



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TOMO II

Programas de las Actividades Académicas del Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Proyecto de Modificación del Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra

Implica:

- Modificación de los planes de estudio de Maestría y Doctorado
- Incorporación del Instituto de Ingeniería como entidad académica participante del Programa
- Adecuación al Reglamento General de Estudios de Posgrado (RGEP) y a los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado (LGFP) vigentes

Campos de conocimiento que comprende:

- I. Geofísica, geología y tectónica de la tierra sólida
- II. Recursos energéticos y minerales
- III. Procesos de la superficie terrestre (zona crítica)
- IV. Ciencias atmosféricas
- V. Ciencias espaciales y planetarias
- VI. Geociencia computacional (adición)

Áreas de profundización que abarca:

I. Geofísica, Geología y Tectónica de la Tierra Sólida

- Sismología
- Vulcanología
- Petrología ígnea y metamórfica
- Geología sedimentaria y estratigrafía
- Paleontología
- Deformación de la litósfera
- Geomagnetismo y paleomagnetismo
- Exploración geofísica de la Tierra sólida y de la corteza oceánica
- Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos

II. Recursos energéticos y minerales

- Yacimientos minerales
- Yacimientos petroleros
- Yacimientos geotérmicos
- Exploración geofísica aplicada a la caracterización y evaluación de yacimientos
- Reología de materiales geológicos
- Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos

III. Procesos de la superficie terrestre (zona crítica)

- Hidrogeología
- Ciencias del suelo

- Geomorfología
- Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología
- Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera
- Hidrometeorología y aprovechamiento y balance energético
- Exploración geofísica de la superficie terrestre
- Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación)

IV. Ciencias Atmosféricas

- Meteorología y oceanografía física
- Cambio climático y climatología física
- Fisicoquímica y composición atmosférica
- Física de nubes y aerosol atmosférico
- Calidad del aire y salud

V. Ciencias Espaciales y Planetarias

- Ciencias espaciales
- Ciencias planetarias
- Peligros y riesgos del espacio exterior

VI. Geociencia computacional

- Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra
- Geomática y percepción remota
- Procesamiento y análisis de datos

Planes de estudio que contiene el Programa:

- Maestría en Ciencias de la Tierra
- Doctorado en Ciencias de la Tierra

Grados que se otorgan:

- Maestra o Maestro en Ciencias de la Tierra
- Doctora o Doctor en Ciencias de la Tierra

Sistema escolarizado. Modalidad de enseñanza:

- Presencial

Entidad(es) académica(s) participante(s):

- Facultad de Ciencias
- Facultad de Ingeniería
- ENES Morelia
- Instituto de Geofísica
- Instituto de Geografía
- Instituto de Geología
- Instituto de Ingeniería (incorporación)
- Instituto de Ciencias de la Atmósfera y de Cambio Climático
- Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas
- Centro de Geociencias

Fechas de aprobación u opiniones:

- Fecha de aprobación del Comité Académico del Programa: **6 de junio de 2022.**
- Fecha de la opinión favorable de los Consejo Académicos del Área correspondientes:
- Fecha de aprobación del Consejo Académico de Posgrado:

Contenido

Maestría en Ciencias de la Tierra	9
Actividades académicas obligatorias	10
Seminario de Investigación I.....	10
Seminario de Investigación II.....	12
Seminario de Investigación III	14
Seminario de Investigación IV	16
Actividades académicas obligatorias de elección	18
Herramientas analíticas de las Geociencias	19
Herramientas computacionales de las geociencias	21
Herramientas estadísticas de las Geociencias	24
Herramientas geofísicas de las Geociencias	26
Taller de escritura de artículos científicos	28
Organización y manejo del tiempo	32
Actividades Académicas Optativas	35
Aerosol atmosférico.....	36
Ambientes y procesos sedimentarios.....	40
Análisis de cuencas sedimentarias.....	43
Análisis de Datos Atmosféricos	46
Análisis de suelos y aguas.....	49
Anillos planetarios y sistemas anulares	53
Aplicación de los microfósiles en la interpretación de paleoambientes.....	56
Arqueomagnetismo	60
Astrobiología	64
Bioestratigrafía	70
Biogeoquímica de isótopos estables de C, H, O, N.....	73
Biogeoquímica orgánica molecular.....	77
Biología de Suelos	80
Cambio climático global.....	83
Cambio climático global: fundamentos	86
Clima Espacial	90

Curso de campo de Geoarqueología	93
Curso de Campo de Monitoreo Ambiental.....	96
Curso de Campo de Suelos y Geomorfología	99
Curso de Geología de Campo.....	102
Degradación y Contaminación de Suelos.....	105
Dinámica de fluidos geofísicos.....	109
Dinámica de la Atmósfera	112
Dinámica del océano.....	115
Ecuaciones Diferenciales Parciales Aplicadas a Ciencias de la Tierra	119
Elastodinámica.....	122
Electrodinámica Espacial	126
Estadística multivariada.....	130
Estratigrafía	133
Estratigrafía de secuencias.....	137
Evaluación de impactos del cambio climático en sistemas naturales y humanos	140
Evaluación de riesgo por contaminantes atmosféricos	143
Exploración geotérmica	146
Física del Clima	150
Física del Interior de la Tierra.....	153
Física del Medio Interplanetario	156
Física de nubes y precipitación.....	160
Física de plasmas.....	163
Física de rayos cósmicos	167
Física de Rocas	170
Física de suelos	174
Física ionosférica.....	178
Física magnetosférica.....	182
Física Solar.....	185
Fisicoquímica de la atmósfera.....	188
Fundamentos de cómputo de alto rendimiento	192
Fundamentos de Geomagnetismo	195
Genotoxicología ambiental.....	198
Geobiología	203

Geocronología y microanálisis	206
Geodinámica	209
Geoestadística	213
Geofísica marina.....	216
Geología ambiental	219
Geología de la Geotermia	222
Geología del Basamento Cristalino	226
Geología estructural.....	229
Geología Planetaria.....	232
Geología Regional de México	234
Geomorfología	237
Geomorfología fluvial	242
Geomorfología y Neotectónica	245
Geoquímica	248
Geoquímica de fluidos	253
Geoquímica de isótopos estables.....	257
Geoquímica isotópica	260
Geoquímica paleoambiental	263
Geotectónica y Yacimientos Minerales.....	267
Gestión de aguas subterráneas	270
Gestión Integral del Riesgo.....	274
Hidrodinámica subterránea.....	277
Hidrogeología	281
Hidrogeología de campo	287
Hidrología Isotópica.....	290
Hidrogeoquímica.....	294
Inclusiones fluidas	298
Interacción Aerosol-Nubes.....	302
Interacción Océano-Atmósfera.....	305
Interferometría de ruido sísmico	308
Interpretación de registros geofísicos de pozo	311
Introducción a la Dendrocronología.....	314
Introducción a la Programación Científica	319

Introducción al modelado de yacimientos geotérmicos.....	324
Karstología.....	327
Magnetismo ambiental.....	331
Magnetohidrodinámica	334
Matemáticas de la física.....	338
Materia orgánica del suelo y sus funciones en el medio ambiente	342
Mecánica del medio continuo	346
Mecánica de Sólidos.....	349
Metalogenia de México.....	354
Meteorítica	359
Meteorología general	362
Meteorología Tropical	366
Métodos aplicados al estudio de la dinámica de la superficie terrestre.....	370
Métodos de Datación para el Cuaternario.....	374
Métodos de Descomposición de Dominio para Ecuaciones Diferenciales Parciales	377
Métodos electromagnéticos	380
Métodos geofísicos de exploración	383
Métodos Instrumentales de Análisis Geoquímico	386
Métodos numéricos.....	389
Microbiología Ambiental y Biorremediación	392
Microbiología de la atmósfera	397
Micromorfología y Mineralogía de Suelos	401
Mineralogía.....	404
Modelación de aguas subterráneas	408
Modelación geoquímica de fluidos hidrotermales	411
Modelación matemática y computacional de sistemas terrestres I	414
Modelación matemática y computacional de sistemas terrestres II	418
Modelación Numérica de la Atmósfera	421
Observación, procesamiento e interpretación sismológica.....	425
Oceanografía física	428
Paleobotánica	432
Paleomagnetismo y magnetismo de rocas.....	435
Paleontología de invertebrados.....	438

Paleontología de vertebrados.....	441
Paleopalinología	444
Paleopedología y geoarqueología	448
Pedología.....	451
Peligros y riesgos por impactos con cuerpos cercanos a la Tierra	454
Percepción remota aplicada a LiDAR y Drones	458
Percepción Remota de la atmósfera terrestre	463
Percepción remota y procesamiento de imágenes	466
Petrología de rocas carbonatadas.....	470
Petrología de rocas clásticas.....	474
Petrología metamórfica.....	478
Petrología de rocas ígneas	482
Problemas inversos aplicados a la percepción remota de la atmósfera.....	485
Procesamiento de datos geofísicos.....	488
Procesamiento de señales digitales	491
Procesamiento de datos y análisis estadístico	495
Química ambiental de suelos	499
Química analítica ambiental y diseño experimental.....	503
Química de la atmósfera	506
Química de residuos peligrosos: fundamentos y manejo	510
Química de Superficies de Nanopartículas y Coloides Ambientales	516
Química prebiótica y evolución química	520
Radiación atmosférica	524
Reflexión sísmica.....	527
Relaciones Sol-Tierra	530
Reología.....	533
Riesgos volcánicos.....	537
Rocas Piroclásticas.....	540
Seminario de Astrobiología.....	543
Sismología.....	547
Sismología ambiental (Procesos geológicos superficiales=PGS).....	551
Sismología avanzada.....	554
Sismología estadística.....	557

Sistema Petrolero	560
Sistemas de información geográfica	564
Sistemas planetarios.....	568
Suelos y Geomorfología	573
Taller Transdisciplinario en Gestión Sustentable de Aguas Subterráneas	576
Técnicas de muestreo y análisis de gases contaminantes.....	580
atmosféricos	580
Tectónica de Placas.....	584
Temas Selectos de Ciencias de la Tierra	588
Teoría de inversión geofísica.....	590
Termocronología de baja temperatura	593
Termodinámica aplicada a procesos geológicos.....	596
Termodinámica de la atmósfera.....	600
Termodinámica Planetaria	604
Visión por computador para las geociencias: métodos clásicos y aprendizaje profundo	607
Vulcanología.....	610
Vulcanología de Campo	613
Yacimientos minerales.....	616

Maestría en Ciencias de la Tierra

Actividades académicas obligatorias

		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			
Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra					
Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial Programa de estudios de la actividad académica					
Seminario de Investigación I					
Clave	Semestre 1º	Créditos 4	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento		
Modalidad	Seminario		Tipo	Teórico-práctica	
Carácter	Obligatorio		Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre	
			Teóricas:1	Teóricas: 16	
			Prácticas:1	Prácticas: 16	
			Total: 2	Total: 32	
Seriación					
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)		
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria (x)	Indicativa ()	Ninguna ()		
	Seminario de Investigación II				
Objetivo general:					
Integrar un proyecto de investigación, con todos los elementos que lo componen, en el cual justifique lo que se propone realizar durante sus estudios de maestría.					
Objetivos particulares:					
<ul style="list-style-type: none"> - Analizar la literatura existente utilizando herramientas de búsqueda de información académicas, - sintetizar el estado del arte en el tema e - identificar los aspectos que aún no se conocen lo suficiente o que son controversiales. - formular hipótesis que se pondrán a prueba en la investigación. 					

Contenido Temático

Unidad	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
	El contenido temático lo desarrollará el alumno/la alumna conjuntamente con su tutor/tutora.	16	16
Suma total de horas:		32	
Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje:	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Evaluación del anteproyecto escrito y de su exposición oral frente al comité tutor.	(x)

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en algún área en Ciencias de la Tierra, y cumplir con los requisitos para ser tutor o tutora del Programa conforme a la normatividad vigente.

Bibliografía básica

Variará en función del proyecto de investigación.

Bibliografía complementaria

La pertinente según el tema del proyecto de investigación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Seminario de Investigación II

Clave	Semestre 2°	Créditos 4	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento	
Modalidad	Seminario		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Obligatorio		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas:1	Teóricas: 16
			Prácticas:1	Prácticas: 16
			Total: 2	Total: 32

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria (x)	Indicativa ()	Ninguna ()
	Seminario de investigación I		
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria (x)	Indicativa ()	Ninguna ()
	Seminario de investigación III		

Objetivo general:

Elaborar una estrategia metodológica para el proyecto de investigación.

Objetivos particulares:

- Establecer la estrategia metodológica a seguir para lograr los objetivos de la investigación
- Evaluar ventajas y desventajas de los métodos pertinentes para abordar la investigación, a fin de seleccionar los más adecuados.
- Diseñar el muestreo, el experimento, el diagrama de flujo que se seguirá durante la investigación.
- Integrar la estrategia metodológica al anteproyecto.

Contenido Temático			
Unidad	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
	El contenido temático lo desarrollará el alumno/la alumna conjuntamente con su tutor/tutora.	16	16
Suma total de horas:		32	
Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje:	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Evaluación del anteproyecto y la estrategia metodológica y de su exposición oral frente al comité tutor.	(x)

Perfil profesiográfico docente
Doctorado en algún área en Ciencias de la Tierra, y cumplir con los requisitos para ser tutor o tutora del Programa conforme a la normatividad vigente.

Bibliografía básica
Variará en función del proyecto de investigación.
Bibliografía complementaria
La pertinente según el tema del proyecto de investigación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Seminario de Investigación III

Clave	Semestre 3°	Créditos 10	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento	
Modalidad	Seminario		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Obligatorio		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2.5	Teóricas: 40
			Prácticas: 2.5	Prácticas: 40
			Total: 5	Total: 80

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria (x)	Indicativa ()	Ninguna ()
Seminario de investigación II			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria (x)	Indicativa ()	Ninguna ()
Seminario de investigación IV			

Objetivo general:
Desarrollar el proyecto de investigación.

- Objetivos particulares:**
- Desarrollar el trabajo de investigación planteado en el anteproyecto.
 - Analizar y evaluar la información.
 - Contrastar la información generada con lo reportado en la literatura.

Contenido Temático

Unidad	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
	El contenido temático lo desarrollará el alumno/la alumna conjuntamente con su tutor/tutora.	40	40

Suma total de horas:		80	
Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje:	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Evaluación del anteproyecto y la estrategia metodológica y de su exposición oral frente al comité tutor.	
		(x)	

Perfil profesiográfico docente
Doctorado en algún área en Ciencias de la Tierra, y cumplir con los requisitos para ser tutor o tutora del Programa conforme a la Normatividad Universitaria vigente.

Bibliografía básica
Variará en función del proyecto de investigación.
Bibliografía complementaria
La pertinente según el tema del proyecto de investigación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Seminario de Investigación IV

Clave	Semestre 4°	Créditos Sin valor en créditos	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento	
Modalidad	Seminario		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Obligatorio		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas:1	Teóricas: 16
			Prácticas:1	Prácticas: 16
			Total: 2	Total: 32

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria (x)	Indicativa ()	Ninguna ()
	Seminario de investigación III		
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:
Redactar un reporte de investigación.

Objetivos particulares:

- Integrar un documento que contenga el planteamiento del problema a investigar, la justificación, los objetivos e hipótesis (según sea el caso), los métodos aplicados, los resultados obtenidos, su evaluación y discusión y las conclusiones.

Contenido Temático

Unidad	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
	El contenido temático lo desarrollará el alumno/la alumna conjuntamente con su tutor/tutora.	16	16

Suma total de horas:		32	
Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje:	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Evaluación del documento de la investigación y de su exposición oral frente al comité tutor.	
		(x)	

Perfil profesiográfico docente
Doctorado en algún área en Ciencias de la Tierra, y cumplir con los requisitos para ser tutor o tutora del Programa conforme a la normatividad vigente.
Bibliografía básica
Variará en función del proyecto de investigación.
Bibliografía complementaria
La pertinente según el tema del proyecto de investigación.

Actividades académicas obligatorias de elección



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Herramientas analíticas de las Geociencias

Clave	Semestre 3	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento y áreas de profundización	
Modalidad	Laboratorio		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Obligatorio de elección		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)

Objetivo general:

Aprender a manejar instrumentos de alta especialidad para la caracterización química, mineralógica y física de muestras geológicas y ambientales.

Objetivos particulares:

- Conocer los fundamentos de operación del instrumento.
- Aprender los procedimientos para la preparación de la muestra.
- Aprender a calibrar el instrumento de medición, a realizar mediciones y a solucionar problemas relacionados con la operación del instrumento.
- Elaborar un reporte de resultados
- Realizar interpretación de los resultados analíticos.

Contenido Temático			
Unidad	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
	<p>El contenido temático lo desarrollará la persona encargada de la operación del instrumento analítico de alta especialización (espectrómetros, cromatógrafos, microscopios electrónicos, etc.) que el alumno/la alumna utilizará para caracterizar las muestras requeridas para su proyecto de investigación.</p> <p>La actividad académica deberá considerar tanto aspectos teóricos sobre los fundamentos físicos y químicos del método y estrategias de aseguramiento de calidad, como actividades prácticas de preparación de las muestras, calibración del instrumento, realización de las mediciones, reporte de resultados y su interpretación.</p> <p>Previo al inicio de cada semestre, los alumnos y alumnas interesadas en aplicar una herramienta analítica deberán contactar al técnico(a) académico responsable para elaborar el temario, el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Tutor.</p>	32	32
Suma total de horas:		64	
Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje:	
Exposición oral	(X)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(X)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(X)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(X)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
0Otras (especificar)	()	Reporte final de datos y su interpretación	(x)

Perfil profesiográfico docente
Maestría o doctorado en alguna disciplina de las Ciencias de la Tierra, o Ciencias afines. Experiencia mínima de 3 años en la técnica analítica correspondiente.

Bibliografía básica
A definir por la persona técnica encargada de la operación del instrumento analítico de alta especialización.
Bibliografía complementaria
A definir por la persona técnica encargada de la operación del instrumento analítico de alta especialización.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Herramientas computacionales de las geociencias

Clave	Semestre 3	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización <i>Todos los Campos de conocimiento Recomendada para el área de profundización: Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra</i>	
Modalidad	Taller		Tipo	<i>Teórico-práctica</i>
Carácter	Obligatorio de elección		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas:2	Teóricas: 32
			Prácticas:2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

Conocer, elaborar y emplear herramientas computacionales para el procesamiento de datos de las diversas áreas de las geociencias.

Objetivos particulares:

- Conocer lenguajes de programación.
- Elaborar bases de datos
- Programar algoritmos

Contenido Temático			
Unidad	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
	El contenido temático lo desarrollará la persona que asesorará al alumno/la alumna en el aprendizaje de la herramienta computacional. Previo al inicio de cada semestre, los alumnos y alumnas interesadas en aplicar una herramienta computacional deberán contactar a la persona responsable para elaborar el temario el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Tutor.	32	32
Suma total de horas:		64	
Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje:	
Exposición oral	(X)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(X)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(X)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(X)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Reporte final de datos y su interpretación	(x)

Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje:	
Exposición oral	(X)	Rúbricas	(X)
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(X)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(X)	Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(X)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	(X)
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()		

Perfil profesiográfico docente
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.

Bibliografía básica

A definir por la persona técnica encargada del de la operación del instrumento analítico de alta especialización.

Bibliografía complementaria

A definir por la persona técnica encargada de la operación del instrumento analítico de alta especialización.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Herramientas estadísticas de las Geociencias

Clave	Semestre 3	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización <i>Todos los Campos de conocimiento</i>	
Modalidad	Taller		Tipo	<i>Teórico-práctica</i>
Carácter	Obligatorio de elección		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas:2	Teóricas: 32
			Prácticas:2	Prácticas:32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

Aprender a realizar análisis estadísticos de datos generados dentro del marco de un proyecto de investigación específico.

Objetivos particulares:

- Repasar los conceptos estadísticos teóricos del análisis a realizar
- Conocer el manejo del software que se utilizará.
- Correr los modelos estadísticos.
- Graficar e interpretar los resultados
- Elaborar un reporte de resultados

Contenido Temático

Unidad	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
	<p>El contenido temático lo desarrollará el profesor/la profesora en conjunto con el alumno/la alumna en función del problema estadístico específico a resolver dentro del marco del proyecto de investigación.</p> <p>La actividad académica deberá considerar tanto aspectos teóricos sobre los fundamentos del método estadístico a aplicar, como el manejo del software, la realización de los análisis, la generación de gráficas y elaboración de reportes de resultados.</p> <p>Previo al inicio de cada semestre, los alumnos y alumnas interesadas en aplicar una herramienta estadística deberán contactar al profesor/la profesora para elaborar el temario el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Tutor.</p>	32	32
Suma total de horas:		64	
Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje:	
Exposición oral	(X)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(X)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(X)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(X)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	(X)
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Reporte final de datos y su interpretación	(x)

Perfil profesiográfico docente
Maestría o doctorado en alguna disciplina de las Ciencias de la Tierra, o en Física, o en Química. Experiencia mínima de 3 años en la técnica estadística en cuestión.

Bibliografía básica
A definir por la persona encargada del adiestramiento
Bibliografía complementaria
A definir por la persona técnica encargada del entrenamiento.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Herramientas geofísicas de las Geociencias

Clave	Semestre 3	Créditos 4	Campo de conocimiento y área de profundización Todas los Campos de conocimiento	
Modalidad	Taller		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Obligatorio de elección		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

Aprender a manejar técnicas geofísicas para la caracterización de la superficie terrestre, los yacimientos minerales, geotérmicos o de hidrocarburos o bien para caracterizar la Tierra Sólida o el fondo marino.

Objetivos particulares:

- Conocer los fundamentos de operación del instrumento específico a utilizar.
- Elaborar un reporte de resultados
- Realizar interpretación de los resultados.

Contenido Temático

Unidad	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas

	<p>El contenido temático lo desarrollará la persona encargada de la operación de la técnica geofísica que el alumno/la alumna utilizará para su proyecto de investigación.</p> <p>La actividad académica deberá considerar tanto aspectos teóricos sobre los fundamentos geofísicos del método, la realización de las mediciones, y la preparación del reporte de resultados y su interpretación.</p> <p>Previo al inicio de cada semestre, los alumnos y alumnas interesadas en aplicar una herramienta geofísica deberán contactar a la persona responsable para elaborar el temario el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Tutor.</p>	32	32
Suma total de horas:		64	
<p>Estrategias didácticas:</p> <p>Exposición oral (X)</p> <p>Exposición audiovisual ()</p> <p>Ejercicios dentro de clase (X)</p> <p>Ejercicios fuera del aula (X)</p> <p>Estudios de caso ()</p> <p>Aprendizaje basado en problemas ()</p> <p>Lecturas obligatorias ()</p> <p>Trabajo de Investigación (x)</p> <p>Prácticas de taller o laboratorio ()</p> <p>Prácticas de campo ()</p> <p>Aprendizaje colaborativo ()</p> <p>Otras (especificar) ()</p>	<p>Evaluación del aprendizaje:</p> <p>Rúbricas ()</p> <p>Exámenes Parciales ()</p> <p>Examen final escrito ()</p> <p>Trabajos y tareas fuera del aula ()</p> <p>Exposición de seminarios por los alumnos ()</p> <p>Participación en clase (X)</p> <p>Seminario ()</p> <p>Participación en foros ()</p> <p>Portafolios electrónicos ()</p> <p>Ensayos ()</p> <p>Control de lecturas ()</p> <p>Reporte final de datos y su interpretación (x)</p>		

Perfil profesiográfico docente
Maestría o doctorado en alguna disciplina de las Ciencias de la Tierra, o Ciencias afines.
Experiencia mínima de 3 años en la técnica geofísica.

Bibliografía básica
A definir por la persona capacitada en aplicar la herramienta geofísica.
Bibliografía complementaria
A definir por la persona capacitada en aplicar la herramienta geofísica.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Taller de escritura de artículos científicos

Clave	Semestre 3	Créditos 4	Campo de conocimiento y área de profundización <i>Todos los campos de conocimiento y áreas de profundización.</i>	
Modalidad	Taller	Tipo	Teórico-práctica	
Carácter	Obligatorio de elección	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)

Objetivo general:

Aprender las habilidades básicas para escribir un artículo científico sustentándose en diversas estrategias y técnicas.

Objetivos particulares:

- Leer de forma eficiente artículos científicos.
- Conocer con detalle los diferentes apartados que integran un artículo científico y algunas generalidades de cómo escribir cada uno de ellos.
- Aprender algunas estrategias para escribir un artículo científico.
- Que el alumno/a identifique aquella o aquellas estrategias, para escribir un artículo científico, que mejor se adapten a su personalidad y sus necesidades específicas.
- Que el alumno/a adquiera algunos conocimientos esenciales referentes a cuestiones éticas relacionadas con la escritura y su posterior publicación de artículos científicos.
- Que el alumno/a conozca el proceso de revisión por pares.

Contenido Temático

Unidad	Temas y subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción del curso	4	0
2	Escribir artículos científicos	12	32

3	Publicar los resultados de las tesis	4	0
4	Ética	4	0
5	Elección de revista y proceso de revisión por pares	8	0
	Evaluación	0	0
		32	32
Suma total de horas:		64	

Contenido Temático

1	Introducción del curso
1.1	Presentación de los profesores
1.2	Presentación de la estructura del curso y su evaluación
1.3	Como leer un artículo científico
2	Escribir artículos científicos
2.1	Consideraciones generales
2.2	Preliminares
2.3	Título, resumen, introducción, antecedentes
2.4	Material y métodos, resultados, discusión
2.5	Apéndices-Anexos
2.6	Estrategias: primero las figuras, haz un guion, diseccionar trabajos, etc.
2.7	Referencias
2.8	Glosarios de términos para enfrentarse a la escritura en inglés
2.9	Orden de escritura, escribir y reescribir, desarrolla tu propio estilo
3	Publicar los resultados de las tesis
3.1	Consideraciones para publicar los resultados de las tesis de licenciatura y/o maestría
4	Ética
4.1	La importancia de publicar los resultados
4.2	Plagio y otros comportamientos poco éticos
4.3	Unidad mínima publicable (=Salami slicing)
4.4	Revistas depredadoras
5	Elección de revista y proceso de revisión por pares
5.1	Elección de revista
5.2	Envío del manuscrito
5.3	Ciego y doble ciego
5.4	Cuestiones éticas en la revisión por pares
5.5	Preparación y envío del artículo
5.6	Respuesta a editores
	Evaluación
	Generar un guion de un artículo científico, establecer una o varias estrategias y ponerse a escribir un artículo científico empleando lo aprendido en la unidad 2. Esta actividad se realizará desde la conclusión de la unidad 2 hasta el final de la unidad 5, aclarando las dudas surgidas en las clases.

Sugerencias didácticas:	Mecanismos de evaluación de aprendizaje:
Exposición oral (x)	Exámenes Parciales ()
Exposición audiovisual ()	Examen final escrito ()
Ejercicios dentro de clase ()	Trabajos y tareas fuera del aula (X)
Ejercicios fuera del aula (X)	Exposición de seminarios por los alumnos ()
Seminarios ()	Participación en clase (X)
Lecturas obligatorias ()	Seminario ()
Trabajo de Investigación ()	Otras: Tareas, seminarios, reportes de prácticas ()
Prácticas de taller o laboratorio (x)	
Prácticas de campo ()	

Perfil profesiográfico docente
<ul style="list-style-type: none"> • Maestría o doctorado en áreas afines a los campos de conocimiento o áreas de profundización. • Publicaciones periódicas en revistas indizadas • Experiencia en impartición de talleres sobre escritura de artículos o experiencia como editor(a) de revistas científicas.

Bibliografía básica
<p>Cevallos, U. G.E. 2015. Manual de redacción científica. El artículo científico, Enciclopedia virtual, 119 pp.</p> <p>Contreras, A. M. y Ochoa, J. R. J. 2010. Manual de redacción científica. Escribir artículos es fácil, después de ser difícil: Una guía práctica, Ediciones de la noche, 226 pp.</p> <p>Gustavii, B. 2008. How to write and illustrate a scientific paper. 2^o Edition, Cambridge University Press, U. K. 168 pp.</p> <p>López, C. R. 2012. ¿Cómo hacer una comunicación, ponencia o paper y no morir en el intento? Sociedad de Entomusicología. Colección Instrumentos para la Investigación, 93 pp.</p> <p>Mack, C. A. 2018. How to write a good scientific paper. SPIE, USA. 108 pp.</p> <p>Parija, S. C. y Kate, v. 2017. Writing and publishing a scientific research paper. Springer, Singapore 195 pp.</p> <p>Ray, R. A. 2005. ¿Cómo escribir y publicar trabajos científicos? Publicación Científica y Técnica 598. Organización Panamericana de la Salud,</p>

Bibliografía complementaria
<p>Cevallos, U. G.E., Vernaza, A. G. D., Díaz, B. K., Intriago, M. H. A., Rey, S. C. F. y Martínez, R. A. O. 2016. Producción de textos académicos. El artículo científico, ITSJME-UTELVT-UNIANDES, 160 pp.</p> <p>De Tomasi, J. B. y Varela-Carlos, M. E. 2015. Diez simples consejos para escribir un artículo científico. Revista Salud Quintana Roo, 8:26-27.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2013. Effective writing and publishing scientific papers—part I: how to get started. Journal of Clinical Epidemiology 66: 397.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2013. Effective writing and publishing scientific papers, part II: title and abstract. Journal of Clinical Epidemiology 66: 585.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2013. Effective writing and publishing scientific papers, part III: introduction. Journal of Clinical Epidemiology 66:702.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2013. Effective writing and publishing scientific papers, part IV: methods. Journal of Clinical Epidemiology 66:817.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2013. Effective writing and publishing scientific papers, part V: results. Journal of Clinical Epidemiology 66: 945.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2013. Effective writing and publishing scientific papers, part VI: discussion. Journal of Clinical Epidemiology 66:1064.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2013. Effective writing and publishing scientific papers, part VII: tables and figures. Journal of Clinical Epidemiology 66:1197.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2013. Effective writing and publishing scientific papers, part VIII: references. Journal of Clinical Epidemiology 66:1198.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2013. Effective writing and publishing scientific papers, part IX: authorship. Journal of Clinical Epidemiology 66: 1319</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2014. Effective writing and publishing scientific papers, part X: choice of journal. Journal of Clinical Epidemiology 67:3.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2014. Effective writing and publishing scientific papers, part XI: submitting a paper. Journal of Clinical Epidemiology, 67:123.</p> <p>Kotz, D. y Cals, J. W. L. 2014. Effective writing and publishing scientific papers, part XII: responding to reviewers. Journal of Clinical Epidemiology, 67:243.</p> <p>Matarese, V. 2013. 5 - Using strategic, critical reading of research papers to teach scientific writing: the reading–research–writing continuum. In: Supporting Research Writing Roles and Challenges in Multilingual Settings. Matarese V. (Ed.). Chandos Publishing, 73-89.</p>

Moser L.B. y Hirschmann M.T. 2019. How to Write a Scientific Article. In: Musahl V., Karlsson, J., Hirschmann, M. T., Ayeni, O. L., Marx, R. G., Koh, J. I. y Nakamura, N. (eds) Basic Methods Handbook for Clinical Orthopaedic Research. Springer, Berlin, Heidelberg, 561-578.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Organización y manejo del tiempo

Clave	Semestre 3	Créditos 4	Campo de conocimiento y área de profundización <i>Todos los Campos de conocimiento y áreas de profundización.</i>	
Modalidad	Taller		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Obligatorio de elección		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)

Objetivo general:

Aprender diferentes metodologías y habilidades para la organización del tiempo. Trabajar de forma eficiente, inteligente, concentrada y evitar la procrastinación.

