



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS  
*“Francisco García Salinas”*

# Doctorado en Ciencias Básicas

Plan de Estudios - Versión 2021



Unidad Académica  
Matemática





# 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

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



# ÍNDICE

.....	I
<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>RASGOS DESEABLES.....</b>	<b>19</b>
Misión .....	19
Visión 2025.....	19
Perfil de egreso .....	20
Perfil y requisitos académicos de ingreso.....	21
<b>ESTRUCTURA CURRICULAR.....</b>	<b>22</b>
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
<b>NORMATIVIDAD.....</b>	<b>44</b>
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
<b>EFICACIA DEL PROGRAMA .....</b>	<b>56</b>
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>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>59</b>
<b>ASIGNATURAS DE FORMACIÓN ESPECÍFICA .....</b>	<b>59</b>
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”<sup>1</sup>.

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 superior<sup>1</sup> 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%<sup>1</sup>, 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 UNESCO<sup>1</sup>, 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 desarrollados<sup>1</sup>.

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)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> 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 implementación<sup>2</sup>. 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 desarrollo<sup>3</sup>. 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

---

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

<sup>3</sup> 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<sup>4,5</sup>. 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 inmigrantes<sup>6</sup>.

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<sup>7,8</sup>. 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

---

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> 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.

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

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

<sup>8</sup> 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 innovación<sup>9</sup>.

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 Institucional<sup>10</sup> 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:

---

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

<sup>10</sup> Plan de Desarrollo Institucional 2008-2012 Universidad Autónoma de Zacatecas: [http://www.uaz.edu.mx/planeacion/Documentos/PDI\\_2008-2012.pdf](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 PNPC 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 generales<sup>11</sup>:

<sup>11</sup> 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 créditos<sup>12</sup> 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

---

<sup>12</sup> 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	<b>(4,870)h 180c</b>



## 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  $^{99m}\text{Tc}$ , 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  $^{99m}\text{Tc}$  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 Leños 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 PNPC, 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 PNPC.

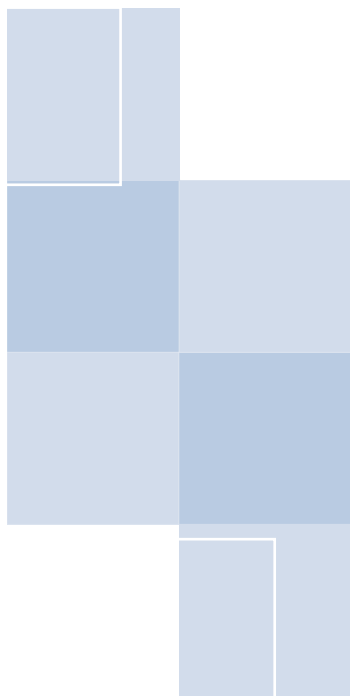
1. Comité Académico Doctoral de Orientación. La presencia del CADO garantiza que el estudiante tenga el perfil deseado y que el trabajo final cumpla con los lineamientos del perfil de egreso.
2. Comité Tutorial. Este comité garantiza la calidad del trabajo realizado por el estudiante.
3. La inclusión 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 primer proteína a mediados de los cincuentas y desarrolló el método para secuenciar DNA a mediados de los setentas, 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 (Ca<sup>2+</sup>) 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  $\text{Ca}^{2+}$ , 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). Springer. 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, 3<sup>rd</sup> edition. Sinauer, Sunderland, Mass.

- Kardong, K. V. 2003. Vertebrados 4<sup>th</sup> 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 8<sup>th</sup> 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 3<sup>rd</sup> 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 7<sup>th</sup> ed. Benjamin/Cummings Publishing Company, Menlo Park, CA. or 2002 6<sup>th</sup> 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. 3<sup>rd</sup> 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 3<sup>rd</sup>Edition,McGraw-Hill Co.
- Odum, E. P. 1971. Fundamentals of Ecology 3<sup>rd</sup>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. 2<sup>nd</sup> 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. 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.
- 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. 2<sup>nd</sup> 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.
- Electroestática.
- 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. Electroestática. 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. Pahlia, 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.