microcanónico y usando el método del reservorio, de energía (caso canónico), de partículas y energía (caso gran canónico). Además se introducen algunos conceptos de la teoría general de ensambles y otras vías para deducir las diferentes distribuciones de probabilidad, tales como el método de la distribución más probable, el método complejo de Darwin-Fowler y el método de la máxima entropía. Tercero, estudio de las estadísticas cuánticas, que consiste básicamente en utilizar el formalismo ya desarrollado para el análisis de sistemas con propiedades cuánticas tales como la indistinguibilidad, el espín, entre otros que dan lugar a nuevas propiedades colectivas y una nueva clasificación de la materia la cual obedece la estadística de Bose-Einstein y la de Fermi-Dirac. Finalmente, se atacan una serie de problemas clásicos y no clásicos, y así ilustrar la potencia del formalismo. Entre los problemas que se atacan son tanto gases ideales clásicos como cuánticos, también gases imperfectos, partículas diatómicas. Se revisa algunas teorías de fenómenos críticos y teoría de fluctuaciones.

Contenido:

- Introducción y revisión de la termodinámica.
- Fundamentos de la física estadística.
- Aplicaciones a sistemas simples y con interacción.
- Estadísticas cuánticas y sus propiedades.
- Sistemas cuánticos ideales.

- Transiciones de fase.
- Fluctuaciones y procesos aleatorios.

Índice temático:

1. Introducción y revisión de la termodinámica. Gas ideal. Gas de van der Waals. Conjunto de osciladores simples. Diagramas de fase. Variables termodinámicas y funciones trabajo. Termodinámica analítica. Proceso de Joule. Equilibrio termodinámico en sistemas cerrados. Sistemas abiertos y disponibilidad.
2. Fundamentos de la física estadística. Principio de equiprobabilidad. Conjunto micro canónico, canónico y gran canónico. Otros conjuntos. Funciones de partición y gran función de partición. Maximización de la función de partición. Espacio fase. Teorema de equipartición. Otros conjuntos. Fluctuaciones. Distintas estadísticas.
3. Aplicaciones a sistemas simples y con interacción. Sistemas simples: gas ideal, molécula biatómica, cristales. Sólido de Einstein y Debye. Modelo de Ising en una dimensión. Paramagnetismo. Sistemas con interacción: ferromagnetismo, fluido de van der Waals, gases densos y líquidos, gases imperfectos, desarrollo del virial, funciones de Mayer. Introducción teoría de cúmulos.
4. Estadísticas cuánticas y sus propiedades. Estadísticas cuánticas. Fermiones y bosones. Estadística de Bose-Einstein. Estadística de Fermi-Dirac. Gas cuántico ideal. Límite clásico. Matriz de densidad.
5. Sistemas cuánticos ideales. Gas de Fermi. Energía de Fermi. Límite de baja temperatura. Entropía y capacidad calorífica a bajas temperaturas. Paramagnetismo de Pauli. Diamagnetismo de Landau. Gas de Bose. Condensación Bose-Einstein. Radiación de cuerpo negro. Fonones. Ondas de espín.
6. Transiciones de fase. Transiciones de fase y teoría de campo medio. Comportamiento crítico.
7. Transiciones de fase continuas. Renormalización en una dimensión. Aplicaciones de renormalización.
8. Fluctuaciones y procesos aleatorios. Fluctuaciones en las variables termodinámicas. Distribución de probabilidad de las fluctuaciones. Fluctuaciones en puntos críticos. Ruido térmico. Movimiento Browniano. Variables aleatorias y ecuación de Langevin. Teorema fluctuación-disipación. Difusión simple. Difusión en campos externos. Problema de Kramers. Ecuaciones de difusión generalizadas.

Bibliografía básica:

- R. K. Pathria, Statistical mechanics, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1996.
- L. D. Landau, E. M. Lifshitz y L. P. Pitaevskii, Statistical physics, Pergamon Press, 1980.
- G. F. Mazenko, Equilibrium statistical mechanics, Wiley-Interscience, 2000.
- L. E. Reichl, A modern course in statistical mechanics, John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- L. P. Kadanoff, Statistical physics, World Scientific, Singapore, 2000.

Bibliografía complementaria:



- K. Huang, Statistical mechanics, John Wiley & Sons, Inc., 1987.
- D. A. MacQuarrie, Statistical mechanics, Harper and Row, 1976.
- R. Kubo, Statistical mechanics, North Holland, 1988.
- H. B. Callen, Thermodynamics and an introduction to thermostatistics, John Wiley & Sons, Inc., 1985.



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 fórmula del producto será importante.

Contenido:

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

Índice Temático:

1. **Anillos de Dedekind.** 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 Theory*, Springer-Verlag, 1990.
- Gerald J. Janusz, *Algebraic Number Fields*, American Math. Society, 1996.
- Serge Lang, *Algebraic Number Theory*, Springer-Verlag, 1990.



- 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, escases 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 protectivas 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 metobotipos 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. 2nd 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^a. 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. 4th 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. 8th ed.
- Perrins, C. 2003. Firefly encyclopedia of Birds. Firefly Books LTD.
- Pough, F. H. 2003. Herpetology. Prentice Hall. 3rd 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. 5th 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 séquense 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 5th. 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 2nd. 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 10th. Jones and Bartlett Publishers.
- **Molecular Cell Biology.** Lodish H, Berk A, Matsudaira P, Kaiser Ch., Krieger M., Zipursky L, and Darnell J. Edition 5th. 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. 2nd 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 sobrevida 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.** Evaluación 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 UF₆, 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 ϕ^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 ϕ^4 . Regularizaci3n dimensional en teorías ϕ^4 . Renormalizaci3n de teorías ϕ^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 Electro débiles.

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)XU(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)XU(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, 2nd 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. Strosio, 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 4ª 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 4ª 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-, 5th 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. Filtraje 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. Filtraje 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. El 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.