Objetivos particulares:

- Que el alumno/a pruebe todas las metodologías que se presentan en la actividad académica.
- Que el alumno/a identifique aquella o aquellas metodologías, que permiten un eficiente manejo del tiempo, que mejor se adapten a su personalidad y sus necesidades específicas.
- Que el alumno/a aprenda a establecer sus prioridades (tareas más importantes) y proceda en consecuencia finalizando siempre primero lo más importante.
- Que el alumno/a, mediante las metodologías y técnicas aprendidas, logre concentrarse de forma profunda durante el mayor lapso posible de tiempo.
- Que el alumno/a logre trabajar sin problemas evitando en todo momento la procrastinación, especialmente evitar la procrastinación de las tareas más importantes.

Contenido Temático

Unidad	Temas y subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción del curso	6	0
2	Organización del tiempo	8	32
3	Concentración	6	0

4	Procrastinación	6	0
5	Ciclos de productividad	4	0
6	La cultura japonesa: el orden y la organización	2	0
		32	32
Suma total de horas:		64	

Contenido Temático

1	Introducción del curso
1.1	Presentación de los profesores, exposición de la razón de la existencia de esta actividad académica y presentación de la estructura del curso y su evaluación
1.2	Transicionando entre alumno/a y trabajador
1.3	El concepto de puntualidad Japonés
1.4	Algunas consideraciones sobre acabar la tesis en tiempo y forma
2	Organización del tiempo
2.1	Método GTD, regla de los 2 minutos, método ABCDE, Método Eisenhower
2.2	Ciclos de productividad, técnica Pomodoro
2.3	Principio de Pareto o Regla 80/20, Tráguese ese sapo
2.4	Algunos ejercicios, sugerencias de libros para leer y videos para ver
3	Concentración
3.1	Manejo de distractores: celular, redes sociales, correo electrónico y utilización del método Pomodoro
3.2	Uso de la música para concentrarnos
3.3	Deep work
3.4	Hacer deporte y la importancia del descanso (El ritmo circadiano)
4	Procrastinación
4.1	Dividir los proyectos en tareas pequeñas, ciclos de productividad, regla de los 2 minutos
4.2	Alinear nuestros pensamientos con nuestros deseos y acciones
4.3	Autocontrol de uno mismo
4.4	Método Kaizen
5	Ciclos de productividad
5.1	Ritmos circadianos, niveles de energía y ciclos de productividad.
5.2	Análisis del trabajo nocturno, alteraciones del ritmo circadiano, el jet lag.
6	La cultura japonesa: el orden y la organización
6.1	Karlos Kasuga Osaka (Mexicano-japonés)
6.2	Yokoi Kenji (Colombiano-japonés)
6.3	Método 5S
	Evaluación del curso
Práctica	Método GTD dividir un proyecto en acciones, método ABCDE, plan de trabajo diario, semanal y agenda, método Eisenhower, tráguese ese Sapo y ciclos de productividad

Sugerencias didácticas:		Mecanismos de evaluación de aprendizaje:	
Exposición oral	()	Exámenes Parciales	()
Exposición audiovisual	()	Examen final escrito	()
Ejercicios dentro de clase	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Ejercicios fuera del aula	(X)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Seminarios	()	Participación en clase	(X)

Lecturas obligatorias	(X)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Otras: Tareas, seminarios, reportes de prácticas	()
Prácticas de taller o laboratorio	()		
Prácticas de campo	()		

Perfil profesiográfico docente
<ul style="list-style-type: none"> • Maestría o doctorado en áreas afines a los campos de conocimiento o áreas de profundización. • Experiencia en impartición de talleres sobre Manejo del tiempo

Bibliografía básica
Allen, D., 2015. Organízate con eficacia, Empresa activa, Barcelona, 343 pp. (en inglés GTD o Getting Things Done)
Allen, D., Hall, B., 2021. Organízate con eficacia, Cuaderno de trabajo 10 acciones para aumentar la productividad sin estrés. Empresa activa, México, 205 pp.
Covey, S.R., 2014. Los 7 hábitos de la gente altamente efectiva (Edición conmemorativa 25 aniversario), Paidós, Barcelona, 425 pp.
Covey, S.R., Merrill, A.R., Merrill, R.R., 2020. Primero lo primero. Paidós, México, 440 pp.
Tracy, B., 2003. ¡Tráguese ese sapo!: 21 estrategias para tomar decisiones rápidas y mejorar la eficacia profesional, Empresa activa, Barcelona, 123 pp. OBLIGATORIA
Bibliografía complementaria
Covey, S.R. 2019. El 8° hábito. Paidós, Ciudad de México, 470 pp.
Kondo, M., 2016. La magia del orden. Aguilar, Ciudad de México, 200 pp.
Kondo, M., 2016. La felicidad después del orden. Aguilar, Ciudad de México, 200 pp.
Mcraven, W.H., 2020. Tiende tu cama y otros pequeños hábitos que cambiarán tu vida y el mundo Ciudad de México, Diana. 176 pp.
Sharma, R., 2021. El club de las 5 de la mañana. Controla tus mañanas impulsa tu vida. Grijalbo, Ciudad de México, 394 pp.

Actividades Académicas Optativas



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Aerosol atmosférico			
Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campos de conocimiento y áreas de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Fisicoquímica y composición atmosférica Física de nubes y aerosol atmosférico Calidad del aire y salud
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre
		Teóricas: 4	Teóricas: 64
		Prácticas: 0	Prácticas: 0
		Total: 4	Total: 64
Seriación			
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Objetivo general: Utilizar las principales técnicas de medición de material aeroparticulado, con base en la identificación de sus propiedades físicas y químicas.			
Objetivos particulares: <ul style="list-style-type: none"> - Conocer las principales características físicas, termodinámicas y químicas del material aeroparticulado. - Familiarizarse con los equipos de muestreo - Conocer las técnicas de laboratorio para la cuantificación del material aeroparticulado. 			

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Propiedades físicas	16	0
	1.1. Distribución de tamaños 1.2. Transporte 1.3. Transporte inercial y sedimentación 1.4. Ecuación dinámica general 1.5. Absorción y esparcimiento de luz 1.6. Balance global de radiación		
2	Propiedades termodinámicas	16	0
	2.1. Cinética y termodinámica 2.2. Conversión gas-partícula 2.3. Coalescencia		
3	Propiedades químicas	16	0
	3.1. Compuestos aromáticos policíclicos 3.2. Aerosol de combustión 3.3. Composición inorgánica 3.4. Composición isotópica 3.5. Aerosol biológico		
4	Métodos de muestreo	16	0
	4.1. Metodologías de monitoreo atmosférico 4.1.1 Muestreadores pasivos 4.1.2 Muestreadores activos 4.1.3 Analizadores o monitores automáticos 4.1.4 Sensores remotos 4.1.5 Bioindicadores 4.2. Equipo de Muestreo 4.3. Equipo de laboratorio para el análisis de muestras 4.4. Configuración de sistemas de muestreo		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Ejercicios fuera del aula	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Seminarios	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Otras: (especificar)	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Reporte final del trabajo de investigación.	()
Prácticas de campo	()		

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en áreas afines al tema del curso.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Friedlander S. (2000). Smoke, dust, and haze. 2nd edition. Oxford Press University, New York
- Liou, K.N, (2002). An introduction to atmospheric radiation, 2nd edition. Academic Press
- Finlayson-Pitts, B., Jr, J. (1999). Chemistry of the upper and lower atmosphere: theory, experiments, and applications Elsevier

Bibliografía complementaria

- Wang, S., Zhou, K., Lu, X., Chen, H., Yang, F., Li, Q., ... & Wang, X., 2022, Online shape and density measurement of single aerosol particles. Journal of Aerosol Science, 159, 105880.
- Jia, Feng, et al. "An analytical solution for aerosol penetration in the slip flow regime." Journal of Aerosol Science 159 (2022): 105904.
- Colbeck, I., and Mihalis Lazaridis. Aerosol Science. Wiley Online Library, 2014.
- Ensor, David S., ed. Aerosol science and technology: History and reviews. RTI Press, 2011
- Kulkarni, Pramod, Paul A. Baron, and Klaus Willeke, eds., 2011, Aerosol measurement: principles, techniques, and applications. John Wiley & Sons, 1131 p.

Revistas electrónicas:

- Journal of Aerosol Science
- Aerosol and Air Quality Research
- Aerosol Science and Technology
- Air Quality Atmosphere and Health
- Journal of Atmospheric Chemistry



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Ambientes y procesos sedimentarios

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geología sedimentaria y estratigrafía Yacimientos petroleros	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X)	Ninguna ()
		Análisis de cuencas sedimentarias, o Sistema Petrolero	

Objetivo general:

- Comprender los procesos que dan lugar a la formación del sedimento en diferentes contextos ambientales y la evolución de las partículas sedimentarias desde su origen hasta su sepultamiento.
- Identificar, definir y caracterizar facies sedimentarias y elementos arquitectónicos, para reconocer e interpretar los diferentes modelos sedimentarios.

Objetivos particulares:

- Describir y caracterizar un sedimento.
- Interpretar los procesos sedimentarios que dieron lugar al sedimento en estudio.
- Describir e interpretar facies sedimentarias.
- Identificar perfiles de facies característicos de cada ambiente sedimentario.
- Proponer modelos de facies.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	0
	1.1 Antecedentes y conceptos básicos sobre las rocas sedimentarias 1.2 Importancia de las rocas sedimentarias en diferentes disciplinas de las ciencias		
2	Origen del sedimento y génesis de las rocas sedimentarias	28	0
	2.1 Meteorización 2.2 Erosión y transporte 2.3 Diagénesis 2.4 Propiedades de las partículas 2.5 Propiedades del sedimento 2.6 Estructuras sedimentarias		
3	Análisis de facies	4	0
	3.1 Concepto de facies y propuestas de clasificación 3.2 Asociaciones de facies 3.3 Arquitectura de facies 3.4 Modelos de facies		
4	Ambientes sedimentarios	30	0
	4.1. Definición y factores que determinan los ambientes sedimentarios 4.2. Ambiente eólico 4.3. Ambiente fluvial (sistemas contributivos y distributivos) 4.4. Ambiente lacustre 4.5. Delta 4.6. Estuario 4.7. Playa 4.8. Llanura mareal 4.9. Plataforma siliciclástica 4.10. Plataforma carbonatada 4.11. Ambiente arrecifal 4.12. Escarpe continental 4.13. Ambiente marino profundo		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	(x)
Prácticas de campo	(x)		

Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	()
Otras (especificar)	()	Control de lecturas	(x)
		Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Boggs, S., 2006. Principles of Sedimentology and Stratigraphy (4th edition). Pearson Prentice Hall. 662 pp. New Jersey. - Leeder, M., 1999. Sedimentology and Sedimentary Basins. Blackwell Publishing, 592 pp. Oxford. - Nichols, G., 1999. Sedimentology and Stratigraphy. Blackwell Publishing, 419 pp. Oxford. - Prothero, D. R., Schwab, F. 2004. Sedimentary geology: an introduction to sedimentary rocks and stratigraphy. 2nd ed. New York: W. H. Freeman, 557 pp. ISBN 0-71673905-4
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Collinson, J., Mountney, N. P. & Thompson, D., 2008. Sedimentary Structures (3rd edition). Terra Publishing, 292 pp. Hertfordshire. - Dalrymple, Robert Walker, and Noel P. James. 2010. Facies models 4. St. John's: Geological Association of Canada. - Einsele, G., 2000. Sedimentary Basins. Evolution, Facies and Sediment Budget. 2nd. Edition. Springer Verlag, 792 pp. Berlin. - Miall, A., 1984. Principles of Sedimentary Basin Analysis. Springer. 490 pp. N. York. - Miall, Andrew D. 2016. Fluvial depositional systems. - Middleton, G., 2003. Encyclopedia of sediments and Sedimentary rocks. Kluwer Academic Publishers, 821 pp. Dordrecht, Boston. - Posamentier, Henry W., and Roger G. Walker. 2006. Facies models revisited. Tulsa, Okl: SEPM (Society for Sedimentary Geology). - Stow, D.A.V. 2006. Sedimentary Rocks in the field. A color guide. Academic Press. 320 p. - Tucker, M., 1988. Techniques in Sedimentology. Blackwell Scient. Publishing, 394 pp. Oxford. - Walker, R.G., James, N.P. 1992, Facies Models, Response to sea level change. Geotext 1, Geological Association of Canada.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Análisis de cuencas sedimentarias

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geología Sedimentaria y estratigrafía	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x) Ambientes y procesos sedimentarios, o Tectónica de placas	Ninguna ()
	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Entender los procesos de formación, la arquitectura y la evolución de las cuencas sedimentarias en diferentes contextos tectónicos.

Objetivos particulares:

- Reconocer las características reológicas y térmicas de la litósfera y la forma en que éstas influyen en la génesis y evolución de las cuencas sedimentarias.
- Distinguir los distintos mecanismos formadores de las cuencas sedimentarias.
- Distinguir los diversos registros estratigráficos en cuencas formadas en diferentes contextos tectónicos.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Anatomía y génesis de las cuencas sedimentarias 1.1 Definición y límites de una cuenca sedimentaria 1.2 Propiedades físicas de la litósfera 1.3 Principales mecanismos de formación de las cuencas sedimentarias 1.4 Principales controles en la evolución de una cuenca sedimentaria 1.5 Ciclo de Wilson y ciclo del supercontinente 1.6 Clasificación tectónica de las cuencas sedimentarias	14	0
2	Cuencas de rift 2.1 Modelos de extensión litosférica 2.2 Mecanismos de formación de cuencas de rift 2.3 Tipos de cuencas de rift continental 2.4 Tipos de cuencas de rift en zonas de arco magmático 2.5 Arquitectura, composición y deformación del registro estratigráfico 2.6 Casos de estudio	22	0
3	Cuencas de antepaís 3.1 Modelos de flexura de la litósfera 3.2 Mecanismos de formación de cuencas de antepaís 3.3 Tipos de cuencas de antepaís 3.4 Arquitectura, composición y deformación del registro estratigráfico 3.5 Casos de estudio	20	0
4	Cuencas de desplazamiento lateral 4.1 Modelos de transtensión y transpresión 4.2 Mecanismos de formación de cuencas de desplazamiento lateral 4.3 Arquitectura, composición y deformación del registro estratigráfico 4.4 Casos de estudio	8	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras: (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone. Publicaciones recientes en la temática del curso.

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Allen, PA., Allen, J.R. (2013). Basin Analysis: Principles and application to petroleum play assessment. John Wiley & Sons. - Einsele, G. (2009). Sedimentary Basins: Evolution, Facies and Sediment Budget. Springer Science & Business Media. - Miall, A.D. (2013). Principles of sedimentary basin analysis. Springer Science & Business Media. - Nichols, G., Williams, E., Paola, C. (Eds.) (2009). Sedimentary Processes, Environments and Basins: A Tribute to Peter Friend (Special Publication 38 of the IAS) (Vol. 22). John Wiley & Sons.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Burov, E. B., Watts, A.B. (2006). The long-term strength of continental lithosphere: "jelly sandwich" or "crème brûlée"?, GSA today 16(1), 4. - DeCelles, P.G. (2012). Foreland basin systems revisited: Variations in response to tectonic settings, Tectonics of sedimentary basins, Recent advances, 405-426. - Doré, T., Lundin, E. (2015). Research focus: Hyperextended continental margins—knowns and unknowns, Geology 43(1), 95-96. - Ettensohn, F.R., Lierman, R.T. (2015). Using black shales to constrain possible tectonic and structural influence on foreland-basin evolution and cratonic yoking: late Taconian Orogeny, Late Ordovician Appalachian Basin, eastern USA, Geological Society, London, Special Publications 413(1), 119-141. - Gawthorpe, R.L., Leeder, M.R. (2008). Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins, Basin Research 12 (3-4), 195-218. - Gianni, G.M., Navarrete, C.G., Folguera, A. (2015). Synorogenic foreland rifts and transtensional basins: A review of Andean imprints on the evolution of the San Jorge Gulf, Salta Group and Taubaté Basins, Journal of South American Earth Sciences 64, 288-306. - Lacombe, O., Lavé, J., Roure, F.M., Vergés, J. (Eds.) (2007), Thrust belts and foreland basins: From fold kinematics to hydrocarbon systems, Springer Science & Business Media. - Marsaglia, K.M., Boggs, S., Clift, P., Seyedolali, A., Smith, R. (1995). Sedimentation in western Pacific backarc basins: new insights from recent ODP drilling, in: Taylor, B., and Natland, J., (Eds.) Active margins and marginal basins of the western Pacific, Geophysical Monograph 88, 291-314. - Sdrolias, M., Muller, R.D. (2006). Control on back-arc basin formations, Geochemistry Geophysics Geosystems 7(4), 1-40.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Análisis de Datos Atmosféricos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Hidrometeorología y aprovechamiento y balance energético Meteorología y oceanografía física Cambio climático y climatología física Fisicoquímica y composición atmosférica Física de nubes y aerosol atmosférico Calidad del aire y salud	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico - Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X) Evaluación de impactos del cambio climático en sistemas naturales y humanos	Ninguna ()

<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aprender diversas técnicas empleadas en el análisis estadístico de datos atmosféricos, comprender los procesos subyacentes en la generación de los datos y obtener información relevante para la toma de decisiones.
<p>Objetivos particulares:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisar conceptos básicos de estadística y probabilidad. - Entender las técnicas de análisis de datos en pares. - Entender las técnicas de regresión lineal, análisis multivariado y series de tiempo.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Conceptos básicos de Estadística y Probabilidad	6	6
	1.1 ¿Qué es Estadística?, ¿qué es Probabilidad? 1.2 Propiedades de la probabilidad y probabilidad condicional 1.3. Distribución de frecuencias, histogramas y diagramas de caja 1.4. Medidas de tendencia central y de dispersión; simetría y curtosis 1.5. Transformaciones. Anomalías y anomalías estandarizadas 1.6. Promedios corridos		
2	Técnicas de análisis para datos en pares	6	6
	2.1 Diagrama de dispersión 2.2 Coeficientes de correlación 2.3 Función de autocorrelación 2.4 Matriz de correlación y de dispersión. Mapas de correlación		
3	Distribuciones de probabilidad	6	6
	3.1. Variables aleatorias y distribuciones paramétricas 3.2. Distribuciones discretas: Binomial, Poisson, etc. 3.3. Distribuciones continuas: Uniforme, Normal, Normal bivariada, Gamma, etc. 3.4. Valores esperados 3.5. Método de Momentos para la estimación de parámetros 3.6. Ajuste de una distribución paramétrica		
4	Teorema Central del Límite y pruebas de hipótesis	6	6
	4.1. Teorema Central del Límite 4.2. Clasificación y elementos de las pruebas de hipótesis 4.3. Pruebas paramétricas y valor p de la prueba Intervalos de confianza 4.4. Prueba t de Student para una muestra y para la diferencia de medias 4.5. Pruebas de bondad de ajuste 4.6. Pruebas no-paramétricas		
5	Regresión lineal	3	3

	5.1 Modelos de regresión lineal 5.2 Distribución y análisis de residuales 5.3 Análisis de varianza 5.4 Distribuciones muestrales de los coeficientes de regresión		
6	Análisis multivariado 6.1. Análisis multivariado; matriz de covarianzas 6.2. Eigenvalores y eigenvectores 6.3. Descomposición en valores singulares 6.4. Funciones empíricas ortogonales y análisis de componentes principales 6.5. Análisis de conglomerados	3	3
7	Series de tiempo 7.1. Estacionariedad 7.2. Dominio del tiempo y de la frecuencia	2	2
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Exposición audiovisual	()	Examen final escrito	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Seminarios	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Asistencia	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Otras: (especificar)	()
Prácticas de campo	(x)	Reporte final del trabajo de investigación	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica	
- Wilks, D. S. _2011_ Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, 2nd Ed., Academic Press, 627 pp.	
- Gujarati, D. y D. Porter: Econometría. Mcgraw Hill, 5ta edición (2010)	
Bibliografía complementaria	
- Von Storch, H., and F. Zwiers: Statistical Analysis in Climate Research, Cambridge University Press, 1999.	
- Emery, W. J. and R. E. Thomson: Data Analysis Methods in Physical Oceanography, 2nd Ed., Elsevier, 638 pp.	
- Enders, W.: Applied Econometric Time Series, Wiley, 4th Edition, 2014, 496 pp.	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Análisis de suelos y aguas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias del Suelo Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 1	Teóricas: 16
			Prácticas: 3	Prácticas: 48
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Degradación y Contaminación de Suelos, o Química Ambiental de Suelos	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los fundamentos de los métodos de preparación para la caracterización e identificación de contaminantes asociados al suelo, sedimentos y agua.

Objetivos particulares:

- Identificar las técnicas instrumentales sus límites y alcances para las determinaciones de elementos y compuestos químicos.
- Comprender los fundamentos y conceptos de aseguramiento de calidad en el proceso de análisis de las muestras.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas
---------------	-------------------------	--------------

		Teóricas	Prácticas
1	<p>Fundamentos para conservación y manejo de muestras para los análisis de laboratorio (suelo y agua)</p> <hr/> <p>Selección de material de muestreo de acuerdo con los propósitos analíticos Lavado de material Manejo y Conservación de muestras (cambios en la muestra) Homogenización y reducción de muestras Almacenamiento de muestras</p>	2	2
2	<p>Naturaleza química de las muestras: Métodos de extracción y preparación</p> <hr/> <p>Fases y componentes químico de las muestras Métodos básicos de pre-tratamientos de muestras Extracciones: (agitación continua, soxhlet, ultrasónica, Digestión microondas Combustión</p>	2	4
3	<p>Métodos analíticos para el análisis: Principios, límites y alcances. aplicaciones</p> <hr/> <p>Métodos de separación de compuestos Cromatografía de líquidos Determinaciones de iones mayores Cromatografía de gases Técnicas de identificación Espectrofotometrías: UV-VIS, AAS. ICP, Masas. IR Aplicaciones Determinación de P disponibles en suelo y agua Determinación de Grupos funcionales en suelo IR Determinación de Ca y Mg en extractos de suelo Determinación de Na y K en extractos de suelo Determinación de C en extractos de suelo</p> <p>Métodos electroquímicos Aplicaciones Determinación de pH, CE, Oxígeno Disuelto y ORP en suelos y agua Determinación de alcalinidad en muestras de agua</p> <p>Análisis elemental Aplicaciones Determinación de C orgánico en suelo</p>	8	42
4	<p>Aseguramiento y calidad de los resultados</p> <hr/> <p>Conceptos generales. Tipos de errores, exactitud y precisión, población y muestreo Manejo de datos. Medidas de tendencia central, de dispersión, intervalos de confianza, pruebas de hipótesis, regresión lineal simple y su aplicación a curvas de calibración, cifras significativas Control del proceso analítico. Cartas control; pruebas de valores aberrantes, controles de calidad internos Características de desempeño del método. Parámetros de validación</p>	3	0

	Control de calidad de datos de agua Ejercicios prácticos		
5	Normatividad en suelos, agua y sedimentos	1	0
Subtotales		16	48
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Exposición audiovisual	()	Examen final escrito	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Ejercicios fuera del aula	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Seminarios	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Otras: (especificar)	(x)
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)		
Prácticas de campo	()		
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Experiencia mínima de tres años en el tema.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - United States Environmental Protection Agency. 1992. Preparation of Soil Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies. Benjamin J. Mason. Environmental monitoring systems laboratory office of research and development University of Nevada-Las Vegas, Nevada 89154. - Marc Pansu Jacques Gautheyrou. 2006. Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Printed in The Netherlands - Alfred r. Conklin, Jr. 2005. Introduction to Soil Chemistry Analysis and Instrumentation. Edited by J. D. WINEFORDNER VOLUME 167. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION - Frank m. Dunnivant, 2004. Environmental laboratory exercises for instrumental Analysis and environmental chemistry. John Wiley & Sons, inc., publication - Eurachem. 1998. Métodos analíticos adecuados a su propósito. Guía de laboratorio para validación de métodos y tópicos relacionados. Traducido por CENAM. - IUPAC. 1995. Harmonized Guidelines for International Quality Control in Analytical Chemistry Laboratories. Pure and Appl. Chem. Vol. 67, No. 4, 649-666 - Miller, J.C. y J.N. Miller. 1993. Estadística para química analítica. 2ª. Ed. Addison Wesley Iberoamericana. México
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Kirkham, M. B., 2014, Principles of soil and plant water relations. Academic Press, 598 p.. - Twardowska, I., Stefaniak, S., Allen, H. E., & Häggblom, M. M. (Eds.), 2007, Soil and water pollution monitoring, protection and remediation (Vol. 69). Springer Science & Business Media, 607 p..

- Yu, T. R., & Ji, G. L., 2016, Electrochemical methods in soil and water research. Elsevier, 476 p..
- Warrick, A. W. , 2003, Soil water dynamics. Oxford University Press, 416 p..
- <http://www.fao.org/global-soil-partnership/about/why-the-partnership/en/>

Revistas electrónicas:

- Soil and Water Research
- Journal of Soil and Water Conservation
- International Journal of Soil Science
- Agrociencia
- Agricultural Water Management



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Anillos planetarios y sistemas anulares

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias planetarias	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Ubicar los anillos planetarios dentro de un contexto astrofísico general, para distinguir sus tipos y estructuras, a través del uso de herramientas matemáticas y físicas básicas.

Objetivos particulares:

- Distinguir los distintos tipos de anillos planetarios.
- Entender los mecanismos físicos que definen la estructura, dinámica y composición de los anillos planetarios.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre

		Teóricas	Prácticas
1	Fundamentos teóricos I	6	6
	1.1 Origen de los anillos planetarios		
	1.2 Los anillos como gases: Teoría cinética		
	1.3 Los anillos como fluidos: Teoría hidrodinámica		
	1.4 Tamaños y formas de partícula en los anillos		
	1.5 Cuerpos efímeros o pilas de escombros		
	1.6 Composición de las partículas en los anillos		
	1.7 Transferencia de energía en los anillos		
	1.8 La edad de los anillos		
2	Fundamentos teóricos II (Polvo)	8	8
	2.1 Definición		
	2.2 Balance de fuerzas		
	2.3 Fuentes y composición		
	2.4 Mecanismos básicos de carga electrostática		
	2.5 Plasmas polvosos		
	2.6 Dinámica del polvo		
	2.7 Colisiones entre granos de polvo cargados eléctricamente		
	2.8 Polvo interestelar		
3	Los anillos de Saturno	10	10
	3.1 Los anillos Principales		
	3.2 Modelo monocapa y multicapa		
	3.3 Anillos exteriores		
	3.4 Interacciones entre lunas y anillos		
	3.5 Simulaciones de N-cuerpos		
4	Los anillos de Júpiter	2	2
	4.1 Halo, Anillo principal y anillos ténues		
	4.2 El toro de plasma		
	4.3 El anillo galileano		
	4.4 Jets de polvo.		
5	Los anillos de Urano y Neptuno	2	2
	5.1 Modelos de formación		
	5.2 Dinámica y estructura básicas		
6	Otras estructuras anulares	4	4
	6.1 El anillo de Cariclo		
	6.2 El anillo de polvo solar		
	6.3 El cinturón de Kuiper		
	6.4 Los posibles anillos de polvo de Marte		
	6.5 Estructuras anulares y discos estelares y galáctico		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en foros	(x)

Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras: (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			
Experiencia mínima de tres años en el tema.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Esposito, L.W., 2006, Planetary Rings (Cambridge Planetary Science), Cambridge University Press. - Dougherty, M., Esposito, L.W. & S. Krimigis, 2009, Saturn from Cassini-Huygens, Springer Science+Business Media B. V. - Fridman, A.M., Gorkavyi, N.N. & D. Haar, 2010, Physics of Planetary Rings: Celestial Mechanics of Continuous Media (Astronomy and Astrophysics Library), Springer-Verlag Berlin Heidelberg. - Grün, E., Gustafson, B., Dermott, S. & H. Fechtig, 2001, Interplanetary Dust, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. - Mann, I., Meyer-Vernet, N. & A. Czechowski, 2012, Nanodust in the Solar System: Discoveries and Interpretations, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Fridman, A. M., & Gorkavyi, N. N. (1999). Physics of Planetary Rings: Celestial Mechanics of Continuous Media. Springer Science & Business Media, 437 p. - Tiscareno, M. S., & Murray, C. D. (Eds.), 2018, Planetary ring systems: properties, structure, and evolution. Cambridge University Press, 582 p. - Esposito, L., 2006, Planetary Rings. Cambridge University Press, 202 p. - Bagenal, F., Dowling, T.E. & W.B. McKinnon, 2004, Jupiter: The Planet, Satellites and Magnetosphere (Cambridge Planetary Science), Cambridge University Press. <p>Revistas electrónicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planetary and Space Science - Physics and Chemistry of the Earth, Part C: Solar, Terrestrial & Planetary Science. - Icarus.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Aplicación de los microfósiles en la interpretación de paleoambientes

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Paleontología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Analizar los grupos de microfósiles con mayor aplicación en la definición e inferencia de ambientes del pasado, para su aplicación en contextos específicos.

Objetivos particulares:

- Comprender las bases conceptuales y el desarrollo histórico de la Micropaleontología y la metodología y técnicas de estudio para cada grupo en particular.
- Aplicar éstas en la interpretación de la historia paleogeográfica y paleoambiental de las rocas que contienen microfósiles.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre

		Teóricas	Prácticas
1	Micropaleontología	4	0
	1.1 Historia de un Concepto y Definición 1.2 Tafonomía 1.3 Bioestratigrafía		
2	Microfósiles calcáreos	14	20
	2.1 Calpionélidos: Clasificación, Taxonomía, Ambientes de depósito y alcances estratigráficos LAB: observación al microscopio petrográfico de los caracteres morfológicos distintivos en el reconocimiento del grupo. Principales familias y sus alcances estratigráficos Ejercicios		
	2.2 Foraminíferos: Clasificación, Taxonomía. Principales Órdenes, Subórdenes y Superfamilia. Foraminíferos planctónicos y Macroforaminíferos. Foraminíferos bentónicos y ambientes de depósito LAB: observación al microscopio petrográfico y en lupa binocular de los caracteres morfológicos distintivos en el reconocimiento del grupo Ejercicios		
	2.3 Nanofósiles Calcáreos: Clasificación, Taxonomía, Ambientes de depósito y alcances estratigráficos LAB – Observación al microscopio petrográficos de los principales grupos que incluye el nannoplankton calcáreo con especial énfasis en <i>Haptophytas calcáreas e Incertae Sedis</i> 2.4 Ostracoda: Clasificación, Taxonomía. Ecotipos de ambientes marinos, mixtos y dulceacuícolas, Ambientes de depósito LAB – Observación al microscopio de los principales grupos Ejercicios		
3	Microfósiles silíceos. Clasificación, Taxonomía, Ambientes de depósito y alcances estratigráficos	2	6
	3.1. Radiolarios Polycystina, Silicoflagados, Ebridineos y Diatomeas LAB – Observación al microscopio de los principales grupos Ejercicios		
4	Microfósiles orgánicos. Sistemática y Taxonomía. Forma y función	12	6
	4.1. Clasificación, Taxonomía. Ecotipos de ambientes marinos, mixtos y dulceacuícolas, Ambientes de depósito LAB – Observación al microscopio de los principales grupos Ejercicios		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()

Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras: (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.

Publicaciones recientes en la temática del curso.

Bibliografía básica

- Brasier, M. D. 2004. Microfossils. Blackwell Publishing, Oxford, (2nd edition), 208 pp.
- Dedecker P., Colin J.-P., Peypouquet J.P. Eds., 1988. Ostracoda in the Earth Sciences. New York: Elsevier 302 pp.
- Jenkins, D.G., 1993. Applied Micropaleontology: Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 269 pp.
- Marshall, S. M. 1969, Protozoa: Order: Tintinnida: Conseil International pour l'exploration de la mer Zooplankton Sheet 117, 12 pp.
- Moguevsky, A., & Whatley, R., 1996, Microfossils and oceanic environments, University of Wales, Aberystwyth – Pess, 434 pp.
- Molina, E., (ed.) 2002. Micropaleontología, Prensas Universitarias de Zaragoza, España. 634 pp.
- Lipps, J.E., Ed., 1993, Fossil Prokaryotes and Protists. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 330 pp.
- Nigrini, C and Moore, Jr., T. C. 1979. A guide to modern Radiolaria, Special Publication No. 16, Cushman Foundation for Foraminiferal Research
- Round, F.E., R.M. Crawford & D.G. Mann. 1990. The Diatoms. Biology & Morphology of the Genera. Cambridge University Press, 747 pp
- Tappan, H., 1980, The Paleobiology of Plant Protists, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1030 pp.
- Whatley, R. C. & C. Maybury (eds), 1990. Ostracoda and Global. Events London. British Micropalaeontological Society/Chapman. and Hall: 621 pp
- Winter, A., & Siesser, W. G., 1994. Coccolithophores, Cambridge University Press, 238 pp.

Bibliografía complementaria

- Marine Micropaleontology
- Micropaleontology
- Paleogeography, Paleoclimate, Paleoecology
- Journal of Micropaleontology
- Diatom Research
- Journal of Foraminiferal Research

Monográfica:

- Jones, R-W- 2014. Foraminifera and their applications. The Natural History Museum, London. <http://ebooks.cambridge.org/ebook.jsf?bid=CBO9781139567619> Cambridge Books Online © Cambridge University Press
- Martin, RE., 2000 Environmental micropaleontology: the application of microfossils to environmental geology New York: Kluwer Academic/Plenum, 481 pp
- Ruiz, F.; Abad, M.; Bodergat, A.M.; Carbonel, P.; Rodríguez-Lázaro; J.; González-Regalado, M.L.; Toscano, A.; García, E.X.; Prenda, J. 2013. Freshwater ostracods as environmental tracers. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* (2013) 10: 1115–1128.
- Saraswati, P.K., Srinivasan, M.S. 2016. Micropaleontology. Principles and Applications. DOI 10.1007/978-3-319-14574-7
- Traverse, A. 1994. Sedimentation of organic particles. Cambridge University Press, 544 pp.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Arqueomagnetismo

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geomagnetismo y Paleomagnetismo Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2.5	Teóricas: 40
			Prácticas: 1.5	Prácticas: 24
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender y manejar los fundamentos y técnicas paleomagnéticas aplicados a los materiales arqueológicos.

Objetivos particulares:

- Entender las técnicas y requerimientos de las muestras para los estudios arqueomagnéticos.
- Comprender y manejar los principios para estudios de arqueointensidad
- Entender y manejar los principios para estudios de datación

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Fundamentos	5	0
	1.1 Campo Magnético de la Tierra. Bases físicas 1.2 Origen de la magnetización remanente en los materiales arqueológicos 1.3 Variación secular. Datos históricos y de observatorios 1.4 Origen de las Variaciones y Amplitudes		
2	Bases de los Estudios Arqueomagnéticos	5	6
	2.1 Desde el campo hasta el laboratorio 1. Selección de Sitios 2. Técnicas y estrategia de muestreo 3. Técnicas de orientación 2.2 Instrumentos empleados para arqueomagnetismo y Técnicas de tratamiento magnético 2.3 Tratamiento de datos arqueomagnéticos y análisis estadístico		
3	Arqueointensidad	12	6
	3.1 Arqueointensidad absoluta del campo geomagnético Métodos de determinación y problemáticas 3.2 Análisis globales de datos de arqueointensidad 3.3 Avances Recientes		
4	Datación Arqueomagnética	6	6
	4.1 Curva Maestra para Europa y América del Norte 4.2 Curvas de Referencia (direcciones e intensidades) 4.3 Principios de datación arqueomagnética 4.4 Ejemplos		
5	Estudios Arqueomagnéticos en México	12	6
	5.1 Variación secular en México basado en los datos de observatorio Teoloyucan. 5.2 Variación secular en México basado en los registros volcánicos 5.3 Variación secular en México basado en los registros de sedimentos lacustres 5.4 Curva de referencia de Wolfman 5.5 Datación de los materiales quemados 5.6 Datación de estucos 5.7 Datación de pinturas murales y rupestres 5.8 Magnetismo de las obsidias 5.9 Perspectivas		
Subtotales		40	24
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)		

Aprendizaje basado en problemas	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en clase	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	(x)
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Seminario	()
Prácticas de campo	(x)	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Ensayos	()
Otras: (especificar)	()	Control de lecturas	(x)
		Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica	
<p>-Aitken, M.J., Science-based Dating in Archaeology; Longman Archaeology Series, Longman: p 225-259, 1990.</p> <p>-Camps, P. And M. Prevot, A statistical model of the fluctuations in the geomagnetic field from paleosecular variation to reversal, Science, 273, 776-449, 1996.</p> <p>-Chiari, G., and R. Lanza, Pictorial remanent magnetization as an indicador of secular variacion of the Earth's magnetic field, Phys. Earth. Planet. Int., 101, 79-83, 1997.</p> <p>- Dunlop, D. and O. Ozdemir, Rock-Magnetism, Fundamentals and Frontiers, Cambridge University Press, 573pp. 1997.</p> <p>-Eighmy, J. L., and Sternberg, R. S. (eds.), 1990. <i>Archaeomagnetic Dating</i>. Tucson: University of Arizona Press.</p> <p>-Gogitchaichvili, A., García Ruiz, R., Pavón-Carrasco, J., Morales Contreras J.J., Soler-Arechalde A.M., Urrutia-Fucugauchi, J.,2018. Last Three millennia Earth's Magnetic field strenght in Mesoamerica and southern United States: Implications in geomagnetism and archaeology. Phys.Earth.Planet.Int., 279, pp.79-91.</p> <p>-Juarez, M.T. and L. Tauxe, The intensity of the Earth's magnetic field over the past 160 Ma, Nature, 394, 878-881, 1998.</p> <p>-McElhinny, M. and P. McFadden, Paleosecular variation over the past 5 Myr based on a new generalised database, Geophys. J. Inter., 131, 240-252, 1997.</p> <p>-Soler-Arechalde A.M., C Caballero-Miranda, ML Osete-López, V. López-Delgado, A. Gogitchaichvili , A. Barrera-Huerta, J. Urrutia-Fucugauchi, 2019. An updated catalog of pre-hispanic archaeomagnetic data for North and Central Mesoamerica: Implications for the regional paleosecular variation reference curve. Bol. Soc. Geol. Mex., Vol. 71(2), pp.497-518. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2019v71n2a1</p> <p>-Soler-Arechalde, A. M., 2006. Investigaciones arqueomagnéticas en México. Fundamentos. Historia y Futuro. Monografías del Instituto de Geofísica, No. 10. UNAM.</p> <p>-Tarling, D., and Dobson, M. Archeomagnetism: An error assesement of fired material observations in the British directional database, J. Geomag. Geoelectr., 47, 5-18, 1995.</p>	
Bibliografía complementaria	
<p>- Beramendi-Orosco, L.E., Gonzalez -Hernandez G., Soler-Arechalde, Ana M. Cronología para Teopancazco: Integración de datos arqueomagnéticos q un modelo bayesiano de radiocarbono En: Una aportación a la cronología de Mesoamérica. Estudios Arqueométricos del centro de barrio de Teopancazco en Teotihuacan. Linda R. Manzanilla (editora) IIA-UNAM, pp.111-134</p> <p>- Carrancho, A., Gogichaichvili A., Kapper, L., Morales J., Soler-Arechalde A.M. & Tema E. 2015. Geomagnetic applications in archaeology: state of the art and recent advances. In New Developments in Paleomagnetism Research. Editor: Lev V. Eppelbaum, Nova Science Publisher. Nueva York pp. 53-98, ISBN: 978-1-63483-129-1.</p>	

- Goguitchaichvili, A., García Ruiz, R., Pavón-Carrasco, J., Morales Contreras J.J., Soler-Arechalde A.M., Urrutia-Fucugauchi, J., 2018. Last Three millennia Earth's Magnetic field strength in Mesoamerica and southern United States: Implications in geomagnetism and archaeology. *Phys.Earth.Planet.Int.*, 279, pp.79-91.
- Goguitchaichvili A, Morales J., Urrutia J., Soler-Arechalde AM., Acosta G., Castelleti J., 2016. The use of pictorial remanent magnetization as a dating tool: State of the art and perspectives. *Journal of archaeological Science:Reports*. Volume 8, August 2016, Pages 15–21. doi:10.1016/j.jasrep.2016.05.042
- Hueda Tanabe, Y., Fechamiento arqueomagnético de estucos de los sitios de Teopancazco, Teotihuacan y Templo mayor, Tenochtitlán, Tesis de Licenciatura, ENAH, 125pp., 2000.
- López-Delgado V., Goguitchaichvili A., Torreblanca C., Cejudo R., Jimenez P., Morales J., Soler A M., 2019. La Quemada: Decline and abandonment in two stages on the classic period northern frontier of Mesoamerica, *Journal of Archaeological Science: Reports*, Volume 24, April 2019, Pages 574-581, <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.02.013>
- Rodríguez-Ceja, M.G., Soler-Arechalde, Ana M., Morales, J.J. y Goguichaishvili, A. 2011. Estudios de Arqueointensidad y Propiedades Magnéticas de Cerámicas Teotihuacanas En: Una aportación a la cronología de Mesoamérica. *Estudios Arqueométricos del centro de barrio de Teopancazco en Teotihuacan*. Linda R. Manzanilla (editora) IIA-UNAM, pp. 135-162
- Soler-Arechalde, AM. 2014. Arqueomagnetismo en México 1965-2013. *Latinmag Letters* Vol. 4. No. 4 LL14-0402 Rv.pp. 1-15
- Soler-Arechalde, A M., A. Barrera, R. Barrera y J. Urrutia-Fucugauchi. 2019. Datación arqueomagnética en edificios prehispánicos hallados en la Plaza Manuel Gamio. En: *Al pie del Templo Mayor de Tenochtitlan. Estudios en Honor de Eduardo Matos Moctezuma*, Tomo I, L. López Luján y X. Chávez Balderas, coordinadores. 1ª. Edición, El Colegio Nacional, México, pp.137-161. ISBN:978-607-724-338-0
- Terán Guerrero, AG, A. Goguitchaichvili, R. Esparza López, J. Morales, J. Rosas Elguera, AM Soler Arechalde, E. Cárdenas, J Urrutia-Fucugauchi. 2016. A detailed rock-magnetic and archaeomagnetic investigation on wattle and daub building (Bajareque) remains from Teuchitlán tradition (nw Mesoamerica). *Journal of archaeological Science:Reports*. Volume 5, February 2016, Pages 564-573. doi:10.1016/j.jasrep.2016.01.010



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Astrobiología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias Planetarias	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)		Sistemas Planetarios	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Estudiar los fenómenos que dieron lugar al surgimiento y evolución de la vida en la Tierra con el objetivo de entender las condiciones de habitabilidad en otros cuerpos planetarios y las estrategias de detección de vida en el sistema solar y en planetas alrededor de otras estrellas.

Objetivos particulares:

- Estudiar los fundamentos científicos de la astrobiología.
- Establecer los criterios de habitabilidad para cuerpos planetarios en el sistema solar y exoplanetas.
- Entender las estrategias de detección de vida en el sistema solar y otros sistemas planetarios.

- Discutir los aspectos éticos y los debates actuales en la astrobiología.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción 1.1 Definición de astrobiología 1.2 Objetivos de la astrobiología 1.3 Historia de la astrobiología 1.4 Estrategias metodológicas de la NASA y Europa 1.5 Astrobiología ¿ciencia o programa de exploración? 1.6 Panorama general del curso	4	0
2	Fundamentos químicos y físicos 2.1 Cosmoquímica 2.1.1 Abundancia de elementos en el universo 2.1.2 Origen de los elementos biogénicos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre 2.1.3 Química en el medio interestelar 2.1.3.1 Composición química del gas 2.1.3.2 Composición química del polvo 2.1.3.3 Formación de compuestos orgánicos: Reacciones químicas en el gas y el polvo 2.2 Moléculas orgánicas en cometas, asteroides y polvo interplanetario 2.3 Agua 2.3.1 Abundancia: nubes moleculares, discos protoplanetarios y cometas 2.3.2 Características físicas y químicas 2.3.3 Química orgánica en soluciones acuosas: moléculas hidrofílicas e hidrofóbicas	4	0
3	La vida en la Tierra 3.1 Definición de vida 3.2 Características de la vida 3.3 Características del metabolismo 3.4 Mecanismos evolutivos 3.5 Filogenia y fechamiento molecular 3.6 Bases de química prebiótica 3.7 El progenote y el último ancestro común (LUCA) 3.8 Coevolución de los seres vivos-planeta durante el precámbrico 3.8.1 Generalidades de ciclos biogeoquímicos 3.8.2 Eventos evolutivos principales 3.9 Evolución de la inteligencia 3.10 Químicas alternativas para la vida	14	0
4	Habitabilidad de cuerpos planetarios en el sistema solar 4.1 Criterios de habitabilidad	16	0

	<p>4.1.1 Requisitos para la búsqueda de vida: “follow the water”</p> <p>4.1.2 Potencial de habitabilidad: “follow the energy”</p> <p>4.2 Biomarcadores y rasgos biológicos para la detección de vida</p> <p>4.3 Modelos comparativos: ambientes extremos y extremófilos</p> <p>4.4 Habitabilidad de los planetas terrestres del sistema solar</p> <p>4.4.1 Interiores y superficies de Venus, Marte y la Tierra.</p> <p>4.4.1.1 Estructura interna: composición y características</p> <p>4.4.1.2 Fuentes de energía</p> <p>4.4.1.3 Campos magnéticos</p> <p>4.4.1.4 Vulcanismo</p> <p>4.4.2 Atmósferas de Venus, Marte y la Tierra</p> <p>4.4.2.1 Estructura y composición atmosférica</p> <p>4.4.2.2 Sistema climático: efecto invernadero, efecto invernadero desbocado, ciclo de carbonatos silicatos, Tierra bola de nieve</p> <p>4.4.3 Historia geológica de Venus, Marte y la Tierra:</p> <p>4.4.4 Habitabilidad de Venus: perspectiva histórica</p> <p>4.4.5 Habitabilidad de Venus: perspectiva actual</p> <p>4.4.6 Habitabilidad de Marte: perspectiva histórica</p> <p>4.4.7 Habitabilidad de Marte: perspectiva actual</p> <p>4.5 Habitabilidad de satélites helados</p> <p>4.5.1 Interiores de los satélites helados del sistema solar: Estructura y composición</p> <p>4.5.2 Habitabilidad de los satélites helados</p> <p>4.5.3 Europa, Ganímedes y Encélado</p> <p>4.6 Titán</p> <p>4.6.1 Estructura interna</p> <p>4.6.2 Composición y características de la superficie</p> <p>4.6.3 Composición y estructura atmosférica</p> <p>4.6.4 Relevancia como modelo para la química prebiótica</p> <p>4.6.5 Habitabilidad</p> <p>4.7 Panspermia</p> <p>4.7.1 Transporte de material entre cuerpos del sistema solar: meteoritas lunares y marcianas</p> <p>4.7.2 Sobrevivencia del material orgánico a la entrada atmosférica</p>		
5	<p>Exoplanetas habitables</p> <hr/> <p>5.1 Criterios de habitabilidad para exoplanetas</p> <p>5.1.1 Agua y atmósfera</p> <p>5.1.2 Masa</p> <p>5.1.3 Fuentes de energía</p> <p>5.2 Estrellas de interés astrobiológico</p> <p>5.2.1 Evolución de luminosidad en la presecuencia principal y secuencia principal de estrellas F, G, K y M</p>	18	0

	<ul style="list-style-type: none"> 5.2.2 Emisión espectral de estrellas F, G K, y M 5.2.3 Actividad estelar 5.2.4 Efecto de la radiación estelar en la habitabilidad 5.3 Zona habitable circunestelar <ul style="list-style-type: none"> 5.3.1 Definición clásica 5.3.2 Extensiones de la zona habitable clásica <ul style="list-style-type: none"> 5.3.2.1 Efecto de la cobertura de nubes de CO₂ y H₂O 5.3.2.2 Zona habitable para planetas secos 5.3.2.3 Zona habitable para planetas con atmósferas de H₂ 5.3.2.4 Efecto del albedo de hielo y nieblas en la zona habitable de estrellas enanas M 5.3.2.5 Efecto de las fuerzas de marea en la zona habitable de estrellas enanas M 5.4 Habitabilidad de exoplanetas fuera de la zona habitable <ul style="list-style-type: none"> 5.4.1 Planetas océano 5.4.2 Planetas flotantes (free floating) 5.5 Exoplanetas potencialmente habitables <ul style="list-style-type: none"> 5.5.1 El caso de GJ 581d 5.5.2 Próxima Centauri b 5.5.3 Sistema planetario de TRAPPIST-1 5.6 Bioseñales <ul style="list-style-type: none"> 5.6.1 Definición y fundamentos 5.6.2 Clasificación de bioseñales 5.6.3 Bioseñales superficiales 5.6.4 Bioseñales atmosféricas 5.6.5 Falsos positivos 5.7 Instrumentos y estrategias para caracterizar observacionalmente exoplanetas potencialmente habitables 5.8 Ecuación de Drake y Ecuación de Seager 5.9 SETI 5.10 Zona galáctica habitable 		
6	<p>Ética y debates en astrobiología</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> 6.1 Debates en astrobiología: <ul style="list-style-type: none"> 6.1.1 El experimento de la misión Viking 6.1.2 El meteorito marciano ALH84001 6.1.3 Fosfina en Venus 6.1.4 Naturaleza y origen de Oumuamua 6.2 Problemas éticos en astrobiología <ul style="list-style-type: none"> 6.2.1 Terraformación 6.2.2 Protocolo para el anuncio de descubrimiento de vida extraterrestre: el papel de la comunidad científica, las revistas arbitradas, las agencias gubernamentales, la iniciativa privada y los medios de comunicación 	8	0
	Subtotales	64	0
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras: (especificar)	(x)	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Prácticas teóricas para aprender el manejo de bases de datos de exoplanetas para determinar potencial de habitabilidad con lo aprendido en el curso. Otras prácticas teóricas pueden incluir el uso de bases de datos o recursos electrónicos como por ejemplo: Astronomical Data System, NASA Curator, Timetree, Virtual Field Trips (ASU website), Interactive Tree of Life, VPL Spectral Academy. Ejercicios fuera del aula para que los y las alumno/as practiquen el uso de estos recursos			
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Abrevaya, X. C., Anderson, R., Arney, G., Atri, D., Azúa-Bustos, A., Bowman, J. S., et al. (2016). The astrobiology primer v2. 0. <i>Astrobiology</i>, 16(8), 561-653. - Aretxaga Burgos, R. (2008) <i>Astrobiología: Entre la ciencia y la exploración</i>. <i>Letras de Deusto</i> 38(118), 13-27. - Chyba, C. F., Hand, K. P. (2005). <i>Astrobiology: the study of the living universe</i>. <i>Annu. Rev. Astron. Astrophys.</i>, 43, 31-74. - Editors: LJ Mix, JC Armstrong, AM Mandell, AC Mosier, J. Raymond, SN Raymond, FJ Stewart, K. von Braun, and O. Zhaxybayeva, & Authors: L. Billings, V. Cameron, M. Claire, GJ Dick, SD Domagal-Goldman, EJ Javaux, OJ Johnson, C. Laws, MS Race, J. Rask, JD Rummel, RT Schelble, and S. Vance. (2006). <i>The astrobiology primer: an outline of general knowledge—version 1, 2006</i>. <i>Astrobiology</i>, 6(5), 735-813. - Coustenis, A. (2014). Titan. In <i>Encyclopedia of the Solar System</i> (pp. 831-849). Elsevier. - Editor in chief: Hays, L. (2015) <i>NASA Astrobiology Strategy</i>. 619-824. - https://astrobiology.nasa.gov/nai/media/medialibrary/2016/04/NASA_Astrobiology_Strategy_2015_FINAL_041216.pdf - <i>Exoplanet Biosignatures, Special Collection</i> (2018) <i>Astrobiology</i> 18(6), - G. Trainer, M. (2013). Atmospheric prebiotic chemistry and organic hazes. <i>Current organic chemistry</i>, 17(16), 1710-1723. - Hand, K. P., Sotin, C., Hayes, A., Coustenis, A. (2020). On the habitability and future exploration of ocean worlds. <i>Space Science Reviews</i>, 216(5), 1-24. - Horneck, G., Walter, N., Westall, F., Grenfell, J. L., Martin, W. F., Gomez, F. et al. (2016). <i>AstRoMap European astrobiology roadmap</i>. <i>Astrobiology</i>, 16(3), 201-243. - Kasting, J., Catling, D. (2003) Evolution of a habitable planet. <i>Annu. Rev. Astron. Astrophys.</i> 41, 429-463. - Lineweaver, C.H., Chopra, A. (2012) <i>The Habitability of Our Earth and Other Earths: Astrophysical, Geochemical, Geophysical, and Biological Limits on Planet Habitability</i>. <i>Annu. Rev. Earth Planet. Sci.</i> 40, 597–623. 	

<ul style="list-style-type: none"> - Norman, L. H. (2011). Is there life on... Titan? <i>Astronomy & Geophysics</i>, 52(1), 1-39. - Raulin, F., McKay, C., Lunine, J., & Owen, T. (2009). Titan's astrobiology. In <i>Titan from Cassini Huygens</i> (pp. 215-233). Springer, Dordrecht - Scharf, C. A. (2009). <i>Extrasolar planets and astrobiology</i>. University Science Books. - Sullivan III, W. T., Baross, J. (Eds.). (2007). <i>Planets and life: the emerging science of astrobiology</i>. Cambridge University Press. - Tsokolov, S.A. (2009) Why Is the Definition of Life So Elusive? <i>Epistemological Considerations. Astrobiology</i> 9(4), 401-412. - Zahnle et al. (2007) Emergence of a Habitable Planet. <i>Space Sci Rev</i> 129, 35–78
<p>Bibliografía complementaria</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Mariscal, C., Doolittle, W. F. (2020). Life and life only: a radical alternative to life definitionism. <i>Synthese</i>, 197(7), 2975-2989. - McKay et al. (1996) Search for Past Life on Mars: Possible Relic Biogenic Activity in Martian Meteorite ALH84001. <i>Science</i> 273, 294 - McKay, C. P. (2016). Titan as the Abode of Life. <i>Life</i>, 6(1), 8. - Seager, S., Schrenk, M., & Bains, W. (2012). An astrophysical view of Earth-based metabolic biosignature gases. <i>Astrobiology</i>, 12(1), 61-82. - Seager, S. (2018). The search for habitable planets with biosignature gases framed by a 'Biosignature Drake Equation'. <i>International Journal of Astrobiology</i>, 17(4), 294-302. - Greaves, J. S., Richards, A., Bains, W., Rimmer, P. B., Sagawa, H., Clements, D. L. et al. (2021). Phosphine gas in the cloud decks of Venus. <i>Nature Astronomy</i>, 5(7), 655-664. - The Extrasolar Planet Encyclopaedia. http://exoplanet.eu/ - Virtual Planetary Laboratory Spectral Academy. http://depts.washington.edu/naivpl/content/vpl-spectral-academy



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Bioestratigrafía

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geología sedimentaria y estratigrafía Paleontología Yacimientos Petroleros	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender de forma general los grupos de microfósiles con mayor aplicación en la definición e inferencia de ambientes del pasado y aprender a emplearlos en este contexto.

Objetivos particulares:

- Comprender las bases conceptuales y el desarrollo histórico de la Bioestratigrafía así como de la metodología y técnicas de estudio.
- Aplicar éstas en la interpretación de edad de las rocas que contienen microfósiles.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	6	0
	1.1 Historia de un Concepto. De los antiguos Griegos y Romanos 1.2 El Naturalismo – El Siglo XX y más allá		
2	Las bases de la bioestratigrafía	6	4
	2.1 De los Principios y la Evolución Orgánica 2.2. La especie y el conjunto de especies 2.3. La Tafonomía 2.4 De los Orígenes y de la Extinción de las especies		
3	La Bioestratigrafía del microplancton fósil	8	4
	3.1 Concepto de las zonas basadas en las series planctónicas 3.2 La Conexión Trinidad 3.3 De las Zonas de Conjunto a las Zonas de Alcance 3.4 De las Zonas de alcance a las Filozonas 3.5 Integrando las Biozonaciones		
4	Bioestratigrafía y Cronoestratigrafía	6	20
	4.1 Las Unidades Bioestratigráfica 4.2 Los esquemas zonales más importantes del Mesozoico y Cenozoico para microfósiles calcáreos 4.3 Ejercicios		
5	Bioestratigrafía de Secuencias	6	4
	5.1. Bases, conceptos, técnicas 5.2 Ejercicios		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras: (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica

- Ager, D.V., 1973, The Nature of the Stratigraphic Record, New York, John Wiley & Sons.
- Bignot, G., Los Microfósiles, Parninfo, S.A., Madrid España, 284pp.
- Brasier, M. D.. 2004, Microfossils Blackwell Publishing, Oxford, (2nd edition), 208 pp.
- Brown, P.R., Ed., Calcareous Nanofossil Biostratigraphy, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 314 pp.
- Bolli, H.M., Saunders, & Perch-Nielsen, K., eds., Plankton Stratigraphy, Cambridge Press.
- Haq, B.U., & Boersma, A., Introduction to Marine Micropaleontology, Elsevier, New York, 376 pp.
- Molina, E., (ed.) 2002. Micropaleontología, Prensas Universitarias de Zaragoza, España. 634 pp.
- Lipps, J.E., Ed., 1993, Fossil Prokaryotes and Protists. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 330 pp.
- Berggren, W.A., Hilden, F.J., Langereis, C.G., Kent, D.V., Obradovich, J.D., Raffi, I., Raymo, M.E., & Shackleton, N.J., 1995a, Late Neogene chronology: New perspectives in high-resolution stratigraphy: Geological Society of America Bulletin 107, 1272-1287.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.C., Smith A., 2005, A Geologic Time Scale 2004, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 589.

Bibliografía complementaria

- Hemleben, C., Kaminski, M. A., Kuhnt, W., & Scott, D. B. (Eds.), 2012, Paleoecology, biostratigraphy, paleoceanography and taxonomy of agglutinated foraminifera (Vol. 327). Springer Science & Business Media.
- Powell, A. J., & Riding, J. B. (Eds.), 2005, Recent developments in applied biostratigraphy. Geological Society of London.

Revistas electrónicas:

- Marine Micropaleontology
- Micropaleontology
- Journal of Micropaleontology
- Diatom Research
- Journal of Foraminiferal Research



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Biogeoquímica de isótopos estables de C, H, O, N

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	
Seriación				
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Objetivo general:				
<ul style="list-style-type: none"> - Comprender los fundamentos teóricos y prácticos de la biogeoquímica de los isótopos estables de C, H, O y N, y sus aplicaciones. 				
Objetivos particulares:				
<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar la biogeoquímica de isótopos estables a estudios de caso relacionados con procesos hidrológicos, - Aplicar la biogeoquímica de isótopos estables a estudios de caso relacionados con productividad primaria, 				

- Aplicar la biogeoquímica de isótopos estables a estudios de caso relacionados con estudios paleontológicos
- Aplicar la biogeoquímica de isótopos estables a estudios de caso relacionados con procesos edafológicos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción y fundamentos de los Isótopos estables		
	1.1 Conceptos, definiciones e introducción a la biogeoquímica isotópica 1.2 Propiedades y abundancia natural de los isótopos estables ligeros 1.3 Notación isotópica y estándares isotópicos para C, H, O y N 1.4 Procesos de fraccionamiento isotópico 1.5 Principios de muestreo, preparación y análisis de isótopos estables	6	0
2	Isótopos estables de H, O, C y N en la Atmósfera		
	2.1 Vapor de agua 2.2 Oxígeno 2.3 Dióxido de Carbono 2.4 Metano 2.5 Nitrógeno y óxido nitroso	10	0
3	Isótopos de H y O en el Ciclo Hidrológico		
	3.1 Características isotópicas del agua en los océanos 3.2 Distribución y variación isotópica en la precipitación 3.3 Variación isotópica en el agua superficial 3.4 Valores isotópicos en el agua subterránea y durante el proceso de recarga 3.5 Aplicación de trazado isotópico en sistemas hidrológicos	14	0
4	Isótopos estables de C, H y O en la productividad primaria		
	4.1 Rol de los Isótopos estables de C y O en la productividad y el uso del agua 4.2 Señales isotópicas durante la asimilación y alocación de carbono 4.3 Factores y mecanismos de variación en los isótopos de oxígeno en las plantas 4.4 Aplicaciones de los isótopos estables provenientes de plantas	14	0

	4.5 Fronteras del conocimiento en Isótopos estables de carbono, oxígeno e hidrógeno en la productividad primaria		
5	Isótopos estables de C, N y O en mamíferos	8	0
	5.1 Relaciones isotópicas de C, N y O en restos óseos de mamíferos 5.2 Esmalte, colágeno, diagénesis 5.3 Incorporación del carbono en los restos óseos 5.4 Tamaño corporal y fisiología de los herbívoros 5.5 Incorporación del oxígeno en los restos óseos 5.6 Hábitat y movimientos 5.7 Incorporación del nitrógeno en los restos óseos 5.8 Fisiología, lactancia y cadena trófica		
6	Isótopos estables de C, N y O en los suelos	12	0
	6.1 Fuentes de los isótopos estables en los suelos 6.2 Procesos microbianos que ocurren en los suelos 6.3 Fotosíntesis microbiana 6.4 Fijación de nitrógeno 6.5 Descomposición de la materia orgánica 6.6 Carbonatos biogénicos		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras: (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras: (especificar) Asistencia	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica	
-	Michener R. y Lajtha K (Editores). Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science, 2da Edición, Wiley-Blackwell, Boston, septiembre de 2007, 594 pp. (ISBN: 978-1-405-12680-9).
-	Clark I, Fritz P. Environmental isotopes in hydrology. Boca Raton (FL): Lewis Publishers/CRC Press; 1997.

- Ehleringer JR, Hall AE, Farquhar GD (1993) Stable Isotopes and Plant Carbon-water Relations. Elsevier
- Higgins, P. 2018. Isotope ecology in biominerals. En: Croft, D. A., Su, D. F. y Simpson, S. W. Methods in Paleocology. Springer, USA. 410 pp.
- Hoefs J., 2018. Stable Isotope Geochemistry, Eighth Edition. Springer International Publishing AG part of Springer Nature, 437 pp.
- Koch, P.L. 1998. Isotopic reconstruction of past continental environments. Annual Review of Earth and Planetary Science, 26: 573-613.
- Sánchez, B. 2005. Reconstrucción del ambiente de mamíferos extintos a partir del análisis isotópico de los restos esqueléticos. En: Alcornó, P., Redondo, R. y Toledo, J. (Eds.). Nuevas técnicas aplicadas al estudio de los sistemas ambientales: los isótopos estables. Universidad Autónoma de Madrid, España. Pp: 49-64.
- Schoeninger, M. J., Kohn, M. y Valley, J. W. 2000. Tooth oxygen isotopes ratios as paleoclimate monitors in arid ecosystems. En: Ambrose, S. H. y Katzemberg, M. A. (Eds.). Biogeochemical approaches to paleodietary analysis. Kluwer Academic/Plenum Publisher, New York. Pp: 117-140.
- Tejada-Lara, J. V., MacFadden, B. J., Bermudez, L., Rojas, G., Salas-Gismondi, R. y Flynn, J. J. 2018. Body mass predicts isotope enrichment in herbivorous mammals. Proceedings of Royal Society B, 285: 20181020. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2018.1020>
- Chapin, S., Matson, P., Vitousek, P. 2011. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Second edition. Springer. 529 pp. ISBN 978-1-4419-9504-9.

Bibliografía complementaria

- Cerling, T. E y Harris, J. M. 1999. Carbon isotope fractionation between diet and bioapatite in ungulate mammals and implications for ecological and paleoecological studies. Oecologia, 120:347-36.
- Manasypov, R. M. et. al., 2022, Carbon storage and burial in thermokarst lakes of permafrost peatlands, Biogeochemistry, <https://doi.org/10.1007/s10533-022-00914-y>

Revistas electrónicas:

- Biochemistry
- Biochemical journal
- Biochemical and Biophysical Research Communications
- Biogeochemistry



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Biogeoquímica orgánica molecular

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos petroleros	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los conceptos de biomarcadores lípidos (ciclos y procesos), biología molecular y proxies orgánicos asociados para la reconstrucción paleoambiental y paleoclimática con base en sedimentos lacustres y marinos.

Objetivos particulares:

- Comprender las principales técnicas analíticas para el análisis de compuestos lípidos moleculares y aprender la identificación e interpretación de dichos compuestos mediante el uso de cromatogramas.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Métodos analíticos		

	1.1 Muestreo 1.2 Extracción de materia orgánica 1.3 Análisis de compuestos orgánicos 1.4 Cromatografía de gases 1.5 Cromatografía líquida 1.6 Espectrometría de masas 1.7 Evaluación de datos	8	8
2	El concepto de Biomarcador		
	2.1 Introducción 2.2. Biomarcadores de Eucariotas 2.3. Biomarcadores de Archaea 2.4 Biomarcadores de Bacteria	8	0
3	Proxies orgánicos		
	3.1 Temperatura de lagos y superficie marina 3.2 Composición del Fitoplancton 3.3 Anoxia/estratificación 3.4 Contribución terrestre 3.5 Temperatura continental 3.6 Aridez y humedad	8	8
4	Diagénesis de Biomarcadores		
	4.1 Oxidación/mineralización 4.2 Sulfurización 4.3 Aromatización 4.4 Desfuncionalización 4.5 Isomerización 4.6 Catagénesis	8	0
5	Lípidos Polares Intactos, biología molecular		
	5.1. Introducción 5.2 Análisis directos e indirectos 5.3 Usos de LPI en Biogeoquímica 5.4 Contribuciones de la biología molecular a la biogeoquímica orgánica	4	0
6	Isotopos estables		
	6.1 Isotopos estables de C/N en compuestos lípidos específicos 6.2 Isotopos estables de H en compuestos lípidos específicos	4	0
7	Aplicaciones		
	7.1 Ejemplos en sedimentos lacustres 7.2 Ejemplos en sedimentos marinos	8	0
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras: (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar) Asistencia	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Eglinton, G. and Murphy, M.T.J. eds., 2013. Organic geochemistry: methods and results. Springer Science & Business Media. - Killops, S.D. and Killops, V.J., 2013. Introduction to organic geochemistry. John Wiley & Sons. - Schwarzbauer, J. and Jovancicevic, B. eds., 2020. Introduction to Analytical Methods in Organic geochemistry. Springer Science & Business Media. 	
Bibliografía Complementaria:	
<ul style="list-style-type: none"> - Engel, M.H. and Macko, S.A. eds., 2013. Organic geochemistry: principles and applications (Vol. 11). Springer Science & Business Media. - Reddy, K. R., & DeLaune, R. D., 2008, Biogeochemistry of wetlands: science and applications. CRC press. - Likens, G. E., 2013, Biogeochemistry of a forested ecosystem. Springer Science & Business Media. - Bashkin, V. N., & Howarth, R. W., 2002, Modern biogeochemistry. Springer Science & Business Media. - Schlesinger, W. H. (Ed.), 2005, Biogeochemistry (Vol. 8). Elsevier, 672p. - Volk, H. George, S. C., 2019, Using petroleum inclusions to trace petroleum systems- A review, Organic Geochemistry, Vol 129, pag. 99-123 <p>Revistas electrónicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Organic geochemistry - Geochemical Journal - Organic and Biomolecular Chemistry 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Biología de Suelos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias del Suelo Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre).		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender las principales funciones de los organismos del suelo en los servicios ecosistémicos, mantenimiento de la biodiversidad de los biomas, ciclos biogeoquímicos y fertilidad del suelo.

Objetivos particulares:

- Distinguir los principales grupos de organismos que habitan en el suelo y sus funciones.

Contenido temático

Unidad	Temas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas

1	Fundamentos básicos del suelo: composición, pedogénesis, taxonomía, procesos formadores y características principales de los horizontes	6	0
2	El suelo como compartimento de la zona crítica, pedosfera, litosfera, biosfera	6	0
3	El suelo como el hábitat más complejo de la Tierra. Biodiversidad edáfica	6	0
4	Macro, meso y microbiota y grupos funcionales	6	0
5	Compartimentos de estudio del suelo y los procesos que los rigen	6	0
6	Detritosfera (principales procesos de descomposición de la materia orgánica y los organismos que intervienen)	6	0
7	Drilosfera (acción de las lombrices en la fertilidad y estructura de los suelos)	6	0
8	Agregatosfera (estabilidad biológica de agregados, agentes agregantes, organismos agregantes, etc.)	6	0
9	Porosfera (gases de la atmosfera del suelo, micro, meso y macroporos, microanaerofilia)	6	0
10	Rizosfera (compartimentos de la rizosfera y sus principales procesos)	6	0
11	Intemperismo biológico	4	0
Subtotales		64	0
Total		64	
Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Seminarios	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en clase	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Otras:Tareas, seminarios, reportes de prácticas	(x)
Prácticas de campo	()		
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Alexander, M. (1978). Introduction to soil microbiology. Soil Science, 125(5), 331. - Burgers, A. (Ed.). (2012). Soil biology. Elsevier. - Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (2004). The living soil: fundamentals of soil science and soil biology. Science Publishers. - Paul, E. (Ed.). (2014). Soil microbiology, ecology and biochemistry. Academic press. - Tate III, R. L. (2020). Soil microbiology. John Wiley & Sons. - Wood, M. (1989). Soil Biology. Blackie & Son Ltd..
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Coleman, D. C., Odum, E. P., & Crossley, D. A. (1992). Soil biology, soil ecology, and global change. Biology and Fertility of Soils, 14(2), 104-111. - de Souza Moreira, F. M., Bignell, D. E., & Huising, E. J. (Eds.). (2008). A handbook of tropical soil biology: sampling and characterization of below-ground biodiversity. Earthscan. - Dindal, D. L. (Ed.). (1990). Soil biology guide (No. 631.46 D5). New York: Wiley.

- Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., & Margesin, R. (Eds.). (2012). *Methods in soil biology*. Springer Science & Business Media.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Cambio climático global

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera Hidrometeorología y aprovechamiento y balance energético Cambio climático y climatología física Calidad del aire y salud	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X)	Ninguna ()
		Evaluación de impactos del cambio climático en sistemas naturales y humanos	

Objetivo general:

- Conocer los fundamentos físicos del cambio climático.

Objetivos particulares:

- Analizar la variabilidad climática del planeta en diferentes escalas temporales.

- Conocer metodologías para contabilizar gases de efecto invernadero y analizar medidas de mitigación propuestas en foros internacionales.
- Conocer los modelos climáticos que se emplean para analizar un posible cambio futuro y metodologías para evaluar posibles impactos.
- Conocer la posición de México.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	2
	1.1. Breve historia de la ciencia de cambio climático 1.2. Foros internacionales		
2	El sistema climático	2	2
	2.1. Atmósfera, hidrósfera, criósfera, litósfera y biósfera 2.2. Forzamiento radiativo y sensibilidad climática 2.3. Mecanismos de retroalimentación		
3	Variabilidad climática	4	4
	3.1 Cambios climáticos pasados 3.2 Glaciaciones y teoría de Milakovich 3.3 Oscilaciones climáticas de baja frecuencia 3.4 Cambio climático actual		
4	Balance energético del sistema climático	2	2
	4.1. Efecto invernadero y calentamiento global 4.2. Evidencias actuales		
5	El papel de la estratósfera en el cambio climático	2	2
	5.1 Conservación de la capa de ozono 5.2 Variaciones del vapor de agua en la estratósfera		
6	Emisiones de gases con efecto invernadero	4	4
	6.1 Tendencias en las emisiones 6.2 El caso de México. Inventario de emisiones		
7	Mitigación del cambio climático	6	6
	7.1 Captura física y biológica de carbono en el océano 7.2 Tecnologías de emisiones negativas		
8	Modelos climáticos	2	2
	8.1 Modelos globales simples 8.2 Modelos globales complejos		
9	Escenarios climáticos futuros	4	4
	9.1 Escenarios con MAGIC C6		
10	Estudio de impactos del cambio climático	2	2
	10.1 Modelos simples 10.2 Modelos integrados		
11	Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático	2	2
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)

Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	
Ejercicios fuera del aula	()	(x)	
Estudios de caso	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en clase	(x)
Trabajo de Investigación	()	Seminario	
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	()	
Prácticas de campo	()	Participación en foros	()
Aprendizaje colaborativo	()	Portafolios electrónicos	()
Otras (especificar)	()	Ensayos	()
		Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

J. P. Peixoto and A.H. Oort, Physics of Climate, AIP & Springer Verlag, 1992, ISBN 0 88318-712-4.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Bibliografía complementaria

D. Archer. Global Warming, Understanding the Forecast, 2nd Ed., 2011, ISBN: 978-0-470-94341-0, Wiley-Blackwell

K. McGufflie, A. Henderson-Sellers. The Climate Modelling Primer, 4th Ed., 2014, ISBN: 978-1-119-94336-5. Wiley-Blackwell.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Cambio climático global: fundamentos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Presentar una visión integrativa de la ciencia del Cambio Climático, identificando los aspectos fundamentales del sistema climático terrestre y ofreciendo una síntesis de los procesos de cambio climático global a lo largo de la historia terrestre, con énfasis en la evolución natural del clima.

Objetivos particulares:

- Presentar un panorama del funcionamiento del sistema climático moderno y los mecanismos que controlan el cambio climático en diferentes escalas temporales.
- Discutir la problemática del cambio climático actual, a través de una visión integrativa de los cambios del clima en el pasado.

- Desarrollar criterios para entender y evaluar el calentamiento global actual y las predicciones a futuro.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	El clima actual	16	0
	1.1. Principios generales de climatología 1.2. Circulación general de atmósfera y océanos 1.3. Climas modernos con énfasis en el país 1.4. Ciclos biogeoquímicos 1.5. Ambientes de depósito		
2	Cambio Climático: Registros de la temperatura de la Tierra:	17	0
	2.1. Perspectiva general del clima en la Tierra 2.2. El clima durante el Cuaternario 2.2.1 Ciclos glaciares y desglaciación 2.3 El Holoceno		
3	Cambio Climático: los últimos 2000 años	17	0
	3.1 Perspectiva histórica 3.2 Oscilaciones climáticas 3.3 Cambio climático vs. Calentamiento global		
4	Introducción a los métodos para la reconstrucción paleoecológica	14	0
	4.1. Fechamientos radiométricos 4.2. Isótopos estables 4.3 Indicadores geoquímicos 4.4. Indicadores biológicos		
Subtotales		64	0
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras: (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras: (especificar) Asistencia	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica

- Akin, E. W., 1990. Global patterns: climate, vegetation and soils. University of Oklahoma Press.
- Barry, R. G.; Chorley, R. J. 2003 Atmosphere, Weather, and Climate Taylor & Francis
- Bryson, A. R., Hare, F. K., 1974. Climates of North America. Elsevier Scientific Publishing Co..
- Bradley, R.S. 1999. Palaeoclimatology. Reconstructing Climates of the Quaternary. International Geophysics Series, Vol. 64 Academic Press
- Bradley, R.S., Jones, P.D. (Eds.) 1999. Climate since A.D. 1500. Routledge, London and New York 500p.
- Caballero M., Lozano-García S, Vázquez-Selem L, Ortega B (2010) Evidencias de cambio climático y ambiental en registros glaciales y en cuencas lacustres del centro de México durante el último máximo glacial. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 62:359-377
- Cohen A., 2003 Paleolimnology. Oxford University Press
- Christopher B., Raupach M.R. 2004. The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World. Island Press
- Crowley, T.J., North, G.R. 1991. Palaeoclimatology, Oxford University Press.
- Fagan B. 2004. The long summer, how climate change civilization. Basic Books.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Haslett, S.K. 2002. Quaternary Environmental Micropaleontology. Arnold Press. 340p.
- Hastenrath, S., 1991. Climate dynamics of the tropics. Kluwer Academic Publisher, Amsterdam.
- Hoffman D.L., Simmons, A. 2008 The Resilient Earth: Science, Global Warming and the Fate of Humanity.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2007,
- Lozano S., Caballero M., Ortega B., Sosa S., 2019 Insights into the Holocene Environmental History of the Highlands of Central Mexico. En: Torrescano N., Islebe G., Roy P. (eds.) The Holocene and Anthropocene Environmental History of Mexico Springer Nature Switzerland, pp: 97 – 113 Doi: 10.1007/978-3-030-31719-5_6
- Maslin, M., 2005. Global Warming: A Very Short introduction, Oxford University Press.
- Sudbury, Mass Ruddiman, W.F. 2001 Earth's Climate: Past and Present. Freeman
- Roberts, N. 2000. The Holocene, an environmental history. Blackwell Publishers, Oxford.
- Saltzman, B. 2002 Dynamical Paleoclimatology. Generalized Theory of Global Climate Change. Academic Press. 354p.
- Seidov, D., Haupt, B.J. y Maslin, M. 2000. The oceans and rapid climate change: past present and future. Geophysical Monograph 126 AGU.
- Trewartha, T. G., 1968. An introduction to climate. International Student Edition., McGraw-Hill, Tokyo.
- Vivo Escoto, J. A., 1964. Weather and climate of Mexico and Central America. En: R. Wauchope & M.A.L. Harrison (eds.), Handbook of Middle American Indians vol. 1. 187 - 215, University of Texas Press, Austin.

Bibliografía complementaria

- Caballero, M., S. Lozano y B. Ortega (2007) Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. Revista Digital Universitaria [en línea]. Vol. 8 (10): <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>
- Sabine C L., et al. 2004 Current Status and Past Trends of the Global Carbon Cycle In: Christopher B., Raupach M.R. 2004. The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World. Island Press

- Mammalian Response to Cenozoic Climatic Change Jessica L. Blois and Elizabeth A. Hadly. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 2009. 37:181–208. Special Volume: Year Of Planet Earth, 2008, *Nature* 451(7176).
- The Climate of the Last Millennium R.S. Bradley, K.R. Briffa, J.E. Cole., M.K. Hughes, T.J. Osborn.
- Ice-core evidence of abrupt climate changes. Richard B. Alley, *PNAS* February 15, 2000 u vol. 97 (4) 1331–1334



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Clima Espacial

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos del espacio exterior	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Reconocer el Clima Espacial y la importancia de su estudio.

Objetivos particulares:

- Comprender los fenómenos que generan el Clima Espacial.
- Identificar las afectaciones que causan en el ambiente cercano a la Tierra.
- Instruirse en el monitoreo del Clima Espacial.
- Utilizar los servicios internacionales de Clima Espacial.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas

1	Generalidades	2	0
	1.1 Historia y antecedentes del Clima Espacial 1.2 Importancia del estudio del Clima Espacial		
2	Actividad solar	12	0
	2.1 Fulguraciones 2.2 Partículas Energéticas Solares 2.3 Eyecciones de Masa Coronal 2.4 Regiones de Interacción entre Corrientes de Viento Solar 2.5 Tormentas Solares y el Ciclo de Manchas		
3	Interacción del Viento Solar con la Magnetósfera Terrestre	6	0
	3.1. Choque de Proa y Magnetósfera 3.2. Interacción del Viento Solar con la Magnetósfera de la Tierra 3.3 Reconexión Magnética y Tormentas Geomagnéticas 3.4 Índices Globales: Dst, Sym_H, K 3.5 Índices Locales: ΔH_{TEO} , KMex		
4	Cinturones de Radiación y Corriente del Anillo	4	0
	4.1 Origen y Formación del Cinturón de Radiación 4.2 Estructura y Dinámica del Cinturón de Radiación 4.3 Origen, Formación y Estructura de la Corriente del Anillo 4.4 Física y Dinámica de la Corriente del Anillo		
5	Ionósfera	8	0
	5.1 Corrientes y Conductividades 5.2 Auroras 5.3 Fluctuaciones en la Densidad de Electrones 5.4 Ionosondeos		
6	Afectaciones a las Comunicaciones	4	0
	6.1 Corrientes en la Ionósfera y Burbujas de Plasma 6.2 Efectos de las Fulguraciones 6.3 Sistemas de Navegación 6.4 Arrastre de Satélites de Baja Altitud 6.5 Variaciones por Vapor de Agua 6.6 Radio Comunicaciones		
7	Afectaciones a las Redes Eléctricas	4	0
	7.1 Corrientes Geomagnéticamente Inducidas (GIC) 7.2 Modelado de GICs		
8	Afectaciones por Radiación Corpuscular en el Espacio	6	0
	8.1 Campos de Radiación 8.2 Dosimetría de la radiación 8.3 Efectos de la Radiación en Humanos 8.4 Implicaciones en Vuelos Espaciales Tripulados 8.5 Implicaciones en Vuelos Polares y de Gran Altitud		
9	Afectaciones en la Operación y el Hardware de Naves Espaciales	6	0
	9.1 Dinámica del Ambiente Espacial 9.2 Monitoreo del Ambiente Espacial 9.2.1. Mediciones a Nivel de Tierra 9.2.2. Mediciones en el Espacio 9.3 Radiación sobre Componentes Electrónicos		
10	Afectaciones en la Navegación de Satélites	4	0

	10.1 Navegación Satelital 10.2 GNSS 10.3 Propagación de Señales 10.4 Navegación y Posicionamiento		
11	Otras Afectaciones 11.1 Oleoductos y Gasoductos 11.2 Clima 11.3 Biota	4	0
12	Monitoreo y Colaboración Internacional 12.1 Servicios de Clima Espacial 12.2 Alertamiento y Escalas de la NOAA 12.3 Colaboración Internacional	4	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	(x)
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Bothmer, V., & Daglis, I. (2007). Space weather-physics and effects. Alemania: Springer y Praxis Publishing. - Kivelson, M.G., & Russell, C.T. (1995). Introduction to space physics. EUA: Cambridge University Press. - Lilensten, J., & Bornarel, J. (2006). Space Weather Environment Societies. The Netherlands: Springer. - Moldwin, M. (2008). An introduction to space weather. EUA: Cambridge University Press. - Parks, G.K. (2004). Physics of space plasmas an introduction. (2a ed.). EUA: Westview Press. - Scherer, K., Fichtner, B., Heber, B., & Mall, U. (2005). Space weather. The physics behind a slogan, The Netherlands: Springer. - Haigh, J.D., Lockwood, M., Giampapa, M. S. (2005). The Sun, Solar Analogs and the Climate. Saas-Fee Advanced Course 34. The Netherlands: Springer. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Aschwanden, M.J. (2006). Physics of the solar corona. Alemania: Springer-Praxis. - Balogh, A., Lanzerotti, L., & Suess, S. (2008). The heliosphere through the solar activity cycle. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Curso de campo de Geoarqueología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 1	Teóricas: 16
			Prácticas: 3	Prácticas: 48
			Total: 4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Estudiar interacción entre las sociedades antiguas y su medio ambiente en los ecosistemas áridos del Desierto Sonorense

Objetivos particulares:

- Identificar en el campo los archivos del cambio ambiental que pudieron afectar las culturas antiguas: paleosuelos, sedimentos, etc.
- Evaluar los recursos naturales (edáficos, vegetales etc.) que formaron la base de subsistencia de las sociedades antiguas.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Geoarqueología de las culturas Sonorenses	7	20
	1.1 Poblamiento temprano		
	1.2 Sociedades arcaicas		
	1.3 Sociedades agrícolas		
2	Archivos paleoecológicos del cuaternario tardío	7	20
	2.1 Paleosuelos		
	2.2 Barniz del desierto		
	2.3 Sedimentos aluviales y costeros		
3	Recursos naturales para economía tradicional	2	8
	3.1 Recursos vegetales del desierto sonorense		
	3.2 Recursos edáficos		
	3.3 Barniz del desierto como "lienzo" para los petroglifos		
Subtotales		16	48
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras: (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras: (especificar) Asistencia	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Doctorado en Ciencia del Suelo.			
Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Carlos Cordova. Geoarchaeology: The Human-Environmental Approach. London & New York: I.B. Tauris, 2018, 294pp., ISBN 978-1-78831-301-8 - Goldberg, P. & Macphail, R.I. 2006. Practical and Theoretical Geoarchaeology. Oxford: Blackwell. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - French, C., 2005, Geoarchaeology in action: studies in soil micromorphology and landscape evolution. Routledge. - Conyers, L. B., 2016, Ground-penetrating radar for geoarchaeology. John Wiley & Sons. 	

- Goldberg, P., & Macphail, R., 2008, Practical and theoretical geoarchaeology. Oxford: Blackwell publishing, 469 p.
- Gilbert, A. S., Goldberg, P., Holliday, V. T., Mandel, R. D., & Sternberg, R. S. (Eds.), 2017, Encyclopedia of geoarchaeology. Springer Netherlands.
- Shackley, M. S. (Ed.), 2010, X-ray fluorescence spectrometry (XRF) in geoarchaeology. Springer Science & Business Media.
- Holliday, V.T. 2004. Soils in Archaeological Research. New York: Oxford University Press.

Revistas electrónicas:

- Archaeological prospection
- Geoarchaeology
- Archaeological and Anthropological Sciences



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Curso de Campo de Monitoreo Ambiental

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias del Suelo Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (contaminación)	
Modalidad	Curso		Tipo	Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 0	Teóricas: 0
			Prácticas: 4	Prácticas: 64
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Degradación y Contaminación de Suelos, o Física de Suelos, o Química ambiental de suelos
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender los métodos de campo para el monitoreo del comportamiento y transporte de contaminantes dentro y entre los compartimentos del ambiente (suelo, agua superficial, agua subterránea, planta, atmósfera), evaluar sus alcances y limitaciones y aplicarlos para comprender los procesos ambientales que ocurren en un problema ambiental específico.

Objetivos particulares:

- Entender los métodos para el levantamiento general del espacio natural de interés dentro de problemáticas ambientales específicas.
- Comprender los métodos de campo para caracterizar al suelo y al agua (pH, Eh, C.E.), y medirá la dirección y velocidad del flujo del agua subterránea a través de la instalación de pozos de observación del nivel freático), así como métodos para medir la biomasa superficial de la planta.
- Comprender los métodos de campo para caracterizar el movimiento del agua a través del suelo y determinar procesos de transformación y translocación de nutrientes y contaminantes dentro de y entre los compartimentos ambientales Ejemplos: métodos para determinar el balance hídrico y métodos para medir la translocación de iones en solución (lisímetros de succión).
- Instruirse en el monitoreo de emisiones de gases del suelo hacia la atmósfera.
- Instruirse en la evaluación de los alcances y limitaciones de los diferentes métodos y realizará un análisis de los factores determinantes de problemáticas ambientales específicas.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Estudios de caso: 1.1 Caracterización del espacio biofísico (levantamiento de atributos del terreno, descripción de suelos) 1.2 Identificación de procesos de degradación 1.3 Elaboración de un marco conceptual y postulación de hipótesis	0	12
2	Selección de métodos (revisión del fundamento teórico; análisis de ventajas y desventajas)	0	4
3	Aplicación de métodos 3.1 Medición de flujos de agua (superficiales y subsuperficiales mediante pozos de observación) 3.2 Medición de infiltración 3.3 Medición del contenido de humedad 3.4 Medición del potencial energético del agua 3.5 Extracción de la solución del suelo y determinación de iones por métodos colorimétricos en el campo) 3.6 Medición del potencial redox 3.7 Medición de emisiones de gases con efecto invernadero.	0	24
4	Análisis de datos 4.1 Balance hídrico 4.2 Balance de masa (iones, N).	0	24
Subtotales		0	64
Total			64

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()		

Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Seminario	()
Prácticas de campo	(x)	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	(x)
Otras: (especificar)	()	Control de lecturas	(x)
		Videos	(x)
		Otras: Reporte de práctica de campo	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en Ciencia del Suelo o Ciencias Ambientales.
Publicaciones recientes en la temática relacionada con el curso.
Manejo de los métodos de monitoreo.

Bibliografía básica

- Brady N.C. y Weil, R.R. (1996). The Nature and properties of soils, 11a. ed., Prentice Hall International Editions.
- Burt, Rebecca (editor). 2014. Soil survey field and laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report No. 51 Version 2.0. USDA. Lincoln, Nebraska.
- Hillel Daniel. 1998. Environmental Soil Physics. Academia Press. Toronto. 771 pp.
- Lal, Rattan; Shukla, Manoj K. Principles of Soil Physics. CRC Press; 1er edición, 2004. ISBN-10 9780824753245
- Stumm, W., and Morgan JJ. (1996): Aquatic Chemistry. Environmental Science and Technology. Wiley Interscience Series of texts and monographs. 3rd edition. John Wiley and Sons. Inc. 1022 p.
- Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (2016). Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en campo, 4a. ed., México, D.F., 57 p.

Bibliografía complementaria

- Soil & Tillage Research. Volumen 79, 2004. Special issue: Soil physical quality
- Artículos científicos y mapas que describan a la zona de estudio.
- Artículos científicos relacionados con los procesos que se van a monitorear.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Curso de Campo de Suelos y Geomorfología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias del Suelo Geomorfología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 1	Teóricas: 16
			Prácticas: 3	Prácticas: 48
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Suelos y Geomorfología
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Instruirse en la realización de cartografía geopedológica, es decir, integrar los componentes relieve, suelo y cobertura como fundamento del análisis del paisaje que se realiza dentro del marco de los estudios ambientales y de ecología del paisaje y conocer algunas aplicaciones para el manejo de recursos naturales.

Objetivos particulares:

- Reconocer las principales formas del relieve y a delimitarlas a través de la interpretación de fotografías aéreas para construir un mapa geomorfológico a escala semi-detallada.

- Describir los suelos asociados a las formas de relieve, a reconocer los procesos pedogenéticos que lo formaron, a evaluar las características edafo-ecológicas de sitio y a clasificar suelos según la clasificación internacional de la WRBSR.
- Instruirse en la realización de un mapa de cobertura a partir de fotointerpretación y verificación en campo.
- Integrar la información geomorfológica y edafológica en un mapa morfopedológico a escala semi-detallada.
- Aplicar la información obtenida para el análisis de aptitud que se realiza dentro del marco de la Evaluación de Tierras y en ejercicios de evaluación de vulnerabilidad a la degradación de las unidades morfopedológicas identificadas.
- El análisis de los potenciales de las diferentes unidades de paisaje para brindar servicios ambientales.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Fundamentos	6	6
	1.1 Fundamentos del levantamiento morfopedológico		
	1.2 Introducción a la fotointerpretación		
2	Práctica de campo	0	30
	2.1 Descripción de perfiles de suelo en el campo		
	2.2 Evaluación edafo-ecológica		
3	Análisis de la información	10	12
	3.1 Análisis de servicios/potenciales ecosistémicos		
	3.2 Análisis de aptitud		
	3.3 Vulnerabilidad a la degradación		
	3.4 Evolución del paisaje		
	3.5 Procesos pedogenéticos y morfodinámicos		
Subtotales		16	48
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras: (especificar)	()	Videos	()
		Otras: Reporte de práctica de campo	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en Geomorfología y en Ciencia del Suelo.			
Publicaciones recientes en la temática relacionada con el curso.			

Bibliografía básica

- IUSS Working Group WRB. (2015). World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 192 p.
- Legros, J.-P. (2006). Mapping of the soil, Enfiel, NH, Science Publishers, 411 p.
- Schaetzl R.J., y Anderson, S. (2005). Soils: Genesis and Geomorphology, Cambridge & New York, Cambridge University Press, 832 p.
- Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (2016). Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en campo, 4a. ed., México, D.F., 57 p.
- Soil Science Division Staff (2017). Soil survey manual. USDA Handbook 18. USDA, Washington, D.C., 603 pp. [<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/publication/>].
- Weil, R., y Brady, N. (2016). The Nature and Properties of Soils. 15a ed., Pearson, 1075 p.
- Zinck, J.A. (2012). Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. ITC Special Lecture Notes Series. ITC Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands, 123 p. [www.itc.nl/Pub/Home/library/Academic_output/ITC-Special-Lecture-Notes-Series.html]

Bibliografía complementaria

- Arredondo-León, C., Muñoz-Jiménez, J., & García-Romero, A. (2008). Recent changes in landscape-dynamics trends in tropical highlands, central Mexico. *Interciencia*, 33(8), 569-577.
- Blatter, D. L., Carmichael, I. S., Deino, A. L., & Renne, P. R. (2001). Neogene volcanism at the front of the central Mexican volcanic belt: basaltic andesites to dacites, with contemporaneous shoshonites and high-TiO₂ lava. *Geological Society of America Bulletin*, 113(10), 1324-1342. ISO 690.
- Ferrari, Luca; Tagami, Takahiro; Eguchi Mugihiko; Orozco-Esquivel, Ma. Teresa; Petrone, Chiara M.; Tacobo-Albarrán, Jorge y López-Martínez, Margarita. (2005) Geology, Geochronology and Tectonic setting of late Cenozoic. Volcanism along the southwestern Gulf of Mexico: the eastern alkaline province revisited. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*; 146. 284-306.
- Gueye, K. (2010). Potencial de captura de carbono en suelos de ladera en la subcuenca del río Piricua en Tuxpan, Michoacán. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de maestría. 83 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 1998. Carta topográfica 1:50 000. Ciudad Hidalgo E14A25.
- INEGI, Carta Geológica E14A25; escala 1: 50,000. Cd. Hidalgo.
- INEGI. (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est
- Orozco-Ramírez, L. E. (2016). Elementos para la conceptualización del sistema hidrológico en Jungapeo, Michoacán. Tesis de licenciatura. UNAM México.
- Siebe, C., Vázquez, L., Pinales, D., Peña, V., Fernández, N., Bocco, G., Legorreta, G., Velázquez, A., 2005. Field guide to the Tuxpan area and the region of Parícutin volcano (Michoacán state). *Global soil change: Times, scales and rates of pedogenetic processes*.
- Siebe, C., Goff, F., Armienta, M. A., Counce, D., Poreda, R., & Chipera, S. (2007). Geology and hydrogeochemistry of the Jungapeo CO₂-rich thermal springs, State of Michoacán, Mexico. *Journal of volcanology and geothermal research*, 163(1), 1-33.
- SMN, 2017. Bases de datos publicadas para el estado de Michoacán, en la página web del Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN). <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=mich>



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Curso de Geología de Campo

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 1	Teóricas: 16
			Prácticas: 3	Prácticas: 48
			Total: 4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)		Tectónica de placas, o Petrología de rocas ígneas, o Geología Estructural, o Geomorfología y Neotectónica	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)		Estratigrafía, o Petrología metamórfica, o Petrología de rocas clásticas, o Petrología de rocas carbonatadas	

Objetivo general:

- Instruirse en la realización de levantamientos geológicos en campo.

Objetivos particulares:

- Instruirse en la preparación del trabajo de campo (recopilación de información existente, repaso de habilidades prácticas de campo, preparación del mapa base e implementación de un Sistema de Información Geográfica).

- Realizar un levantamiento geológico de una zona de estudio específica.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Elementos de la cartografía geológica	2	8
	1.1 Revisión de diferentes tipos de mapas geológicos, datum y proyecciones geográficas 1.2 Medición de líneas, planos y superficies con brújula. Proyección de estos elementos geométricos en una base topográfica 1.3 Regla de las "v's" y análisis de planos definidos por tres puntos		
2	Revisión de elementos de Estratigrafía	2	8
	2.1 Definición de unidades litoestratigráficas 2.2 Tipos de discordancias 2.3 Secuencias, límites de secuencias y datum		
3	Revisión de temas de Geología Estructural	1	8
	3.1 Identificación y medición de zonas de falla 3.2 Identificación y descripción de pliegues 3.3 Identificación y descripción de fábricas metamórficas		
4	Revisión sobre rocas, texturas y estructuras sedimentarias	1	4
5	Revisión sobre rocas, texturas y estructuras metamórficas	1	4
6	Revisión sobre rocas, texturas y estructuras ígneas	1	8
7	Preparación de mapas base y análisis geomorfológicos del área de trabajo de campo, utilizando sistemas de información geográfica	4	8
8	Curso de primeros auxilios	4	0
Subtotales		16	48
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Otras: Reporte final de trabajo de campo, mapa, columna y secciones geológicas	(x)
Otras: (especificar)	()		
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Experiencia en levantamiento geológico.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none">- Barnes, J. W., & Lisle, R. J. (2013). Basic geological mapping. John Wiley & Sons.- Compton, R. R. (1985). Geology in the Field.- Delgado Martin, Jordi, et al. 2010. Prácticas de Geología: Mapas Geológicos y Problemas. Microsoft Word - Prácticas de Geología.doc (udc.es).- Lisle, R. J. (2020). Geological structures and maps: A practical guide. Butterworth-Heinemann.- McClay, K. R. (2013). The mapping of geological structures. John Wiley & Sons.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none">- Passchier, C. W., Myers, J. S., & Kröner, A. (2012). Field geology of high-grade gneiss terrains. Springer Science & Business Media.- Tucker, M. E. (2003). Sedimentary rocks in the field. John Wiley & Sons.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Degradación y Contaminación de Suelos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos Ciencias del Suelo Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (contaminación)	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico- Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Análisis de suelos y aguas, o Hidrogeología de campo, o Curso de campo de monitoreo ambiental	

Objetivo general:

- Analizar los procesos de degradación y contaminación en suelos, para identificar las formas en que afectan la calidad del aire, del agua y de la biota.

Objetivos particulares:

- Comprender las funciones ecológicas que los suelos cumplen en los ecosistemas.
- Comprender los factores determinantes de los procesos de degradación del suelo.

- Instruirse en la evaluación de los impactos de los procesos de degradación sobre las funciones ecológicas de los suelos.
- Entender las principales medidas de protección, restauración y saneamiento de suelos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción: Marco conceptual: suelo y terreno, funciones y potenciales de los suelos, resiliencia, los suelos en el contexto del ordenamiento ecológico del territorio	4	0
	1.1 Conceptos pedón, perfil, pedósfera		
	1.2 Estructura jerárquica de la pedósfera y variabilidad espacial		
	1.3 Calidad del suelo		
	1.4 Multifuncionalidad del suelo, potenciales de uso y resiliencia		
2	Funciones de los suelos en los ecosistemas	12	0
	2.1 El suelo como regulador del ciclo hidrológico		
	2.2 El suelo como hábitat de organismos y transformación de detritus orgánicos		
	2.3 El suelo como filtro, amortiguador y transformador		
	2.4 El suelo como medio en el que crecen las plantas		
3	Procesos de degradación de suelos, medidas de conservación y prácticas de restauración-saneamiento:	28	0
	3.1 Degradación de suelos por erosión		
	3.2 Degradación de suelos por salinización		
	3.3 Degradación de suelos por compactación y otros efectos de la labranza		
	3.4 Degradación por pérdida de materia orgánica y su efecto en el cambio climático global		
	3.5 Efectos de la fertilización excesiva de los suelos		
	3.6 Contaminación de suelos por compuestos orgánicos (hidrocarburos y plaguicidas)		
	3.7 Restauración y saneamiento de suelos contaminados		
	3.8 Contaminación de suelos por metales pesados		
	3.9 Suelos urbanos		
	a) Sellamiento de superficie		
	b) Manejo de desechos (basura, composta, agua, lodos)		
4	Estrategias y herramientas para estudios edafológicos ambientales	2	0
5	Aspectos legales de la degradación/restauración de suelos	2	0
	Práctica de campo 1 (1 día). Descripción de perfiles de suelos volcánicos en el parque ecológico de la CdMx	0	8
	Práctica de campo 2 (1 día) Visita a la planta de composta de CdMx y al exlago de Texcoco	0	8
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()

Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final oral	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	(x)
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Otras: Reportes de prácticas de campo	(x)
Otras: (especificar)	()		
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en Ciencia del Suelo.			
Publicaciones recientes en la temática relacionada con el curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Brady, N.C. y R. Weil, (2017): The nature and properties of soils. 15th Edition. Pearson Education. - Porta Casanellas, J.. M. López Acevedo Reguerín, R. Poch. 2013. Edafología: uso y protección de suelos. 3ª edición. Editorial Mundiprensa. - Porta Casanellas, J. y M. López Acevedo Reguerín (2003): Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Editorial Mundi-prensa, 3ª Edición, España, 541 págs. - Blume, H.-P. et al Scheffer/Schachtschabel (2015): Soil Science. 2015. Springer. 614 p. - White, R.E. (2005): Principles and Practice of Soil Science. The soil as a natural resource 4a edición, Blackwell Science.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Hillel, D. (Ed.). 2005. Encyclopedia of Soils in the Environment. 1a Edición, (en 2022 se publicará la 2a edición). Elsevier. 2200 p. - Morgan, R.P.C. 2005: Soil erosion and conservation. 3a edición. Blackwell Science. - Tessema Genanew Jember. 2011: Management of Salt Affected Soils: Soil Analysis for Soil Salinity and Soil fertility status. VDM Verlag Dr. Müller - IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press. https://www.ipcc.ch/srccl/ - Bijay Singh and E. Craswell (2021): Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. SN Applied Sciences (2021) 3:518 https://doi.org/10.1007/s42452-021-04521-8 - Duarte, A. C., A. Cachada, y T. Rocha Santos (2018): Soil Pollution: from monitoring to remediation. Elsevier. https://doi.org/10.1016/C2016-0-02243-X - Claudio Mondini, Miguel A. Sánchez-Monedero, Maria Luz Cayuela and Ed Stentiford Soils and Waste Management: A Challenge to Climate Change. Waste Management, (4): 671-672. ISSN-e 0956-053X Waste Management, Volume 28, Issue 4, Pages 671-774 (2008) - Āšbeda and J. Mataix-Solera . 2008. Fire Effects on Soil Properties, Edited by X.. Catena, Volume 74, Issue 3, Pages 175-334 (15 August 2008).

- Levin, MJ., Kim, K., Morel, JL, Burghardt, W., Charzynsky, P., Shaw, RK. (Eds) 2017. Soils within cities. IUSS Working Group SUIITMA. . Catena-Schweizerbart, Stuttgart.
- Swartjes, F. 2011. Dealing with contaminated sites. Springer
- Blanco-Canqui , H. & Rattan, L. 2010. Principles of Soil Conservation and Management. Springer.
- Omuto CT, Vargas RR, El Mobarak, AM, Mohamed N, Viatkin K, Yigini Y. 2020. Mapping of salt-affected soils: Technical manual. Rome, FAO <https://doi.org/10.4060/ca9215en>



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Dinámica de fluidos geofísicos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Meteorología y oceanografía física	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los procesos físicos de los fluidos en un sistema en rotación, con énfasis en la atmósfera y los océanos terrestres.

Objetivos particulares:

- Entender las principales ecuaciones de movimiento de una esfera en rotación.
- Comprender los flujos geostroficados
- Comprender los diversos tipos de ondas que determinan los flujos de fluidos geofísicos

Contenido temático			
Unidad	Temas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	0
2	Ecuaciones de movimiento en una esfera en rotación	8	0
3	Flujos geostroficados	8	0
4	Capas de Ekman	6	0
5	Ecuaciones de movimiento para aguas someras	4	0
6	Método de modos normales	4	0
7	Regímenes de alta y baja frecuencia en aguas someras	4	0
8	Ondas de gravedad con rotación	4	0
9	Ondas de Kelvin	4	0
10	Conservación de vorticidad potencial en aguas someras	4	0
11	Ondas planetarias (de Rossby)	4	0
12	Ondas internas	4	0
13	Inestabilidades barotrópica y baroclínica	4	0
14	Turbulencia geostrofica	4	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Ejercicios fuera del aula	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Seminarios	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Otras:	
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Reporte final del trabajo de investigación.	()
Prácticas de campo	()		
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones relacionadas con el tema del curso.			

Bibliografía básica	
-	Gill, A. E., 1982, Atmosphere-Ocean Dynamics, International Geophysics Series, 30, Academic Press, San Diego.
-	Kundu, P. K., 1977, Fluid Mechanics, Academic Press, San Diego.
Bibliografía complementaria	
-	Prugger, A., Rademacher, JDM. and Yang, J, 2022, Geophysical fluid models with simple energy backscatter: explicit flows and unbounded exponential growth, Geophysical & Astrophysical Fluid Dynamics pp. 1-37
-	Cushman-Roisin, Beckers, JM, 2011, Introduction to Geophysical Fluid Dynamics: Physical and Numerical Aspects, Academic Press, 875p.

- Morita, Osamu, 2019, Classical Mechanics in Geophysical Fluid Dynamics, CRC Press, 320 p.
- Pedlosky, J. , 2013, Geophysical Fluid Dynamics, Springer Science & Business Media, 710 p.
- Özsoy, Emin, 2021, Geophysical Fluid Dynamics: Stratified/rotating fluid dynamics of the atmosphere-ocean. II, Springer nature, 323 p.

Revistas electrónicas:

- Geofluids
- Geofísica Internacional
- Geophysical and astrophysical Fluids Dynamics



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Dinámica de la Atmósfera

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Meteorología y oceanografía física Cambio climático y climatología física	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (<i>semestre</i>)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los conceptos básicos y la metodología de dinámica de fluidos aplicados a los movimientos de la atmósfera.

Objetivos particulares:

- Comprender y utilizar los conceptos de geopotencial, vorticidad potencial, temperatura potencial y geostrofia para resolver problemas básicos de circulación atmosférica a distintas escalas espaciales y temporales.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas.	Prácticas
1	Formulación matemática de las ecuaciones de movimiento para la atmósfera	8	4
	1.1 Los métodos de Lagrange y de Euler. 1.2. Ecuación de conservación de la masa. 1.3. Ecuación de conservación del momentum lineal. 1.4. La ecuación de estado. 1.5. Relaciones termodinámicas para los gases ideales. 1.6. Flujo compresible e incompresible. 1.7. Balance de energía.		
2	Ecuaciones del fluido aplicada a la atmósfera	8	4
	2.1. Ecuaciones de movimiento en un marco de referencia en rotación. 2.2. Ecuaciones de movimiento en coordenadas esféricas. 2.3. Aproximación de Boussinesq y Anaelástica. 2.4. Presión como sistema de coordenadas vertical. 2.5. Escalamiento para balance hidrostático. 2.6. Balance geostrófico y viento térmico. 2.7. Estabilidad estática y el método de la parcela.		
3	Modelo barotrópico de la atmósfera	8	2
	3.1. Ecuaciones de movimiento para aguas someras. 3.2. Propiedades de conservación. 3.3. Ajuste geostrófico. 3.4. Mecanismos de generación de ondas en un modelo de aguas someras.		
4	Vorticidad y circulación	8	2
	4.1. El concepto de vorticidad. 4.2. Ecuación de la vorticidad. 4.3. Vorticidad y teoremas de circulación. 4.4. La vorticidad potencial. 4.5. Ecuación de la vorticidad potencial de Ertel. 4.6. Vorticidad potencial isentrópica – IPV.		
5	Teoría cuasi-geostrófica	8	2
	5.1. Introducción a las teoría cuasi-geostrófica. 5.2. Ecuaciones básicas y aproximación QG. 5.3. La ecuación omega. 5.4. Vorticidad potencial cuasi-geostrófica. 5.5. Balances energéticos cuasi-geostróficos.		
6	Capa límite atmosférica	8	2
	6.1 Mecanismos de generación 6.2 Conceptos básicos de turbulencia 6.3 Convección libre y forzada		
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Exámenes Parciales	(x)

Exposición audiovisual	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Seminarios	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Asistencia	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Otras:	
Prácticas de campo	()	Reporte final del trabajo de investigación.	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Vallis, G. (2017). Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-Scale Circulation. Cambridge: Cambridge University Press. - Vallis, G. (2019). Essentials of Atmospheric and Oceanic Dynamics. Cambridge: Cambridge University Press. - Holton, J. R., & Hakim, G. J. (2013). An Introduction to Dynamic Meteorology. Elsevier Science. - Lackmann, G. (2011). Midlatitude Synoptic Meteorology: Dynamics, Analysis, and Forecasting. American Meteorological Society. - Stull, R.B. (2017) Meteorology for Scientists and Engineers. 3rd Edition. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Martin, J. E. (2006). Mid-Latitude Atmospheric Dynamics: A First Course. Wiley. - Gill, A. E. (1982). Atmosphere-Ocean Dynamics. Elsevier Science. - Pedlosky, J. (2013). Geophysical Fluid Dynamics. Springer New York. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Dinámica del océano

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campos de conocimiento y áreas de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Meteorología y oceanografía física	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Adquirir de manera sistemática los conceptos físicos fundamentales de la dinámica del océano

Objetivos particulares:

- Comprender, describir y entender los movimientos de gran escala que ocurren en el océano.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Los movimientos de gran escala del océano	8	0
	1.1 Objetivos, y características particulares de la dinámica de los fluidos geofísicos. 1.2 Escalas de movimiento. 1.3 Importancia de la rotación y de la estratificación. 1.4 La rotación de la Tierra, la aceleración de Coriolis y el Número de Rossby. 1.5 La estratificación del océano. 1.6 Movimientos de 'gran escala' y los fluidos geofísicos.		
2	Las ecuaciones fundamentales de los fluidos en rotación	8	0
	2.1 Ecuaciones de conservación de masa, momento y energía. 2.2 La aproximación de Boussinesq. 2.3 La aproximación hidrostática. 2.4 Simplificaciones y escalas del movimiento. 2.5 Los números de Rossby y de Ekman. 2.6 Soluciones de casos simples (fluidos no viscosos): movimiento geostrófico, viento térmico y columnas de Taylor-Proudman.		
3	El modelo de aguas someras	8	0
	3.1 Las ecuaciones del modelo de 'aguas someras'. 3.2 La aproximación hidrostática. 3.3 Conservación de la vorticidad potencial. 3.4 Ondas barotrópicas. 3.5 Ondas de gravedad: inercio-gravitacionales (de Poicaré o de Sverdrup). 3.6 Ondas de Kelvin: el efecto de fronteras laterales. 3.7 Ondas planetarias: de Rossby y topográficas.		
4	El estrato de Ekman	8	0
	4.1 Importancia de la fricción. Capas límite en fluidos homogéneos en rotación. 4.2 Estratos de Ekman en el fondo y en la superficie.		
5	Circulación oceánica de gran escala El transporte de Sverdrup	8	0
	5.1 Un modelo simple de circulación en latitudes medias. 5.2 La intensificación de la circulación en la porción occidental extrema de las cuencas oceánicas.		
6	Estratificación del océano	8	0
	6.1 Estabilidad estática. 6.2 La importancia de la estratificación: el número de Froude. 6.3 Ondas internas. 6.3.1 Estructura de las ondas internas. 6.3.2 Comparación entre ondas internas y de superficie. 6.4 El efecto combinado de la rotación y la estratificación		

7	Modelos estratificados	8	0
	7.1 Dinámica geostrófica estratificada. 7.2 Ajuste geostrófico y su energética. 7.3 Vorticidad potencial. Viento térmico		
8	Inestabilidad	4	0
	8.1 Inestabilidad barotrópica 8.2 Inestabilidad baroclínica		
9	Tópicos especiales	4	0
	9.1 Algunos efectos no-lineales y otros efectos que produce el cizallamiento en la generación, propagación y disipación de ondas internas en el océano. 9.2 Turbulencia en fluidos estratificados. 9.3 El proceso de mezcla en el océano. 9.4 Inestabilidad y t		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Exámenes Parciales	()
Exposición audiovisual	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Ejercicios fuera del aula	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Seminarios	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Asistencia	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Otras:	
Prácticas de campo	()	Reporte final del trabajo de investigación.	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Vallis, G. (2017). Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-Scale Circulation. Cambridge: Cambridge University Press. - Knauss J.A. & Garfield N. (2016). Introduction to Physical Oceanography. Waveland Pr Inc. 3rd Edition - Wunsch (2015) Modern Observational Physical Oceanography: Understanding the Global Ocean. Princeton University Press 	
Bibliografía complementaria	
Publicaciones recientes en revistas especializadas.	
<ul style="list-style-type: none"> - Gill, A. E., 2016, Atmosphere-Ocean Dynamics, Elsevier. 682 p. - Kamenkovich, V.M., 2011, Fundamental of Ocean Dynamics, Elsevier, 248 p. - Marghany, M., 2021, Nonlinear Ocean Dynamics: Synthetic Aperture Radar, Elsevier, 464 p. - Navale, P., 2019, An introduction to Ocean Dynamics, BS Publications. 384 p. 	
Revistas electrónicas:	
<ul style="list-style-type: none"> - Geophysical and Astrophysical Fluids Dynamics - Ocean Science Journal 	

- Oceanology
- Ocean Modelling
- Ocean Dynamics



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad: Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Ecuaciones Diferenciales Parciales Aplicadas a Ciencias de la Tierra

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso		Tipo: Teórica	
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Matemáticas de la Física	

Objetivo general:

- Estudio de los principales métodos analíticos para resolver ecuaciones diferenciales parciales (EDP) lineales de primero y segundo orden, específicamente los métodos de características, separación de variables, transformada de Laplace, transformada de Fourier y funciones de Green.

Objetivos particulares:

- Estudio del Método de las Características aplicado a ecuaciones lineales de primer orden, ecuaciones cuasilineales de primer orden y ecuación de onda.
- Estudio del Método de Separación de Variables aplicado a ecuaciones lineales de segundo orden homogéneas (Laplace, calor y onda), a ecuaciones lineales de segundo orden no homogéneas. Estudio del Teorema de Sturm-Liouville.
- Estudio del Método con Transformada de Laplace. Cálculo de la transformada inversa de Laplace mediante anti-transformación.

- Estudio del Método con Transformada de Fourier para dominios infinitos e Integral de Fourier para dominios semi-infinito.
- Estudio del Método de Funciones de Green. Ecuación diferencial adjunta.
- Aplicaciones en Ciencias de la Tierra.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	4	0
	1.1 EDP de primer orden 1.2 EDP de segundo orden (Laplace, calor, onda)		
2	Método de las Características	10	0
	2.1 EDP de primer orden 2.1.1 Caso Lineal 2.1.2 Caso Cuasi-Lineal 2.2 EDP de Onda		
3	Método de Separación de Variables	10	0
	3.1 Método de separación de variables 3.2 Problemas de Eigenvalores de Sturm-Liouville 3.3 Series generalizadas de Fourier 3.4 Principio de ortogonalidad 3.5 Problemas no Homogéneos 3.6 Ejemplos (EDP de Calor, EDP de Onda, EDP de Laplace, en coordenadas cartesianas, polares, cilíndricas y esféricas)		
4	Transformada de Laplace	10	0
	4.1 Transformada de Laplace 4.2 Transformada inversa de Laplace (Anti-transformada) 4.3 Ejemplos (EDP de Calor, EDP de Onda, EDP de Laplace)		
5	Transformada de Fourier	10	0
	5.1 Integral de Fourier (Dominio Semi-Infinito) 5.2 Transformada de Fourier (Dominio Infinito) 5.3 Transformada inversa de Fourier 5.4 Ejemplos (EDP de Calor, EDP de Onda, EDP de Laplace)		
6	Método de las Funciones de Green	10	0
	6.1 Operador adjunto 6.2 Función delta 6.3 Método de las funciones de Green 6.4 Ejemplos (EDP de Calor, EDP de Onda, EDP de Laplace)		
7	EDP aplicadas a Ciencias de la Tierra	10	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas	Evaluación del aprendizaje
-------------------------------	-----------------------------------

Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras: (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.

Bibliografía básica

- Haberman. Elementary Applied Partial Differential Equations. Prentice Hall. 1998
- Spiegel. Laplace Transform. Mc Graw Hill. 1998
- Spiegel. Fourier Analysis with applications to Boundary Value Problems. Mc Graw Hill. 1974.
- Greenberg. Application of Green's Functions in Science and Engineering. Prentice-Hall, Inc. 1971
- Rikitake, Sato, Hagiwara. Applied Mathematics for Earth Scientists. Terra Scientific Publishing Company. 1987

Bibliografía complementaria

- Brown, Churchill. Fourier Series and Boundary Value Problems. Mc Graw Hill. 2001
- Churchill. Operational Mathematics. Mc Graw Hill. 1958
- Edwards, Penney. Ecuaciones Diferenciales y Problemas con Valores en la Frontera. Pearson Educación. 2009.
- Zill, Wright. Differential Equations with Boundary Value Problems. Brooks/Cole, Cengage Learning. 2005.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Elastodinámica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Sismología Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos Reología de materiales geológicos	
Modalidad	Curso		Tipo: Teórica	
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X)	Ninguna ()
		Sismología avanzada	

Objetivo general:

- Introducir diversos aspectos de la generación y propagación de ondas sísmicas en medios elásticos.

Objetivos particulares:

- Comprender las bases matemáticas de la propagación de ondas en estos medios.
- Calcular desplazamientos y esfuerzos producidos por acciones dinámicas.
- Estudiar las ecuaciones de movimiento y discutir diferentes estrategias de solución de problemas varios dadas las condiciones de contorno, mediante familias de ondas planas, cilíndricas y esféricas.

- Explorar diversos métodos numéricos para dar solución a problemas realistas.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción (bases matemáticas)	8	0
	1.1 Elementos de geometría analítica 1.2 Transformación de coordenadas cartesianas 1.3 Notación indicial y tensores cartesianos 1.4 Elementos de variable compleja 1.5 Series de Fourier 1.6 Transformada de Fourier (DFT y FFT)		
2	Respuesta de sistemas lineales simples	8	0
	2.1 Oscilador de un grado de libertad 2.2 Función de transferencia 2.3 Ecuación de onda 2.4 Solución de D'Alembert 2.5 Ondas planas SH 2.6 Respuesta de un medio estratificado 2.7 Ondas cilíndricas SH 2.8 Funciones de Bessel 2.9 Función de Green 2.10 Ondas de Love 2.11 Sismogramas Sintéticos		
3	Temas básicos de la elasticidad dinámica	8	0
	3.1 Teoría de la elasticidad (deformaciones y esfuerzos) 3.2 Cinemática y equilibrio en medios continuos 3.3 Ley de Hooke generalizada 3.4 Ecuación de Navier 3.5 Soluciones mediante potenciales		
4	Propagación de ondas planas (SH, P-SV) en medios estratificados	8	0
	4.1 Ondas planas en medios elásticos 4.2 Ondas de Rayleigh 4.3 Reflexión y transmisión de ondas planas 4.4 Teoría de rayos 4.5 Ondas planas homogéneas e inhomogéneas 4.6 Métodos de Haskell y de la matriz global		
5	Propagación de ondas cilíndricas y esféricas (SH, P-SV)	8	0
	5.1 Función de Green (SH, P-SV, Problemas de Lamb, Chao y Stokes) 5.2 Teorema de representación de Somigliana 5.3 Superposición de ondas planas (DWN) 5.4 Fuentes en medios estratificados (DWN)		
6	Difracción de ondas y efectos de sitio	8	0
	6.1 Problema de Sommerfeld 6.2 Soluciones analíticas		

7	Métodos numéricos	8	0
	7.1 Diferencias finitas		
	7.2 Elementos finitos		
	7.3 Método pseudo espectral		
	7.4 Elementos espectrales		
	7.5 Métodos integrales (ecuaciones integrales -IBEM-)		
	7.6 Respuesta de topografías y valles aluviales		
8	Propagación de ondas en medios reales (Proyectos)	8	0
	8.1 Medios heterogéneos		
	8.2 Anisotropía		
	8.3 Campos difusos		
	8.4 Elementos de viscoelasticidad		
	8.5 Ondas en medios fluidos. Interacción sólido-fluido		
	8.6 Haces Gaussianos		
	8.7 Métodos de Kennett, de Harkrider y de Kausel		
	8.8 Modelos de fuentes de ondas elásticas, doble par		
	8.9 Problema de Garvin		
	8.10 Medios porosos		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
		Rúbricas	()
		Exámenes Parciales	(x)
Exposición oral	(x)	Examen final escrito	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Participación en clase	(x)
Estudios de caso	(x)	Seminario	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en foros	()
Lecturas obligatorias	(x)	Portafolios electrónicos	()
Trabajo de Investigación	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema.			

Bibliografía básica	
-	-Achenbach, J. D., (1976) Wave Propagation in Elastic Solids. North-Holland Publishing Company, New York, N. Y.
-	-Aki K. y Richards P. G. (1980). Quantitative Seismology, Theory and Methods. W. H. Freeman and Co., San Francisco. Cal.
-	-Graff, K. F. (1975). Wave motion in elastic solids. Clarendon Press.
-	-Chapman C. H. (2004). Fundamentals of seismic wave propagation. Cambridge University Press.
-	-Ben-Menahem A. y Singh. S. J. (1981). Seismic Waves and Sources. Springer-Verlag.
-	-Fung, Y. C. (1977). A First Course in Continuum Mechanics. Second Edition, Pren-tice Hall, INC., Englewood Cliffs, New Jersey.

- -Kausel E. (2006). Fundamental Solutions in Elastodynamics, Cambridge University Press. Cambridge.
- -Kennett B. L. N. (1983). Seismic Wave Propagation in Stratified Media, Cambridge University Press. Cambridge
- -Pao Y. H. y Mao C. C. (1973). The Diffraction of Elastic Waves and Dynamic Stress Concentrations. Crane & Russak, New York.

Bibliografía complementaria

Artículos publicados recientemente en revistas especializadas.

- Aimi, A., Credico, G. Di, and Guardasoni, C., 2022, Highly accurate quadrature schemes for singular integrals in energetic BEM applied to elastodynamics. Journal of Computational and Applied Mathematics: p.114186
- Bonet, J. and Gil, A. J., 2021, Mathematical models of supersonic and intersonic crack propagation in linear elastodynamics. International Journal of Fracture. No.1 55-76.
- Cui, Yanan, et. al., 2022, A discrete-continuous model of three-dimensional dislocation elastodynamics” International Journal of Plasticity, 152: 103221.

Libros:

- Achenbach, J.A. and Achenbach, J. D., 2003, Reciprocity in Elastodynamics. Cambridge University Press, 255 p.
- Kausel, E., 2006, Fundamental Solutions in Elastodynamics: A Compendium. Cambridge University Press.
- Khokhryakov, V.A. and Groshev, G. P, 2012, Methods of the Classical Theory of Elastodynamics. Springer Science & Business media. 319 p.

Revistas electrónicas

- Geophysical Journal International
- International Journal of Solids and Structures
- Shock Waves



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Electrodinámica Espacial

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias Espaciales	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 3	Teóricas: 48	
		Prácticas: 1	Prácticas: 16	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Comprender los conceptos de electrodinámica en general y en el contexto espacial, así como dominar las herramientas matemáticas correspondientes.

Objetivos particulares:

- Describir el comportamiento de los campos eléctricos y magnéticos
- Formular las leyes que rigen a los campos electromagnéticos
- Describir los campos eléctricos inducidos
- Describir matemáticamente el movimiento de partículas en campos eléctricos y magnéticos.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas
--------	------------------	-------

		semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Electrodinámica I	6	2
	1.1 Reconocer la existencia de campos magnéticos espaciales. 1.2 Ley de Coulomb 1.3 Campo magnético y fuerza de Lorentz. 1.4 La NO existencia de monopolos magnéticos. 1.5 Ley de inducción de Faraday. 1.6 Ley circuital de Ampere		
2	Electrodinámica II	6	2
	2.1 La conservación de la carga eléctrica y la ecuación de continuidad 2.2 La corriente de desplazamiento 2.3 El sistema de ecuaciones de Maxwell 2.4 Los potenciales electromagnéticos 2.5 Aproximación cuasi-estacionaria 2.6 Transformaciones de los campos ante cambios del sistema de referencia 2.7 Teorema de Poynting Leyes de Conservación		
3	Campos Eléctricos Inducidos	6	2
	3.1 Campos eléctricos inducidos en la materia que se mueve uniformemente 3.2 Campos eléctricos inducidos en cuerpos que giran 3.3 Igualdad aproximada de la carga espacial positiva y negativa		
4	Movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos, homogéneos y estadísticos	6	2
	4.1 Movimiento de una partícula cargada en presencia de un campo magnético homogéneo y estático 4.2 Movimiento de una partícula cargada relativista en presencia de campos electromagnéticos 4.3 Movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos no homogéneos		
5	Movimiento perturbado por la acción de fuerzas no magnéticas o por inhomogeneidades magnéticas aisladas	6	2
	5.1 El centro guía 5.2 Colisiones 5.3 Inhomogeneidades magnéticas 5.4 Fuerza continua no magnética 5.5 El movimiento del centro de giro. Fuerza de inercia		
6	Movimiento de Partículas Cargadas en Campos Magnéticos que varían lentamente I	6	2
	6.1 El Campo magnético varía con el tiempo 6.2 El gradiente del campo magnético tiene una componente en la dirección del campo 6.3 El gradiente del campo magnético tiene una componente perpendicular a la dirección del campo 6.4 Velocidad promedio resultante 6.5 Conservación del momento magnético		

7	Movimiento de Partículas Cargadas en Campos Magnéticos que Varían Lentamente II	6	2
	7.1 Deriva magnética de curvatura 7.2 El espejo magnético 7.3 Los invariantes adiabáticos 7.3.1 El flujo orbital (el momento magnético) 7.3.2 El invariante longitudinal 7.3.3 El invariante de flujo		
8	Movimiento en un Dipolo Magnético	6	2
	8.1 El campo dipolar 8.2 Movimiento de partículas cargadas en un dipolo magnético: método de Störner 8.3 Movimiento en un dipolo magnético: método de perturbación 8.3.1 Sobre la aplicabilidad del método de perturbación 8.3.2 Las derivas en un campo dipolar 8.3.3 Movimiento cerca del plano ecuatorial de un dipolo 8.3.4 Relaciones entre el método de Störner y el método de perturbaciones de Alfvén		
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	(x)
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras: (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Cosmic Electrodynamics, H. Alfvén y C.G. Fälthamar Oxford University Press. 1963 - Classical Electrodynamics J.D. Jackson, John Wiley & Sons, 1974 - C.G Northrop, The adiabatic motion of charged particles Cambridge University Press.
Bibliografía complementaria

- Chen, F. F., Introduction to Plasma Physics, Plenum Press, N. Y., 1982.
- Goldstone R.J. y Rutherford P. H., Introduction to Plasma Physics, Institute of Physics Publ., Bristol, 1995.
- Parks G. K., Physics of Space Plasmas an Introduction., Addison Wesley, 1991.
- Sturrock P.A., Plasma Physics, Cambridge University Press, 1994.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Estadística multivariada

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Paleontología Ciencias del suelo Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Interpretar datos cuantitativos y cualitativos relacionados con ciencias de la Tierra, a partir de su análisis, mediante técnicas multivariadas.

Objetivos particulares:

- Familiarizar a los alumno/as con la cuantificación de atributos y el planteamiento de hipótesis de trabajo e hipótesis estadísticas.
- Afianzar el conocimiento previo en estadística univariada.
- Familiarizar al alumno/a con el espacio numérico real multidimensional.
- Desarrollar de manera conceptual y práctica técnicas estadísticas multivariadas.

- Desarrollar destrezas en el análisis de datos a través de software libre.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Las hipótesis estadísticas y el análisis numérico	2	2
	1.1 Poblaciones y muestras		
	1.2 Medidas de tendencia central y dispersión		
	1.3 Distribuciones probabilísticas		
2	Herramientas computacionales	4	4
	2.1 Fundamentos de álgebra vectorial		
	2.2 Introducción al lenguaje de trabajo y programación R		
	2.3 Estructuras de programación en R		
3	Elementos de estadística univariada	4	4
	3.1 Conceptos básicos en pruebas estadísticas univariadas		
	3.2 El concepto de varianza y su partición (ANOVA)		
4	Regresión y correlación	8	8
	4.1 Coeficientes de correlación (Pearson, Spearman y Kendall)		
	4.2 Análisis de regresión lineal		
5	Agrupamiento de datos (clustering)	4	4
	5.1 La distancia multivariada		
	5.2 Métodos de aglomeración		
6	Ordenamiento multidimensional	10	10
	6.1 Análisis de componentes principales (PCA)		
	6.2 Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS)		
	6.3 Análisis canónico		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Aprendizaje colaborativo	()	Portafolios electrónicos	()
Otras (especificar)	()	Ensayos	(x)
		Control de lecturas	(x)
		Videos	()
		Otras:	
		Tareas, seminarios, reportes de prácticas, exámenes parciales, examen final	(x)
Perfil profesiográfico docente			

Maestría o doctorado en ciencias de la tierra o afines con especialidad en estadística aplicada.
Publicaciones recientes en la temática del curso.

Bibliografía básica

- Legendre, P., and Legendre, L. (1998). "Numerical Ecology". Elsevier Scientific, Oxford, UK.
- Zar, J. H. (1999). "Biostatistical Analysis". Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

Bibliografía complementaria

- Bolker, B.M. (2008). "Ecological Models and Data in R". Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Borcard, D., Gillet, F., and Legendre, P. (2011). "Numerical Ecology with R". Springer, New York, NY.
- Gelman, A., and J. Hill. (2007). "Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models". Cambridge University Press, New York, NY.
- Jones, O., R. Maillardet, and A. Robinson. (2009). "Introduction to scientific programming and simulation using R". Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL.
- Matloff, M. (2011). "The Art of R Programming", no starch press, San Francisco, CA.
- Venables, W. N., and Ripley, B. D. (2002). "Modern applied statistics with S". Springer, New York, NY.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Estratigrafía

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Paleontología	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Curso de Geología de campo	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender las bases del registro estratigráfico y los métodos y técnicas que se utilizan tanto en campo como en gabinete. Alcanzar el dominio en la interpretación de mapas geológicos, el levantamiento de secciones estratigráficas, la evaluación de controles temporales en las sucesiones estratigráficas e interpretación de la historia geológica.

Objetivos particulares:

- Conocer las bases del registro estratigráfico y los métodos y técnicas que se utilizan tanto en campo como en gabinete.
- Instruirse en la interpretación de mapas geológicos.
- Instruirse en el levantamiento de secciones estratigráficas,
- Instruirse en la evaluación de controles temporales en las sucesiones estratigráficas para realizar interpretaciones de la historia geológica.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción. Estrato y estratificación Sedimentos y rocas sedimentarias	8	0
	1.1 Estratigrafía, concepto y objetivos 1.2 Principios fundamentales de la Estratigrafía 1.3 Estrato, estratificación, superficies de estratificación 1.4 Registro estratigráfico 1.5 El ciclo de las rocas o geológico 1.6 Clasificación de sedimentos y rocas sedimentarias Facies y tipos de facies		
2	Arquitectura estratigráfica y criterios de polaridad	8	0
	2.1 Geometría de los estratos 2.2 Clasificación de las estructuras sedimentarias Criterios de polaridad vertical y lateral 2.3 Ecuación de onda		
3	Métodos en rocas estratificadas	8	0
	3.1 Métodos de campo: columna estratigráfica, perfiles laterales, cartografía, correlaciones litoestratigráficas, diagramas de columnas y paneles de correlación 3.2 Métodos indirectos: métodos de subsuelo, sísmica de reflexión, estratigrafía sísmica y secuencial, sondeos, diagrfías 3.3 Métodos de laboratorio: muestreos, estudios texturales y de composición, microfacies, petrografía, caracterización del área fuente y procedencia, geoquímica de sedimentos, geoquímica de isótopos estables, quimioestratigrafía, cicloestratigrafía, datación isotópica		
4	Estratigrafía descriptiva y nomenclatura estratigráfica	8	0
	4.1 Discontinuidades estratigráficas 4.2 Unidades estratigráficas 4.3 Litoestratigrafía 4.4 Bioestratigrafía 4.5 Magnetoestratigrafía 4.6 Correlación estratigráfica 4.7 Nomenclatura estratigráfica y Código de Nomenclatura Estratigráfica 4.8 Tiempo geológico		
5	Estratigrafía dinámica y análisis de cuencas	16	0
	5.1 Introducción a la Síntesis Estratigráfica 5.2 Ley de Walther 5.3 Jerarquía de las unidades estratigráficas genéticas 5.4 Análisis de facies 5.5 Estratigrafía de eventos 5.6 Cicloestratigrafía 5.7 Cambios del nivel del mar 5.8 Cuencas sedimentarias y tectónica de placas		
6	Prácticas de gabinete		

	6.1 Delimitación y reconocimiento de unidades litoestratigráficas 6.2 Levantamiento de perfiles estratigráficos 6.3 Reconocimiento de facies 6.4 Cartografía geológica 6.5 Medidas de estructuras sedimentarias 6.6 Correlaciones estratigráficas	16	0
7	Prácticas de campo	0	0
Subtotales		64	0
Total		64	
Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	(x)
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Boggs, S., Jr., 2001, Principles of sedimentology and stratigraphy (3rd Edition). Prentice Hall, 726 pp. - Coe, A.C. (ed.) 2010, Geological Field Techniques. Wiley-Blackwell, 323 pp. - Dabrio y Hernando 2003, Estratigrafía, Publicaciones Universidad Complutense, Madrid. - Friedman, G.M., Sanders, J.F., Kopaska-Merkel, D.C., 1992. Principles of sedimentary deposits. McMillan Publishing Company, 717 pp. - Miall, A.D. 1999. Principles of Sedimentary Basin Analysis. Tercer edición. Springer. - Miall, A.D. 2016. Stratigraphy: a Modern Synthesis. Springer. - Nichols, G. 2009. Sedimentology and Stratigraphy, Segunda Edición. Wiley-Blackwell, 419 pp. - Reineck, H-E., Singh, I.B., 1980. Depositional Sedimentary Environments. Springer-Verlag, 551 ps. - Vega, J.A. 1994. Estratigrafía: Principios y métodos. Editorial Rueda.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Allen, P.A., Allen, J.R., 1990. Basin analysis. Blackwell Sc. Publications, 451 pp. - Einsele, G. Ricken, W., Seilacher, A., Eds. 1991 Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag, 955 pp. - Einsele, G. 1992. Sedimentary basins: Springer-Verlag, 628 pp. - Emery, D. and Myers, K.J. 1996. Sequence stratigraphy: Blackwell Science, 297 pp. - Kleinspehn, K.L., Paola, C., Eds. 1988. New perspectives in basin analysis. Springer-Verlag, 453 pp.

- Miall, A.D. 1997. The geology of stratigraphic sequences. Springer-Verlag, 433 pp.
- Miall, A.D. 2006. The geology of fluvial deposits. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 582 pp.

Artículos en revistas:

- Revista Mexicana de Ciencias Geológicas
- Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana
- Sedimentology
- Sedimentary Geology
- Journal of Sedimentary Research
- Journal of South American Earth Sciences
- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology
- Stratigraphy
- Newsletters on Stratigraphy



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Estratigrafía de secuencias

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Geología sedimentaria y estratigrafía Yacimientos petroleros	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas:64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Analizar los conceptos, principios, procesos y técnicas que sustentan la metodología de análisis de la estratigrafía de secuencias y su aplicación al análisis de cuencas sedimentarias, tanto a escala local como a escala regional.

Objetivos particulares:

- Identificar las diferencias entre litoestratigrafía y estratigrafía secuencial.
- Reconocer los factores que controlan la sedimentación en una secuencia.
- Caracterizar superficies estratigráficas para proponer secuencias.
- Identificar las aplicaciones de la estratigrafía secuencial en el análisis de cuencas.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas
---------------	-------------------------	--------------

		semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	10	0
	1.1 Antecedentes 1.2 Litoestratigrafía, cronoestratigrafía, aloestratigrafía 1.3 Desarrollo histórico 1.4 Controles 1.5 Métodos de análisis en estratigrafía de secuencias		
2	Conceptos básicos en estratigrafía de secuencias	24	0
	2.1 Espacio de alojamiento 2.2 Nivel de base 2.3 Parasecuencia 2.4. Superficies estratigráficas 2.5. Geometría de sedimentación 2.6. System tracts		
3	Modelos de secuencias estratigráficas	30	0
	3.1 Modelos depositacional I, II, III, IV 3.2 Modelo de secuencia genética 3.3 Modelo de secuencia T-R 3.4. Secuencias en sistemas fluviales 3.5. Secuencias en sistemas clásticos someros 3.6. Secuencias en sistemas clásticos profundos 3.7. Secuencias en sistemas carbonatados		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Aprendizaje colaborativo	()	Portafolios electrónicos	(x)
Otras (especificar)	()	Ensayos	(x)
		Control de lecturas	(x)
		Videos	()
		Otras: (especificar)	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica
- Catuneanu, O., 2006, Principles of sequence stratigraphy: Elsevier, 375 p.
- Coe, A.L., Bosence, D.W.J., Church, K.D., Flint, S.S., Howell, J.A., Wilson, R.C.L., 2005, The sedimentary record of sea-level change: The Open University, 433 p.
- Emery, D., Myers, K.J., 1997, Sequence stratigraphy: Blackwell Science, Oxford, 297 p.

Bibliografia complementaria

- Kerans, Ch., and Tinker, S.W., 1997, Sequence stratigraphy and characterization of carbonate reservoirs: SEPM, Short Course No. 40, 130 p.
- Miall, A. D., 1997, The geology of stratigraphic sequences: Heidelberg, Springer-Verlag, 433 p.
- Moore, C.H., 2001, Carbonate reservoirs – porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework: Elsevier Science Publishers, The Netherlands, 444 p.
- Posamentier, H.W., and Allen, G.P., 1999, Siliciclastic sequence stratigraphy –concepts and applications: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (Society for Sedimentary Geology), Concepts in Sedimentology and Paleontology # 7, 210 p.
- Schlager, W., 2005, Carbonate sedimentology and sequence stratigraphy: SEPM (Society for Sedimentary Geology), Concepts in Sedimentology and Paleontology No 8, 200 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial

Programa de estudios de la actividad académica

Evaluación de impactos del cambio climático en sistemas naturales y humanos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Geobiología e Interacciones biósfera-atmósfera Cambio climático y climatología física	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico - Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Análisis de Datos Atmosféricos, o Cambio Climático Global	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Brindar la teoría y práctica para la evaluación de impactos del cambio climático en sistemas naturales y sociales. Conocer las herramientas metodológicas necesarias para la evaluación de impactos de cambio climático.

Objetivos particulares:

- Entender herramientas como manejo de datos de escenarios climáticos futuro, bases de datos de biodiversidad, algoritmos de modelado de distribución de especies.
- Comprender los métodos estadísticos de evaluación integrada.

- Analizar impactos del cambio climático en biodiversidad y sistemas socioeconómicos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Escenarios de cambio climático aplicados Introducción y conceptos generales Escenarios socioeconómicos y de emisiones Climatología presente y escenarios futuros Herramientas y consideraciones para la elaboración de escenarios para la toma de decisiones Manejo de bases de datos <ul style="list-style-type: none"> • Bases de datos disponibles • Pre, post-procesamiento y visualización • Estadísticas descriptivas, análisis básico y despliegue cartográfico • Downscaling, representación, combinación de salidas y manejo de incertidumbre 	18	6
2	Modelación de impactos del cambio climático en sistemas naturales <ul style="list-style-type: none"> • Bases de datos biológicas y ambientales • Pre- y post-procesamiento de bases de datos • Impactos en biodiversidad • Conceptos de nicho ecológico • Modelación ecológica • Algoritmos de modelado de nicho ecológico y distribución de especies • Límites térmicos • Modelos macroecológicos • Macroecología humana 	18	6
3	Modelación de impactos del cambio climático en sistemas humanos <ul style="list-style-type: none"> • Modelos de evaluación integrada • Métodos estadísticos para evaluación de impactos • Estimación de riesgos y elaboración de índices uni y multivariados 	12	4
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(.)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en áreas afines al tema del curso.

Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Guisan, A., Thuiller, W., & Zimmermann, N. E. (2017). Habitat suitability and distribution models: with applications in R. Cambridge University Press.
- Tol, R. S. J., 2019: Climate economics: economic analysis of climate, climate change and climate policy. Second. Edward Elgar Publishing, 1–256 pp.
- Wallace, J. M., C. Deser, B. V. Smoliak, and A. S. Phillips, 2016: Attribution of Climate Change in the Presence of Internal Variability. World Scientific Series on Asia-Pacific Weather and Climate, Vol. 6 of, 1–29.

Bibliografía complementaria

- Benestad, R. E., I. Hanssen-Bauer, and D. Chen, 2008: Empirical-statistical downscaling. WORLD SCIENTIFIC, 1–215 pp.
- Worm, B., & Tittensor, D. P. (2018). A Theory of Global Biodiversity (MPB-60) (Vol. 79). Princeton University Press.
- Trauth, M. H., 2015: MATLAB® recipes for earth sciences, fourth edition. Springer, 1–427 pp.
- Lovejoy, T. E., & Wilson, E. O. (2019). Biodiversity and Climate Change: Transforming the Biosphere. Yale University Press.
- Wilks, D. S., 2011: Statistical methods in the atmospheric sciences. Elsevier/Academic Press, 676 pp.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Evaluación de riesgo por contaminantes atmosféricos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para: Peligro y riesgos asociados a procesos superficiales (contaminación) Calidad del aire y salud	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre).		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Meteorología general	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Desarrollar las habilidades y competencias profesionales para realiza la determinación cuantitativa del riesgo por exposición a sustancias tóxicas.

Objetivos particulares:

- Proporcionar los conocimientos necesarios para desarrollar una evaluación de los riesgos causados por sustancias tóxicas en el aire.
- Comprender los aspectos importantes de química ambiental, toxicología, dispersión de contaminantes, así como los métodos y las técnicas comúnmente usadas en el análisis de riesgos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción al análisis de riesgo	10	0
	Terminología en riesgos Conversión de unidades, sustancias tóxicas Indicadores empleados en la evaluación de riesgos Método de análisis de riesgos		
2	Riesgo a la salud	8	0
	Evaluación del riesgo a la salud Formulación probabilística Incertidumbre		
3	Dispersión Atmosférica	10	0
	Generalidades de modelos de calidad del aire Estimación de emisiones Modelo de caja y Gaussiano Aplicaciones de modelos de calidad de aire		
4	Exposición	6	0
	Conceptos de exposición Exposición multirruta		
5	Dosis respuesta	8	0
	Toxicología Dosis y escalamiento de dosis Riesgo unitario y factores de potenciación		
6	Estimación y medición de riesgos	8	0
	Priorización de riesgos Esperanza de vida y otras medidas de riesgo Modelos empleados en el análisis de riesgos Incertidumbres		
7	Comunicación del riesgo	8	0
	Normas de comunicación del riesgo		
8	Administración del Riesgo	6	0
	Control de emisiones Administración del riesgo		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(.)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(.)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	(.)	Videos	()
		Otras: especificar:	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en áreas afines al tema del curso.

Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Grantt, Lawrence B. "Air Toxic Risk Assessment and Management" Van Nostrand Reinhold, USA 1996
- EPA. Science Policy Council. "Handbook Risk Characterization" 100-B-00-002. 2000
- EPA. "A Guidebook to Comparing Risk and Setting Environmental Priorities" 230-B-93-003, 1993

Bibliografía complementaria

- Sterner, Olov, "Chemistry, Health and Environment", Wiley-VCH 1999
- Lercher, Ian & Paleologos, Evan; "Environmental Risk Analysis", Mc Graw-Hill, 2001
- EPA. "Communicating Environmental Risks", 230-O-19-001. 1990.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Exploración geotérmica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos geotérmicos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 3	Teóricas: 48	
		Prácticas: 1	Prácticas: 16	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender el panorama general sobre los usos de la energía geotérmica y los métodos que se emplean para la localización, caracterización y evaluación de un campo geotérmico.

Objetivos particulares:

- Comprender el significado de la geotermia, cuáles son los conceptos básicos en que se apoya, cuál es su utilización, en dónde se localizan los principales campos geotérmicos del mundo y el panorama del desarrollo de la energía geotérmica.
- Identificar las diferentes etapas que componen un proyecto geotérmico.
- Comprender las leyes de la física que controlan el transporte de calor en la Tierra y aplicar conocimientos físicos y matemáticos para calcular la temperatura a profundidad en la corteza.

- Comprender los métodos geológicos relevantes en la exploración geotérmica y reconocer su aplicación y sus convergencias bajo condiciones particulares para una problemática específica.
- Reconocer las condiciones que favorecen la presencia de un sistema geotérmico y sus características para su clasificación.
- Analizar las características geoquímicas e isotópicas de los fluidos geotérmicos y comprender la importancia de las interacciones fluido-roca y fluido-fluido en la caracterización del yacimiento y la evaluación de prefactibilidad y el monitoreo durante la explotación.
- Aplicar los métodos de exploración geofísica e identificar cuáles son sus alcances y sus limitaciones.
- Comprender las diferentes metodologías utilizadas para la evaluación del potencial energético de un campo geotérmico
- Aplicar los conocimientos adquiridos durante el curso para realizar la evaluación de un prospecto geotérmico.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Generalidades	8	0
	1.1 Definiciones. Evolución de la utilización de recursos geotérmicos. 1.2 Distribución 1.3 Clasificación		
2	Estado térmico de la Tierra	8	0
	2.1 Transporte de calor 2.2 Propiedades térmicas de las rocas 2.3 Flujo de calor y Tectónica		
3	Métodos Geológicos	8	8
	3.1 Contextos tectónicos y ambientes geológicos, definición de los "plays geotérmicos" 3.2 Métodos mineralógicos determinativos y descriptivos: petrográficos, difracción de rayos X, microscopía electrónica y métodos de química mineral 3.3 Geoquímica de rocas, Geoquímica isotópica y Microtermometría de inclusiones fluidas 3.4 Mapas temáticos y mapeo de manifestaciones superficiales. Secciones geológicas 3.5 Práctica de Geología		
4	Métodos Geoquímicos	8	4
	4.1 Conceptos básicos de hidrogenoquímica y termodinámica. Clasificación de aguas termales 4.2 Isótopos estables: H, O, He, C, S 4.3 Equilibrio químico: geotermómetros químicos e isotópicos 4.4 Modelos de mezcla y relaciones espaciales de tipos de agua. Modelos conceptuales		
5	Métodos Geofísicos	8	0

	5.1 Percepción Remota para identificación de minerales de alteración hidrotermal y estructuras regionales y locales 5.2 Métodos magnéticos y gravimétricos 5.3 Métodos eléctricos y electromagnéticos 5.4 Métodos sísmicos		
6	Cálculo del Potencial Energético		
	6.1 Método cálculo de la descarga natural 6.2 Método de flujo de calor 6.3 Método volumétrico 6.4 Código Australiano para reportar resultados de exploración, cálculo de recursos y reservas	8	4
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Best practices guide for geothermal exploration. International Geothermal Association. Service GmbH. c/o Bochum University of Applied Sciences (Hochschule Bochum) Lennershofstr. 140, D-44801 Bochum, Germany. June 2014.
- The Geothermal Reporting Code. Australian Code for Reporting of Exploration Results, Geothermal Resources and geothermal Reserves. Second Edition (2010). Australian Geothermal Energy Group (AGEG) Primary Industries and Resources SA GPO Box 1671, Adelaide SA 5001.
- ARMSTEAD, C.H. Geothermal energy: its past, present, and future contributions to the energy needs of man. UNESCO, 1983
- Huenges, E. (Ed), Geothermal Energy Systems: Exploration, Development, and Utilization. 2010 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. ISBN: 978-3-527-40831-3
- Elders, J., Geothermal Systems. New York. Academic Press, 1981
- Nicholson, K. Geothermal Fluids. New York. Springer-Verlang, 1994
- Beardsmore, G.R. & Cull, J.P. Crustal heat flow: a guide to measurement and modelling. Cambridge University Press. New York, NY. 324 pp. 2001.

Bibliografía complementaria

Revistas Internacionales:

- Geothermics
- Journal of Volcanology and Geothermal Research
- Geothermal Energy

Revistas Nacionales:

- Revista de la Sociedad Geológica Mexicana
- Geotermia-Revista Mexicana de Geoenergía



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física del Clima

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Hidrometeorología y aprovechamiento y balance energético Cambio climático y climatología física	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Termodinámica de la Atmósfera	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender los procesos físicos que tienen lugar en el sistema climático Atmósfera-Océano-Continente los cuales establecen el clima terrestre, sus cambios y variabilidad en las diferentes escalas de espacio y tiempo.

Objetivos particulares:

- Entender la importancia que tiene la radiación solar incidente en establecer y mantener la circulación general de la atmósfera y el océano, y por consiguiente en el clima terrestre.

- Instruirse mediante ejemplos de modelación climática que ayuden a entender mejor la física del clima.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	El concepto del clima	6	0
	1.1 Definición del clima 1.2 el sistema climático Atmósfera-Océano-Continente		
2	Factores astronómicos del clima	6	0
	2.1 Parámetros orbitales de la Tierra 2.2 Insolación 2.3 Teoría astronómica del clima		
3	Factores de radiación del clima.	10	0
	3.1 Radiación solar 3.2 Balance de radiación solar 3.3 Balance de radiación terrestre 3.4 Radiación del cuerpo negro 3.5 Ley de Stefan-Boltzman 3.6 Ley de Wien 3.7 Ley de Kichhoff 3.8 Un modelo simplificado de la radiación neta		
4	Termodinámica y dinámica de la atmósfera	8	0
	4.1 Las ecuaciones generales de la dinámica de la atmósfera 4.2 La circulación general de la atmósfera (circulación zonal y monzónica) 4.3 Balance de momento angular 4.4 Balance de energía 4.5 Conversiones de energía en la atmósfera		
5	Termodinámica y dinámica del océano	8	0
	5.1 El océano como moderador del clima 5.2 Flujos de calor y momento entre la atmósfera y el océano 5.3 Las ecuaciones generales de la dinámica del océano 5.4 La circulación general del océano y su relación con el clima		
6	Balance de energía en el continente	6	0
	6.1 Flujos de calor entre la atmósfera y el continente 6.2 La cubierta de hielo y nieve 6.3 La biósfera		
7	Mecanismos de retroalimentación en el clima	8	0
	7.1 Retroalimentación del hielo-albedo 7.2 Retroalimentación del vapor de agua 7.3 Retroalimentación de nubes 7.4 Efectos de retroalimentación combinados		
8	Perturbaciones sobre el sistema climático e	12	0

	Introducción a la modelación del clima		
	8.1 Causas externas del cambio climático 8.2 Causas internas del cambio climático 8.3 Variabilidad interanual e interdecadal del clima 8.4 Modelos de balance de energía (modelos de Adem, Budyko y Sellers) 8.5 Modelos radiativo-convectivos 8.6 Modelos de circulación general de la atmósfera (modelos climáticos)		
	Subtotales	64	0
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	(x)	Rúbricas	(.)
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en áreas afines al tema del curso.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- A. Oort y J. Peixoto, 1992: Physics of climate. Academic Press.
- A.S. Monin, 1986, An introduction to the theory of climate. Atmospheric Sciences Library D. Reidel Publishing Company.

Bibliografía complementaria

- A. Henderson-Sellers and K. McGuffie, 1987. A Climate Modelling Primer, Wiley
- M. I. Budyko, The Heat Balance of the Earth's Surface. U.S Department of Commerce. Washington D.C., 1958. 259 pp.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física del Interior de la Tierra

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Sismología Deformación de la litósfera Geomagnetismo y Paleomagnetismo	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna ()
		Fundamentos de Geomagnetismo, o Geofísica marina	

Objetivo general:

- Adquirir una visión general de la constitución de la Tierra derivada de los métodos de la física.

Objetivos particulares:

- Familiarizarse con las diferentes áreas de la geofísica de la Tierra sólida.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas

1	Dinámica externa de la Tierra	12	0
	1.1 Mecánica celeste, composición del sistema solar		
	1.2 Dinámica de cuerpo rígido. Ecuaciones de Euler		
	1.3 Balanceo de Chandler y presesión de los equinoccios		
	1.4 La marea terrestre. Números de Love		
2	Densidad, forma y gravedad de la Tierra	10	0
	2.1 Figura de la Tierra		
	2.2 El campo de gravedad terrestre		
	2.3 El elipsoide y la formula internacional de gravedad		
	2.4 Gravimetría. Reducción e interpretación de anomalías de gravedad		
3	Sismología y el interior de la Tierra	12	0
	3.1 Sismometría		
	3.2 Propagación de ondas. Teoría de rayos		
	3.3 Estructura interna de la Tierra a partir de la información sísmológica		
	3.4 La fuente sísmica		
4	Edad y estado térmico de la Tierra	10	0
	4.1 Radiactividad. Naturaleza del fenómeno y su ocurrencia en las rocas de nuestro planeta		
	4.2 Isótopos estables y radiactivos		
	4.3 Métodos radiométricos: métodos de K-Ar, Rb-SR, U-Pb y Pb-Pb		
	4.4 Flujo de calor terrestre. Fuentes del calor terrestre (FCT)		
	4.5 Determinación del F.C.T. Interpretación del F.C.T.		
5	El campo magnético terrestre	10	0
	5.1 Características y descripción matemática del campo magnético terrestre		
	5.2 El campo magnético principal		
	5.3 El campo magnético externo		
	5.4 Paleomagnetismo		
	5.5 La Magnetometría en exploración geofísica		
6	Dinámica interna del planeta	10	0
	6.1 Propiedades reológicas de los metales terrestres		
	6.2 Composición y estado de la Tierra. El núcleo. El manto La corteza terrestre		
	6.3 Tectónica de Placas		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Aprendizaje colaborativo	()	Portafolios electrónicos	()
Otras (especificar)	()	Ensayos	()

	Control de lecturas	(x)
	Videos	()
	Otras:	()
Perfil profesiográfico docente		
Doctorado en temas afines al curso que se propone.		

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - A.Udias y J. Mezcuca, Fundamentos de Geofísica, Alhambra , Madrid - C.M.R. Fowler, The Solid Earth. An introduction to Global Geophysics, Cambridge University Press - G.C. Brown and A.E. Mussett, The Inaccessible Earth, Unwin Hyman, London - D. Turcotte y G. Schubert, Geodynamics, Cambridge University Press 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - G. D. Garland, Introduction to Geophysics, 2nd edition, W.B. Saunders, co, Toronto - P. J. Wyllie, The Dynamic Earth: Textbook in Geosciences - F. D. Stacey, Physics of the Earth, Wiley 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física del Medio Interplanetario

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias espaciales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total:64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender las propiedades físicas del viento solar y el campo magnético interplanetario
- Entender cómo se propagan las diversas perturbaciones en el viento solar, sus características y su papel en las relaciones Sol-Tierra.
- Comprender cómo se miden las propiedades del viento solar a través de las mediciones in-situ de naves espaciales.
- Comprender los efectos del ciclo solar en las propiedades de la heliosfera.

Objetivos particulares:

- Comprender la existencia del viento solar y el campo magnético interplanetario.
- Comprender las propiedades del viento solar.
- Entender las características físicas de las perturbaciones en el viento solar.

- Entender las características de la actividad solar y sus efectos transitorios en el medio interplanetario.
- Comprender la relación entre las eyecciones de masa coronal y los eyecta. Propagación de eyectas en el medio interplanetario.
- Estudiar las propiedades físicas de las discontinuidades MHD y su relación con las perturbaciones de gran escala en el viento solar.
- Conocer el origen y propagación de los eventos de partículas energéticas solares (SEPs).
- Describir los efectos de la actividad solar en el entorno magnético de la Tierra.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	2
	1.1 Algunas propiedades físicas del Sol 1.2 El viento solar como un plasma espacial 1.3 La heliosfera		
2	El viento solar	2	2
	2.1 Características físicas de la corona solar 2.2 Soluciones analíticas de la corona estacionaria y la corona dinámica 2.3 El viento solar como un plasma supersónico 2.4 Mediciones in-situ de viento solar 2.5 Origen del viento solar rápido y lento 2.6 Modelos del viento solar		
3	El campo magnético solar	4	4
	3.1 El campo magnético del Sol 3.2 Observaciones del campo magnético fotosférico 3.3 Modelación del campo magnético coronal 3.4 Variaciones con el ciclo solar 3.5 La espiral de Parker 3.5 Mediciones in-situ del campo magnético interplanetario 3.6 El campo magnético interplanetario en 3 dimensiones 3.7 La heliopausa: el fin de la heliosfera		
4	Regiones corrotantes de interacción	4	4
	4.1 Corrientes de viento solar rápido y lento 4.2 Formación de regiones de interacción 4.3 Evolución de las regiones de interacción		
5	Fenómenos explosivos de actividad solar	4	4
	5.1 Manifestaciones de actividad solar 5.2 Protuberancias explosivas 5.3 Fulguraciones y eventos de partículas energéticas solares (SEPs) 5.4 Eyecciones de masa coronal		
6	Eyecta y eyecciones de masa coronal		

	6.1 Relación entre eyecciones de masa coronal y eyectas 6.2 Mediciones in-situ de eyectas: firmas en el medio interplanetario 6.3 Eyecta y clima espacial 6.4 Modelos numéricos de la propagación de eyecciones de masa coronal.	4	4
7	Ondas de choque y discontinuidades mhd en el medio interplanetario 7.1 Ondas de choque y Discontinuidades MHD 7.2 Observaciones in-situ de discontinuidades y ondas de choque 7.3 Choques coronales 7.4 Choques en las regiones corrotantes de interacción 7.5 Choques transitorios y eyectas 7.6 Mecanismos de aceleración de partículas en ondas de choque	4	4
8	Eventos de partículas energéticas solares 8.1 Fulguraciones y aceleración de partículas 8.2 Propagación Transporte de partículas energéticas solares en el viento solar 8.3 Mediciones in-situ de partículas energéticas solares en satélites 8.4 Mediciones de partículas energéticas solares en la Tierra 8.5 Variaciones con el ciclo solar	4	4
9	Clima espacial 9.1 El viento solar y la magnetosfera terrestre 9.2 Perturbaciones IP y su efecto en el ambiente planetario: Clima Espacial 9.3 Tormentas Geomagnéticas 9.4 Variaciones con el ciclo solar	4	4
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.

Maestría o doctorado en el área de Ciencias espaciales y planetarias
Publicaciones recientes en la temática del curso.

Bibliografía básica

- E. Parker and C-G Falthammar, *Cosmical electrodynamics: Fundamental principles. Second Edition. (The International series of monographs on physics)*, 1963.
- Meyer-Vernet, *Basics of the Solar Wind* Cambridge University Press, 2007
- Kivelson M. G y C. T. Russell. *Introduction to Space Physics (Cambridge Atmospheric & Space Science)*, Cambridge, 1995
- Cravens, T. E., *Physics of the solar system plasmas (Cambridge Atmospheric and Space Science)*, 2004.
- Russell C. T., Luhmann J. G., R. J. Strangeway, *Space Physics: An Introduction*, 2016
- Howard T., *Coronal mass ejections Coronal Mass Ejections: An Introduction (Astrophysics and Space Science Library)*, 2013
- Schrijver C. J., G. L. Siscoe, *Heliophysics: Evolving Solar Activity and the Climates of Space and Earth (Heliophysics 3 Volume Set)* , Cambridge, 2010.

Bibliografía complementaria

- Parks G. K., *Physics of Space Plasmas an Introduction.*, Addison Wesley, 1991.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física de nubes y precipitación

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para: Hidrometeorología y aprovechamiento y balance energético Física de nubes y aerosol atmosférico	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Termodinámica de la Atmósfera	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los mecanismos físicos que ocurren a nivel de microescala en las diferentes etapas de la formación de nubes y de precipitación.

Objetivos particulares:

- Entender las diferencias entre los procesos de lluvia caliente y de lluvia fría.
- Reconocer la importancia del estudio y la observación de nubes y precipitación mediante su aplicación en diversas disciplinas, tales como los sensores remotos (radar meteorológico), la hidrología y la modificación artificial e inadvertida del tiempo meteorológico.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	8	0
	1.1 Composición y propiedades termodinámicas de la atmósfera 1.2 Mecanismos de formación de nubes 1.3 Morfología de nubes		
2	Microfísica de lluvia caliente	28	0
	2.1 Formación y desarrollo de nubes calientes 2.1.1 Aerosol atmosférico y núcleos de condensación de nube 2.1.2 Nucleación de gotitas de nube 2.1.3 Crecimiento de gotitas de nube por condensación 2.1.4 Desarrollo de espectros de gotitas de nube 2.2 Formación y desarrollo de lluvia caliente 2.2.1 Conceptos auxiliares: velocidad terminal y Teoría de Similaridad Dinámica 2.2.2 Colisión, coalescencia y rompimiento de gotas 2.2.3 Modelos de crecimiento continuo y de crecimiento estocástico 2.2.4 Espectros de gotas: distribución de Marshall-Palmer 2.2.5 Principios del radar meteorológico		
3	Microfísica de lluvia fría	20	0
	3.1 Propiedades del hielo 3.2 Partículas de hielo atmosférico 3.3 Nucleación de hielo en la atmósfera 3.4 Procesos de deposición: hábitos de crecimiento de cristales de hielo 3.5 Procesos de agregación: formación de nieve 3.6 Procesos de acreción: formación de graupel y granizo 3.7 Transferencia de calor y de masa durante crecimiento por acreción		
4	Modificación del tiempo meteorológico	8	0
	4.1 Modificación inadvertida 4.2 Modificación artificial ("siembra de nubes") 4.2.1 Supresión de niebla 4.2.2 Estimulación de lluvia 4.2.3 Control de granizo		
Subtotales		64	0
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	(x)	Rúbricas	(.)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(.)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(.)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	(.)	Videos	()
		Otras: especificar:	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en áreas afines al tema del curso.

Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Lamb, D., and J. Verlinde. Physics and Chemistry of Clouds. Cambridge University Press. 2011.
- Rogers, R.R., and M.K. Yau. A Short Course in Cloud Physics (Third Edition). Pergamon Press. 1989.

Bibliografía complementaria

- Pruppacher, H.R., and J.D. Klett. Microphysics of Clouds and Precipitation (Second Edition). Kluwer Academic Publishers. 1997.
- Seinfeld, J.H. and S.N. Pandis. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. J. Wiley & Sons, Inc. 1998.
- Wallace, J.M., and P.V. Hobbs. Atmospheric Science. An Introductory Survey (Second Edition). Academic Press. 2006.
- Revistas especializadas: Atmospheric Chemistry and Physics, Atmospheric Research, Journal of Aerosol Science, Journal of Applied Meteorology, Journal of the Atmospheric Sciences, Journal of Geophysical Research, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, entre otras.

Nota: Se proporcionará a cada alumno/a una relación bibliográfica exhaustiva dependiendo de sus temas de interés particulares.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física de plasmas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias Espaciales Ciencias Planetarias Peligros y riesgos del espacio exterior	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Magnetohidrodinámica	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Adquirir los conocimientos fundamentales de los plasmas y aplicarlos para explicar diversos fenómenos que se presentan en la naturaleza en ámbitos espaciales y astrofísicos.

Objetivos particulares:

- Adquirirá los conceptos fundamentales de la Física de Plasmas.
- Comprenderá el comportamiento de los plasmas aplicando las leyes de conservación.
- Adquirirá los conocimientos fundamentales del modelo de multi-fluidos.
- Identificará cómo se forman diversas estructuras en los plasmas solares y magnetosféricos.
- Comprenderá las estructuras de confinamiento magnetohidrodinámico que pueden presentarse en los plasmas.

- Identificará los diferentes tipos de ondas que pueden generarse y propagarse en los plasmas.
- Aplicará los conocimientos adquiridos a lo largo del curso a diversos problemas espaciales y astrofísicos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas Semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Teoría cinética de gases y Mecánica Estadística	3	3
	1.1 Repaso histórico 1.2 El concepto de gas ideal 1.3 Concepto cinético de gas y temperatura 1.4 Movimiento de partículas en campos electromagnéticos 1.5 Equipartición de la energía 1.6 Ley de Dalton 1.7 Colisiones (sección eficaz, camino libre medio frecuencia y periodo de colisiones) 1.8 Fenómeno de transporte (difusión, viscosidad y conducción de calor)		
2	Conceptos fundamentales de plasmas	3	3
	2.1 Plasmas en la naturaleza y definición de plasma 2.2 Cuasi-neutralidad eléctrica 2.3 Oscilación y frecuencia del plasma 2.4 Longitud de Debye 2.5 Parámetro del plasma		
3	Movimiento de partículas en campos electromagnéticos	4	4
	3.1 Derivas 3.2 Invariantes adiabáticos 3.3 Botella magnética, ángulo de paso y cono de pérdida		
4	Plasmas como fluidos	4	4
	4.1 Ecuación de Boltzmann 4.2 Momentos de la ecuación de Boltzmann 4.3 Ecuaciones de fluidos a partir de la aproximación cinética 4.4 Conservación de la energía 4.5 Difusión: a) Plasmas débilmente ionizados b) Plasmas completamente ionizados		
5	Introducción a la Magnetohidrodinámica (MHD)	4	4
	5.1 Conceptos fundamentales 5.2 Ecuaciones fundamentales de la Magnetohidrodinámica 5.3 Suposiciones MHD 5.4 La ecuación de inducción 5.5 Número de Reynolds y la beta del plasma		
6	Equilibrio y estabilidad	3	3
	6.1 Conceptos fundamentales 6.2 Theta pinch y z-pinch 6.3 Equilibrio MHD		

	6.4 Estabilidad MHD		
7	Teoría cinética	3	3
	7.1 Ecuación de Boltzmann sin colisiones		
	7.2 Ecuación de Vlasov y soluciones en equilibrio		
	7.3 Otras ecuaciones en teoría cinética		
8	Colisiones en plasmas	4	4
	8.1 Colisiones en plasmas completamente ionizados		
	8.2 Ecuación de Fokker-Planck		
	8.3 Tiempos de relajación		
	8.4 Resistividad		
9	Ondas en plasmas	4	4
	9.1 Ecuaciones básicas		
	9.2 Ondas electrostáticas		
	9.3 Ondas electromagnéticas		
	9.4 Otras ondas en plasmas		
	9.5 Amortiguamiento de Landau		
Subtotales		32	32
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras:	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema.			

Bibliografía básica
- Nicholson, D. R., Introduction to Plasma Theory, Wiley, N. Y., 1983.
- Priest, E. R., Magnetohydrodynamics of the Sun (Cambridge University Press), 2014. ISBN: 9780521854719.
- Parks, G. K., Physics of Space Plasmas: An Introduction, Second Edition 2nd Edition, Westview Press; 2 edition, 2003, ISBN-13: 978-0813341293, ISBN-10: 0813341299.
- Boyd, T. J. M. and Sanderson, J. J., The Physics of Plasmas, Cambridge University Press, 2005.
- Krall, N. A. & Trivelpiece, A. W., Principles of Plasma Physics, McGraw Hill (1973).
- Sturrock, Plasma Physics: An introduction to the theory of astrophysical, geophysical, and laboratory plasmas, Cambridge University (1994).
- Gurnett, D. A. & Bhattacharjee, A., Introduction to Plasma Physics: with space and laboratory applications, Cambridge Univ. (2005).
- Chen, F. F., Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum Press (1984).

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Chen, F.F., Introduction to Plasma Physics, Plenum Press, N.Y., 1982.- Bateman, G., MDH Insabilities, MIT Press, Cambridge Mass., 1980. |
| Bibliografia complementaria |
| <ul style="list-style-type: none">- Miyamoto, K., Plasma physics for nuclear fision, MIT Press, Cambridge Mass., 1989.- Schmidt, G., Physics of high temperature plasmas, Academia Press, N.Y., 1979. |



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física de rayos cósmicos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias Espaciales	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 3	Teóricas: 48	
		Prácticas: 1	Prácticas: 16	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los procesos físicos de la modulación de los rayos cósmicos.

Objetivos particulares:

- Comprender los principales procesos físicos de gestación y transporte de los rayos cósmicos tanto en la heliósfera como en la galaxia.
- Comprender los mecanismos físicos para el funcionamiento de los detectores de rayos cósmicos.
- Conocer la existencia de rayos cósmicos ultra-energéticos
- Interpretar datos de la intensidad de los rayos cósmicos

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas Semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción Histórica y Planteamiento General	4	0
	1.1 Descubrimiento y primeras investigaciones. Efecto Este-Oeste 1.2 Descubrimiento de partículas elementales. Descubrimiento de los Chubascos Atmosféricos 1.3 Espectro y composición química. Movimiento de partículas cargadas en campos electromagnéticos		
2	Interacción de Partículas con la Materia	6	2
	2.1 Ionización. Radiación de Cargas Aceleradas 2.2 Bremsstrahlung. Efecto Fotoeléctrico y Dispersión Compton 2.3 Interacciones nucleares		
3	Los Rayos Cósmicos y el Sol	8	4
	3.1 El Sol y el Viento Solar. Ciclo y Actividad Solar. La Heliósfera 3.2 Modulación de Rayos Cósmicos Galácticos por el Sol 3.3 Rayos Cósmicos Solares		
4	Propagación de Rayos Cósmicos en la Magnetosfera y Atmósfera Terrestres	6	2
	4.1 La Magnetosfera Terrestre 4.2 Direcciones Asintóticas de Rayos Cósmicos. Conos Asintóticos, Umbra y Penumbra 4.3 Interacciones de los Rayos Cósmicos en la Atmósfera Terrestre		
5	Chubascos Atmosféricos	6	2
	5.1 Interacciones nucleares en la atmósfera 5.2 Producción de Hadrones. Interacciones Hadrónicas 5.3 Efectos del campo Geomagnético en los Chubascos		
6	Detectores de la Radiación Cósmica	6	2
	6.1 Nucleones 6.2 Muones 6.3 Chubascos		
7	Transporte de Rayos Cósmicos en la Galaxia	6	2
	7.1 Nuestra Galaxia. Evolución Estelar. Supernovas, Estrellas de Neutrones, Hoyos Negros, Gas Interestelar 7.2 Difusión y confinamiento de Rayos Cósmicos en la Galaxia. Relojes en los Rayos Cósmicos 7.3 Procesos de Aceleración de Rayos Cósmicos. El Origen de los Rayos Cósmicos		
8	Rayos Cósmicos Ultra-energéticos	6	2
	8.1 ¿Galácticos o Extragalácticos? 8.2 El Corte GZK. Evidencias observacionales 8.3 Problemas no resueltos		

Subtotales	48	16
Total.	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras:	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema.			

Bibliografía básica
- Cosmic Rays and Particle Physics, T. Gaisser , Cambridge University Press, 1990
- High Energy Astrophysics, M.S. Longair, Cambridge University Press, 1992
- Cosmic Rays (Variations and Space Observations), L.I. Dorman, North Holland, 1974
Bibliografía complementaria
- Cosmic Bullets, Roger Clay and Bruce Dawson Allen and Unwin, Australia, 1997



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física de Rocas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Exploración geofísica de la Tierra sólida y de la corteza oceánica Yacimientos petroleros Yacimientos geotérmicos Exploración geofísica aplicada a la caracterización y evaluación de yacimientos Reología de materiales geológicos Hidrogeología Exploración geofísica de la superficie terrestre	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	
Seriación				
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Objetivo general:				
- Comprender los métodos usados para la interpretación de datos geológicos y geofísicos.				

<ul style="list-style-type: none"> - Entender las propiedades de las rocas y aprender sobre los procesos físicos medidos en las formaciones rocosas, y sus aplicaciones en la exploración y producción de yacimientos petroleros, geotérmicos e hidrológicos. - Estudiar las relaciones individuales y en conjunto de las propiedades de las rocas y los fluidos con la propagación de ondas sísmicas y electromagnéticas.
<p>Objetivos particulares:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Describir, calcular y explicar la física de los parámetros claves que influyen la respuesta de las ondas sísmicas y electromagnéticas en las rocas. - Identificar y aplicar herramientas de la Física de Rocas para la cuantificación y predicción de propiedades. - Explicar y clasificar el efecto de escalamiento de las propiedades de las rocas. - Evaluar y diferenciar los efectos de las saturaciones completas, parciales y del tipo “patchy” en medios porosos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción		
	<ul style="list-style-type: none"> 1.1 Objetivo y perspectiva general del curso 1.2 Antecedentes y conceptos básicos 1.3 Física de Rocas y sus aplicaciones 	4	4
2	Teorías usadas en Física de Rocas		
	<ul style="list-style-type: none"> 2.1 Teoría del medio continuo aplicado a la Física de Rocas 2.2 Teorías de medio efectivo usadas en la Física de Rocas 	4	4
3	Modelos		
	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Modelos fisicomatemáticos y empíricos de porosidad en rocas 3.2 Modelos fisicomatemáticos y empírico 3.3 Modelaje numérico 	4	4
4	Ondas sísmicas y electromagnéticas		
	<ul style="list-style-type: none"> 4.1 Principios de elasticidad y propagación de ondas sísmicas en rocas <ul style="list-style-type: none"> 4.1.1 Dispersión de velocidad y factor Q 4.2 Principios de propagación de ondas electromagnéticas en rocas 4.3 Efectos de las propiedades de las rocas en la propagación de ondas sísmicas y electromagnéticas 	6	6
5	Escalamiento		
	<ul style="list-style-type: none"> 5.1 Introducción al escalamiento de las propiedades físicas de las rocas 5.2 Técnicas y teorías de escalamiento 	5	5
6	Efecto de los fluidos en las rocas		
	<ul style="list-style-type: none"> 6.1 Flujo de fluidos, permeabilidad y difusión 6.2 Saturación completa, parcial y del tipo “patchy” 6.3 Estudio de los factores de fluidos y rocas que impactan la propagación de ondas sísmicas y electromagnéticas 	4	4
7	Cuantificación y predicción de las propiedades de las rocas	5	5

<p>7.1 Herramientas de la Física de Rocas para la cuantificación y predicción de propiedades</p> <p>7.1.1 Correlación de las propiedades de las rocas con las respuestas sísmicas y electromagnéticas</p> <p>7.1.2 Técnicas de imágenes 2D y 3D para estimar propiedades de las rocas</p> <p>7.2 Estudio del efecto de la relación de Vp/Vs (velocidad compresional y de cizalla) en técnicas de interpretación cuantitativa de la sísmica</p> <p>7.3 Estudio del efecto de la permitividad (constante dieléctrica) y susceptibilidad magnética en técnicas de interpretación cuantitativa de levantamientos geofísicos electromagnéticos</p>		
Subtotales	32	32
Total.	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (Presentación, oral y escrita, de trabajo de investigación sobre uno de los tópicos vistos en la materia ("Term paper"))	(x)
Perfil profesiográfico docente			
<p>Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.</p> <p>Investigador o Profesor con el grado de Doctor o Maestría en el campo correspondiente.</p> <p>Línea de investigación:</p> <p>Geofísica de la Tierra Sólida, Geología, Exploración, Aguas subterráneas, Modelación y Percepción Remota</p>			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Mavko, G., Mukerji, T. & Dvorkin, J., 2020, The Rock Physics Handbook (3era Ed.), 2020, Cambridge University Press - Djebbar Tiab Erle C. Donaldson. 2011. Petrophysics. Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties. Third Edition. https://doi.org/10.1016/C2009-0-64503-7 - Schön J.H. 2015. Physical Properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics. Volume 65, 2nd Edition
Bibliografía complementaria

- Avseth, P., Mukerji, T. & Mavko, G., Quantitative Seismic Interpretation (1st Ed.), 2010, Cambridge University Press.

Otra bibliografía complementaria será distribuida en clase y asignada en la búsqueda de artículos científicos



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física de suelos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias del Suelo Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación)	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Curso de Campo de Monitoreo Ambiental, o Hidrogeología de Campo	

Objetivo general:

- Comprender y aplicar los conceptos y procesos en física de suelos y conocer y entender el estado de la materia y la energía en el suelo.

Objetivos particulares:

- Estudiar las propiedades físicas del suelo
- Estudiar los procesos físicos del suelo
- Estudiar las formas, interrelaciones y cambios en los componentes del suelo: sólidos, aire y líquidos

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	3	2
	1.1 Características físicas generales del suelo 1.2 Relaciones de volumen, masa y volumen de los constituyentes del suelo 1.3 Tamaño de las partículas 1.4 Naturaleza química y mineralógica de las partículas 1.5 Forma y superficie de las partículas de arcilla 1.6 Comportamiento de la superficie de las partículas de arcilla 1.7 Color		
2	Fase sólida del suelo	6	2
	2.1 Textura del suelo 2.2 Tipos de suelo 2.3 Distribución de tamaño de partículas 2.4 Análisis mecánico 2.5 Superficie específica		
3	Propiedades dinámicas del suelo	5	2
	3.1 Consistencia del suelo 3.2 Plasticidad de suelo 3.3 Compresión y compactación 3.4 Resistencia a la penetración 3.5 Propiedades dinámicas de los suelos en la labranza 3.6 Expansión Contracción		
4	Estructura del suelo	5	2
	4.1 Génesis de la estructura 4.2 Tipos de estructura 4.3 Caracterización de la estructura del suelo 4.4 Agregación y porosidad del suelo 4.5 Estabilidad de los agregados 4.6 Degradación de la estructura 4.7 Restauración de la estructura 4.8 Estructura del suelo y desarrollo de las raíces		
5	Aireación del suelo	3	0
	5.1 Tipos de poros que participan en la aireación 5.2 Composición del aire del suelo 5.3 Respiración del suelo 5.4 Intercambio de gases 5.5 Renovación del aire del suelo 5.6 Flujo en masa		
6	Régimen térmico del suelo	3	0
	6.1 Fuente térmica y cantidad de calor 6.2 Radiación 6.3 Propiedades térmicas del suelo 6.4 Capacidad calorífica		

	6.5 Conductividad térmica y difusividad 6.6 Variaciones en la temperatura del suelo 6.7 Modificación del régimen térmico del suelo		
7	Fase líquida del suelo 7.1 Agua del suelo 7.2 Medición de la humedad del suelo. 7.3 Retención del agua en el suelo 7.4 Capacidad de campo y punto de marchitez permanente 7.5 Estado energético del agua del suelo 7.6 Expresión cuantitativa del potencial del agua 7.7 Medición del potencial de humedad del suelo 7.8 Curva característica de la humedad del suelo 7.9 Histéresis en el contenido de agua 7.10 Aspectos básicos de la relación Histéresis en el contenido de agua suelo – planta - atmósfera	10	4
8	Régimen de humedad del campo 8.1 Infiltración 8.2 Redistribución del agua y drenaje 8.3 Evaporación 8.4 Conductividad hidráulica	6	4
9	Funciones de pedotransferencia 9.1 Origen y definición 9.2 Métodos de desarrollo de las funciones de pedotransferencia 9.3 Determinación de las propiedades hidráulicas del suelo	5	0
10	Restauración de propiedades físicas del suelo 10.1 Evaluación de la degradación de las propiedades físicas del suelo 10.2 Técnicas de restauración y rehabilitación de las propiedades físicas del suelo	2	0
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Seminarios	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Asistencia	(x)
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Reportes de practicas	()
Prácticas de campo	(x)	Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en Física de Suelos.			
Publicaciones recientes en la temática relacionada con el curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none">- Hillel Daniel. 1998. Environmental Soil Physics. Academia Press. Toronto. 771 pp.- Lal, Rattan; Shukla, Manoj K. Principles of Soil Physics. CRC Press; 1er edición, 2004. ISBN-10 9780824753245
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none">- Soil & Tillage Research. Volúmen 79, 2004. Special issue: Soil physical quality



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física ionosférica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todas las áreas de profundización. Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias Espaciales Peligros y riesgos del espacio exterior	
Modalidad:	Curso		Tipo:	Teórico- Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Comprender los mecanismos físicos que regulan el comportamiento de la ionosfera terrestre entendida como aquella región de la atmósfera en la que existe una apreciable componente de gases ionizados producidos por la radiación solar.
- Estudiar los principios físicos que gobiernan su dinámica, y hacer uso de métodos de investigación por medio de radio sondeo y vehículos espaciales para el manejo de datos ionosféricos.

Objetivos particulares:

- Comprender y ejecutar métodos estadísticos que sirvan para el análisis de relaciones entre diferentes procesos para estudios geofísicos, que permitan su aplicación a datos ionosféricos.

- Estudiar en detalle los efectos sobre la ionosfera terrestre (propagación de señales, variación en el contenido total de electrones, entre otros) debidos a eventos originados en el Sol.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Formación, estructura y comportamiento de la ionosfera	2	2
	1.1 Datos básicos y propiedades generales de la ionosfera. 1.2 Procesos físicos que regulan su formación.		
2	Ondas electromagnéticas y su propagación	6	6
	2.1 Frente de fase. 2.2 Propagación de ondas radio (efectos: Directividad, refracción, Reflexión, Ondas transversales, Difracción, Polarización, Interferencia, Dispersión y Absorción). 2.3 Teoría de Appleton-Hartree. 2.4 Principio de Huygens. 2.5 Modulación de ondas. Velocidad de fase y de grupo. 2.6 Intervalos de frecuencias-longitudes de onda. 2.7 Propagación de ondas radio, regiones de Fresnel y de silencio. Efecto Faraday. 2.8 Frecuencia de plasma y resonancia giro-magnética.		
3	Atmósfera terrestre	4	4
	3.1 Clasificaciones y definiciones principales. 3.2 Datos sobre la troposfera, estratosfera e ionosfera. 3.3 Procesos dinámicos en la atmósfera (vientos termosféricos, ondas acústico-gravitatorias). 3.4 Resonancia de Schumann. 3.5 Importancia del diagnóstico de la ionosfera en tareas de propagación de ondas radio.		
4	Capa de Chapman	4	4
	4.1 Producción y recombinación del plasma ionosférico. 4.2 Estructura "vertical" de la ionosférica (perfil). 4.3 Permitividad dieléctrica y conductividad específica. 4.4 Absorción y reflexión de ondas en la ionosfera. 4.5 Efectos multi-trayectoria y radio eco. 4.6 Influencia de campo magnético en propagación de ondas (onda ordinaria y extraordinaria; cambio de polarización). 4.7 Efecto Kabanov		
5	Teoría magnetoiónica (diagrama CMI)	2	2
6	Variaciones en la ionosfera	4	4
	6.1 Estructura "horizontal" de la ionosfera. 6.2 Estructura ionosférica a distintas latitudes/longitudes. 6.3 Variaciones regulares. 6.4 Perturbación ionosférica, perturbación ionosférica transitoria. 6.5 Fluctuaciones positivas y negativas en la densidad ionosférica.		

	6.6 Circuitos longitudinales en el desplazamiento del plasma termosférico durante las tormentas. 6.7 Efecto de auroras. 6.8 Conexión entre los sistemas: corteza terrestre – atmósfera – ionosfera – magnetosfera – medio interplanetario. 6.9 Variaciones irregulares.		
7	Métodos de observación de parámetros ionosféricos 7.1 Ionosondeo desde estaciones en Tierra y desde satélites. 7.2 Contenido electrónico ionosférico, TEC (mediciones hechas con instrumentos GPS). 7.3 Mediciones ionosféricas con radar (dispersión coherente e incoherente). 7.4 Tomografía ionosférica (interpretación coordinada de señales enviadas desde satélites). 7.5 Estructuras observadas en la ionosfera (Anomalía de Appelton, burbujas). 7.6 Análisis estadísticos de series de datos ionosféricos.	6	6
8	Ionosferas planetarias 8.1 Observaciones en los planetas terrestres (asimetría global de la ionosfera de Venus, asimetría hemisférica en la ionosfera de Marte). 8.2 Observaciones en los planetas mayores y sus satélites (Distribución de material ionosférico en las magnetosferas de Júpiter y Saturno). 8.3 Perspectiva ionosféricas en exoplanetas.	4	4
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Investigador o profesor con el grado de Doctor o Maestría en el campo correspondiente. Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica

- Huang, C. and Lu, G., 2021, Space Physics and Aeronomy, Ionosphere Dynamics and Applications. John Wiley & Sons, 576 p.
- Kelly, M., 2012, The Earth's Ionosphere: Plasma Physics and Electrodynamics. Elsevier, 500 p.
- Ratcliffe, J. A., An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere, Cambridge University Press, 1972.

Bibliografia complementaria

- Abdu, Mangalathayil Ali, Archana Bhattacharyya, and Dora Pancheva, eds., 2011, Aeronomy of the Earth's Atmosphere and Ionosphere. Vol. 2. Springer Science & Business Media, 480 p.
- Bychkov, V., Golubkov, G. and Nikitin, A., 2012, The Atmosphere and Ionosphere: Elementary Processes, Discharges and Plasmoids. Springer Science & Business Media, 288 p.
- R. Shunk and A. Nagy, Ionosphere: Physics, Plasma Dynamics and Chemistry, Cambridge University Press, 2000.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física magnetosférica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias Espaciales Ciencias Planetarias Peligros y riesgos del espacio exterior	
Modalidad:	Curso		Tipo:	Teórico- Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los procesos electrodinámicos y magnetohidrodinámicos que ocurren en la magnetosfera terrestre y en las magnetosferas de otros cuerpos del Sistema Solar y su interacción con el viento solar.
- Discutir los resultados más recientes obtenidos a partir de observaciones, modelos analíticos y modelos numéricos.

Objetivos particulares:

- Revisar con herramientas de análisis de series de datos los procesos de transferencia de energía en la interacción onda-partícula, observadas en plasmas magnetosféricos.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	El campo geomagnético de origen interno 1.1 Sistema condensado geográfico 1.2 Los polos magnéticos 1.3 Coordenadas geomagnéticas 1.4 Relaciones dipolares 1.5 Descripción matemática del campo 1.6 Origen del campo principal 1.7 La variación secular	4	4
2	Interacción del viento solar con el campo geomagnético 2.1 El viento solar 2.2 Formación de la onda de proa y de la magnetopausa 2.3 Regiones cuasi-perpendicular y cuasi-paralela del choque de proa, el antechoque 2.4 La magnetofunda 2.5 La magnetopausa, movimiento, espesor y propiedades del plasma 2.6 Formación de la magnetocola	4	4
3	Modelos magnetosféricos 3.1 Modelo de Dungey. Reconexión magnética 3.2 Modelo de Chapman-Ferraro 3.3 Modelo Gas-dinámico, Spreiter 3.4 Modelos numéricos MHD 3.5 Modelos numéricos híbridos	4	4
4	Estructura de la magnetosfera y origen del plasma 4.1 Plasmosfera 4.2 Los cinturones de radiación 4.3 Cuñas magnéticas 4.4 La hoja de plasma 4.5 Los lóbulos norte y sur 4.6 El manto	4	4
5	Campos y corrientes eléctricas en la magnetosfera 5.1 Corrientes ionosféricas 5.2 Las corrientes de Birkeland (o alineadas al campo) 5.3 La corriente anular 5.4 La corriente de la magnetocola 5.5 Campos eléctricos magnetosféricos	4	4
6	Variaciones temporales del campo geomagnético (clima espacial) 6.1 Variación diurna 6.2 Variaciones semianual y anual 6.3 Perturbaciones principales de la magnetosfera: ondas y pulsaciones, subtormentas, tormentas 6.4 Índices geomagnéticos 6.5 Acoplamiento entre el viento solar y el entorno de la magnetosfera y ionósfera 6.6 Predicción del clima espacial y su relación con el ciclo de actividad solar	6	6

	6.7 Transferencia de energía en procesos de interacción entre ondas y partículas.		
7	Magnetosferas de otros planetas	6	6
	7.1 Magnetosfera de Mercurio 7.2 Magnetosfera de Júpiter 7.3 Magnetosfera de Saturno 7.4 Magnetosferas de Neptuno y Urano		
	Subtotales	32	32
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en Física de Suelos.			
Publicaciones recientes en la temática relacionada con el curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Space Physics and Aeronomy, Volume 2, Magnetospheres in the Solar System. Romain Maggiolo, Nicolas André, et al. Wiley. 2021. - Introduction to Space Physics Kivelson M. G. y C. T. Russell, Cambridge University Press, 1995. - Comparative Magnetospheres Blanco Cano X. y C. T. Russell (ed.), Adv. Space Res., 2004 - Physics of Space Environment. Tamas I. Gombosi, University of Michigan, Cambridge University Press. 2004. - Analysis Methods for Multi-Spacecraft Data, Götz Paschmann and Patric W. Daly (Eds.) International Space Science Institute 2000. - Space Physics An Introduction, C. T. Russell, J. G. Luhmann and R. J. Strangeway. Cambridge University Press, 2016 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Space Physics Kallenrode M-B. Springer-Verlag, 1998 - Magnetospheric Plasma Physics: The impact of Jim Dungey's Research, 2015. Southwood, David, Cowley FRS, Stanley W. H. Milton, Simon. Springer Verlag. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Física Solar

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Hidrometeorología y aprovechamiento y balance energético Ciencias Espaciales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico- Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los conceptos fundamentales de la física del Sol, su comportamiento a lo largo del ciclo de actividad solar y la modelación de diferentes procesos asociados con él.

Objetivos particulares:

- Comprender la estructura interna del Sol; las herramientas disponibles para observarlo; la estructura de su atmósfera, los fenómenos convectivos, oscilatorios y de rotación; el magnetismo y los fenómenos energéticos que en él ocurren.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Características del Sol	2	0
	1.1 Distancia, masa, radio, luminosidad 1.2 Distribución espectral de energía		
2	Estructura interna	3	2
	2.1 Construcción de un modelo del Sol 2.2 Edad y evolución previa a la secuencia principal 2.3 Ingredientes del modelo 2.4 Resultados del modelo solar estándar 2.5 Modelos no estándar		
3	Herramientas para las observaciones solares	3	2
	3.1 Limitaciones 3.2 Telescopios de alta resolución 3.3 Espectrógrafos y espectrómetros 3.4 Filtros y monocromadores 3.5 Polarimetría 3.6 Instrumentos de propósito especial		
4	La atmósfera	3	2
	4.1 Transferencia radiativa. Equilibrio termodinámico local. 4.2 Transferencia radiativa. Equilibrio estadístico 4.3 Modelos atmosféricos 4.4 La composición química del Sol		
5	Oscilaciones	7	2
	5.1 Observaciones 5.2 Oscilaciones adiabáticas lineales de un Sol sin rotación 5.3 Heliosismología		
6	Convección	7	2
	6.1 Estabilidad 6.2 Granulación 6.3 Mesogranulación y supergranulación 6.4 Celdas gigantes		
7	Rotación	7	2
	7.1 Eje de rotación 7.2 Achatamiento 7.3 Historia rotacional 7.4 La velocidad angular del Sol 7.5 Modelos de rotación de una zona convectiva		
8	Magnetismo	8	2
	8.1 Campos y materia conductora 8.2 Tubos de flujo 8.3 Manchas solares 8.4 El ciclo solar		
9	Cromosfera, corona y viento solar	8	2
	9.1 Cromosfera, región de transición, corona y viento solar 9.2 Consecuencia de la alta temperatura 9.3 El campo magnético en la atmósfera externa 9.4 Balance de energía 9.5 Eventos explosivos		

Subtotales	48	16
Total.	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- The Sun. An introduction, Michael Stix, Second Edition, Springer
- Fundamentals of Solar Astronomy, Arvind Bhatnagar, World Scientific Series in Astronomy and Astrophysics
- Physics and Chemistry of the Solar System, John S. Lewis, Second Edition, Elsevier Academic Press
- Physics of Solar System Plasmas, Thomas E. Cravens, Cambridge University Press

Bibliografía complementaria

- Physics of the Sun, Volume I: The Solar Interior, Geophysics and Astrophysics Monographs, Edited by P.A. Sturrock, T.E. Holzer, D.M. Mihalas, and R.K- Ulrich., D. Reidel Publishing Company
- Physics of the Sun , Volume II: The Solar Atmosphere, Geophysics and Astrophysics Monographs, Edited by P.A. Sturrock, T.E. Holzer, D.M. Mihalas, and R.K- Ulrich., D. Reidel Publishing Company



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Fisicoquímica de la atmósfera

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Fisicoquímica y composición atmosférica Calidad del aire y salud	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender la interacción de la fisicoquímica en la dinámica de formación, acumulación y remoción de especies químicas gaseosas, y aerosoles y partículas, de interés en el estudio de la química atmosférica, en la contaminación del aire, y la ocurrencia del cambio climático.

Objetivos particulares:

- Proporcionar los conocimientos básicos de fisicoquímica involucrados en el favorecimiento de las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera.
- Facilitar el entendimiento de procesos fisicoquímicos que usualmente se dan por aceptados y que pueden ayudar a la/el alumno/a a un mejor entendimiento del proyecto de investigación en el que está trabajando.

- Fortalecer fundamentos de fisicoquímica necesarios para explicar fenómenos atmosféricos de contaminación del aire, cambio climático, lluvia ácida y mecanismos de control de emisiones de contaminantes.
- Proporcionar los fundamentos de química necesarios para el curso sugerido posterior avanzado de Química Atmosférica.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Práctica
1	Revisión de conceptos básicos	4	4
	1.1 Propiedades intensivas y extensivas 1.2 Escalas de temperatura y presión 1.3 Unidades químicas (concepto de mol) 1.4 Balances de materia 1.5 Estructura y composición de la atmósfera		
2	Propiedades de los gases	4	4
	2.1 Leyes de Boyle; Charles; Gay-Lussac y Avogadro 2.2 Ley general de los gases 2.3 Ley de los gases ideales 2.4 Ley de Dalton 2.5 Unidades de concentración de gases		
3	Sistemas de óxido-reducción en la atmósfera	4	4
	3.1 Números de oxidación 3.2 Agentes oxidantes y reductores 3.3 Capacidad oxidativa de la atmósfera 3.4 Reacciones de oxidación y reducción en gases 3.5 Reacciones de oxidación y reducción en aerosoles		
4	Termodinámica de las reacciones de formación y remoción de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero	4	4
	4.1 Primera Ley de la Termodinámica 4.1.1 Energía libre, trabajo y calor 4.1.2 Entalpía de reacción 4.2 Segunda Ley y Tercera Ley de Termodinámica 4.2.1 Entropía 4.2.2 Energía libre de Gibbs 4.3 Pronóstico de reacciones químicas atmosféricas		
5	Equilibrio químico de sistema químicos atmosféricos	4	4
	5.1 Concepto de reversibilidad de las reacciones 5.2 Equilibrio y Ley de Acción de Masas 5.3 Coeficiente de reacción 5.4 Principio de LeChatellier 5.5 Equilibrio en solución acuosa (solubilidad de contaminantes) 5.5.1 Ley de Henry 5.5.2 Concepto de acidez (pH) 5.5.3 Ácidos polipróticos 5.5.4 Precipitación ácida		

6	Equilibrio físico de sistemas químicos atmosféricos	4	4
	6.1 Presión de vapor		
	6.2 Volatilidad		
	6.3 Difusión		
6.4 Equilibrio heterogéneo de aerosoles			
7	Cinética química de las reacciones en la atmósfera (principios)	4	4
	7.1 Clasificación de reacciones		
	7.2 Concepto de Ley de velocidad de reacción y constantes de velocidad		
	7.3 Efecto de la temperatura y la presión en la velocidad de reacción		
	7.4 Conceptos de vida media y tiempo de vida (radical hidroxilo)		
7.5 Tiempo de residencia y escalas de variación espacial			
8	Ciclos de azufre, nitrógeno y carbono en la atmósfera	4	4
Subtotales		32	32
Total.		64	

Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje:	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: especificar:	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en el tema del curso
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Finlayson-Pitts, B. & Pitts, Jr. N. 2000. Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments, and Applications. Academic Press.
- Hobbs, P.V. 2000. Basic Physical Chemistry for the Atmospheric Sciences. Cambridge University Press.
- Jacob, D.J. 1999. Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press.
- Seinfeld, J.H., & Pandis, S.N. 1998. Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change. A Wiley-Interscience publication.

Bibliografía complementaria

- Levine Ira (2005) Problemas de Físicoquímica (Schaum) 5ª. Edición. McGraw-Hill

- Bychkov, V., Golubkov, G., & Nikitin, A. (Eds.), 2010, The Atmosphere and Ionosphere: Dynamics, Processes and Monitoring. Springer Science & Business Media, 363 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Fundamentos de cómputo de alto rendimiento

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Dominar los conceptos fundamentales del cómputo de alto rendimiento, arquitecturas de alto rendimiento, así como las estructuras y algoritmos típicos de programación, para conocer los beneficios e impacto de esta tecnología en el desarrollo de aplicaciones.
- Arquitecturas MIMD programadas con lenguajes paralelos serán utilizadas como vehículos para el desarrollo de diversos casos de estudio, así como el uso de plataformas tipo clústers usando PVM Y MPI.

Objetivos particulares:

Al término del curso el alumno será capaz de:

- Presentar los antecedentes del cómputo en paralelo, de arquitectura y algoritmos.
- Analizar la clasificación de arquitecturas paralelas.
- Analizar MIMD y otras arquitecturas.

<ul style="list-style-type: none"> - Realizar la programación de procesos paralelos en MIMD. - Realizar la programación de procesos paralelos en clústers. - Realizar la construcción de algoritmos paralelos. - Realizar proyectos de aplicación. 			
Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas.
1	Introducción 1.1 Introducción. 1.2 Necesidad del cómputo de alto desempeño. 1.3 Complejidad computacional de un algoritmo. 1.4 Beneficios y problemática. 1.5 Retos. 1.6 Sistemas en tiempo real. 1.7 Métricas de desempeño.	4	0
2	Clasificación de Arquitecturas Paralelas 2.1 Introducción. 2.2 Modelos computacionales. 2.3 Arquitecturas de hardware. 2.4 Arquitectura de software (SISD, MISD, SIMD, MIMD). 2.5 Topologías de interconexión. 2.6 Comunicación entre procesadores.	10	0
3	MIMD y otras Arquitecturas 3.1 Arquitecturas. 3.2 Lenguajes de programación. 3.3 Ambientes e interfaces. 3.4 Sistemas de desarrollo. 3.5 Paralelismo de aplicaciones y threads. 3.6 Clusters. 3.7 PVM y MPI.	10	0
4	Programación de Procesos Paralelos en MIMD 4.1 Metodología. 4.2 Programación en un procesador. 4.3 Programación en múltiples procesadores. 4.4 Configuración de programas. 4.5 Mapeo de procesos en procesadores. 4.6 Casos de estudio.	10	0
5	Programación de Procesos Paralelos en Clusters 5.1 Metodología. 5.2 Programación en múltiples procesadores. 5.3 Configuración de programas. 5.4 Mapeo de procesos en procesadores. 5.5 Casos de estudio.	10	0
6	Construcción de Algoritmos Paralelos 6.1 Algoritmos pipelined/paralelismo algorítmico. 6.2 Algoritmos particionados/paralelismo geométrico. 6.3 Algoritmos asíncronos/paralelismo relajado. 6.4 Algoritmos farm de procesos.	10	0

	6.5 Balance de carga estático y dinámico.		
7	Proyectos de Aplicación	10	0
	Subtotales	64	0
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.

Bibliografía básica

- Lewis, T.G. (1992). Introduction to Parallel Computing. Prentice Hall International Editions.
- Krishnamurthy, E.V. (1989). Parallel Processing Principles and Practice. Addison Wesley.
- Thoeni, U.A. (1994). Programming Real-Time Multi-computers for Signal Processing. Prentice Hall.
- Webber, H.C. (1992). Image Processing and Transputers. IOS Press

Bibliografía complementaria

- Pitas, I. (1993). Parallel Algorithms: for Digital Image Processing, Computer Vision and neural networks. Wiley.
- Culler, D. (1999). Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach. Morgan Kaufmann Publishers



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Fundamentos de Geomagnetismo

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para: Geomagnetismo y paleomagnetismo	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Física del interior de la Tierra, o Geodinámica	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Introducir los conceptos básicos del origen del campo geomagnético en términos del espectro geomagnético y su contexto en la teoría de campos, así como las diversas bases de datos generadas en diversos sistemas observacionales.

Objetivos particulares:

- Describir el campo geomagnético utilizando tres distintos enfoques: La Teoría de Campos, utilizando como base el Teorema de Helmholtz, el gran espectro geomagnético utilizando la descripción espectral en función de la respuesta y duración del fenómeno, y en un tercer enfoque puramente geofísico, interpretando la respuesta de los datos resultantes de las distintas plataformas observacionales que abarcan datos de observatorios geomagnéticos, aeromagnéticos, y desde satélites.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Historia del Geomagnetismo	4	4
	1.1 El descubrimiento del magnetismo 1.2 Estudios pioneros en el magnetismo terrestre 1.3 Historia de los orígenes y la física del magnetismo 1.4 Evolución del geomagnetismo en México		
2	Geomagnetismo y Teoría de Campos	10	10
	2.1 Teorema de Helmholtz y Teoría de Campos 2.2 El dipolo magnético 2.3 Teoría de la magnetización 2.4 El campo magnético H (intensidad magnética) 2.5 Magnetización (M) y campo de intensidad magnética de (H) 2.6 Ecuaciones de campo para H 2.7 El potencial magnético escalar 2.8 Naturaleza externa e interna del campo Geomagnético		
3	El Espectro Geomagnético	8	8
	3.1 Variaciones espacio temporales del campo Geomagnético 3.2 Índices de actividad solar, ionosférica y geomagnética 3.3 Modelos geomagnéticos globales de referencia 3.4 Perspectiva geo-matemática del Geomagnetismo		
4	Sistemas Observacionales del campo Geomagnético	10	10
	4.1 Red mundial de observatorios geomagnéticos 4.2 Misiones satelitales 4.3 Cartografía magnética de la corteza terrestre 4.4 Geomagnetismo y Clima Espacial 4.5 Tópicos Actuales en Geomagnetismo (actividad volcánica, tectonomagnetismo, etc...)		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none">- Richard J. Blakely. Potential Theory in Gravity and Magnetic. Cambridge University Press. 1995.- Kaufman, A. A. Geophysical Field Theory and Method Part A. Press. INC 1992.- Qui, M., Richmond, B.T. Campos Escalares y Vectoriales. México Limusa, 1981.- Roberto Lanza y Antonio Meloni. 2006. The Earth Magnetism, an Introduction for Geologists. Springer.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none">- Handbook of Geomathematics.2005. Willi Freeden, M. Zuhair Nashed Thomas Sonar Editors. Springer Reference. Volume 1.- Manda, Mioara; and Monika Korte. 2011. Geomagnetic Observations and Models.- Lowrie, W. (2007). Fundamentals of geophysics. (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. Udías, A. y Mezcua, J. (2007). Fundamentos de geofísica. Madrid: Alianza Editorial.- Dobrin, M.B. y Savit, C.H. (1988). Introduction to geophysical prospecting. EUA: McGraw-Hill.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Genotoxicología ambiental

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre).	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Introducir el tema de la genotoxicología y establecer su relación con la exposición a contaminantes ambientales. De manera que adquieran las herramientas para estudiar el efecto de éstos en la salud humana y en distintos organismos, a través de diferentes técnicas y ensayos.

Objetivos particulares:

- Reafirmar los conocimientos acerca de la estructura y función de los cromosomas para el entendimiento de la interacción de los diferentes constituyentes de los mismos.
- Entender a fondo los mecanismos relevantes involucrados en el ciclo celular, los fenómenos de mitosis y meiosis y los mecanismos de reparación del ADN.
- Comprender la utilidad del uso de diversas pruebas y sistemas de evaluación como herramientas para la detección del efecto genotóxico tanto in vitro como in vivo, así

como en diversos biomonitores y bioacumuladores, para detectar el daño al ADN inducido por contaminantes ambientales tales como plaguicidas, metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, ftalatos, entre otros.

- Explorar alternativas para contrarrestar el daño al ADN, mediante el empleo de compuestos de origen vegetal con actividad antígenotóxica y antioxidante.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Generalidades 1. Estructura del ADN en el cromosoma Componentes básicos del ADN Características de la doble hebra Niveles de organización: de la hebra al cromosoma Características de los cromosomas 2. Sistemas de reparación Dogma central de la biología Sistemas de reparación a diferentes niveles 3. Ciclo celular Etapas del ciclo celular y sus características Puntos de control 4. Ciclo celular Mitosis y Meiosis	14	0
2	Evaluación de daño genotóxico provocado por contaminantes ambientales 1. Sistemas in vitro Ensayo de Ames 2. Cultivos celulares (cultivos primarios y líneas celulares) 3. Sistemas in vivo Animales Plantas 4. Estudios en personas expuestas a diversos contaminantes ambientales Ocupacional Ambiental	14	0
3	Pruebas para detectar el efecto genotóxico provocado por contaminantes ambientales 1. Micronúcleos 2. Ensayo cometa 3. Aberraciones cromosómicas 4. Pruebas moleculares	12	0
4	Estudio de los principales contaminantes atmosféricos que causan diferente tipo de daño al ADN 1. Contaminantes atmosféricos Hidrocarburos aromáticos policíclicos Aerosoles Metales pesados Plaguicidas	12	0

	Otros 2. Tipos de daño al ADN Estrés oxidante Radicales libres Formación de aductos Directo o indirecto S-dependiente o S-independiente 3. Aplicación de las técnicas y modelos a la evaluación de daño inducido por contaminantes ambientales Unidad V Las plantas como biomonitores del efecto genotóxico de contaminantes atmosféricos Musgos Plantas centinela		
5	Evaluación del efecto antigenotóxico y antioxidante de extractos de plantas		
		12	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Ejercicios fuera del aula	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Seminarios	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Otras:	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Reporte final del trabajo de investigación.	()
Prácticas de campo	()		
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
- Genetic toxicology: principles and methods, methods in molecular biology (J.M. Parry y E.M. Parry, Eds.). Springer.
Bibliografía complementaria
- Amador-Muñoz, O., Martínez-Domínguez, Y.M., Gómez-Arroyo, S. y Peralta, O. 2020. Current situation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in PM2.5 in a receptor site in Mexico City and estimation of carcinogenic PAH by combining non-real-time and real-time measurement techniques. Sci. Total Environ. 703, 134526.
- Brazilai, A. y Yamamoto, K. 2004. DNA damage responses to oxidative stress. Elsevier 3(8-9), 1109-115. Bresgen, N., Karlhuber, G., Krizbai, I., Bauer, H. y Eckl, P. 2003. Oxidative stress in cultured cerebral endothelial cells induces chromosomal aberrations, micronuclei, and apoptosis. J. Neurosci. Res. 72(3), 327-333.

- Carbajal-López, Y., Gómez-Arroyo, S. Villalobos-Pietrini, R. Calderón-Segura, M.E. y Martínez-Arroyo, A. 2016. Biomonitoring of agricultural workers exposed to pesticide mixtures in Guerrero state, Mexico, with comet assay and micronucleus test. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23, 2513-2520.
- Ceppi, M, Biasotti, B., Fenech, M. y Bonassi, S. 2010. Human population studies with the exfoliated buccal micronucleus assay: statistical and epidemiological issues. *Mutat. Res.* 705, 11-19.
- Cook, P.R. y Marenduzzo, D. 2018. Transcription-driven genome organization: A model for chromosome structure and the regulation of gene expression tested through imulations. *Nucleic Acids Res. Sep.* 2018.
- Cortés-Eslava J., Gómez-Arroyo S., Risueño M.C. y Testillano S.P. 2018. The effects of organophosphorus insecticides and heavy metals on DNA damage and programmed cell death in two plant models. *Environ. Pollut.* 240, 77-86.
- Dixon, J.R., Gorkin, D.U. y Ren, B. 2016. Chromatin domains: The unit of chromosome organization. *Mol. Cell.* 62(5), 668-680.
- Fenech, M. y Crott, J. 2002. Micronuclei, nucleoplasmic bridges and nuclear buds induced in folic acid deficient human lymphocytes -evidence for breakage - fusion-bridge cycles in the cytokinesis-block micronucleus assay. *Mutat. Res.* 504, 131–136.
- Fenech, M., Chang, W., Kirsch-Volders, M. Holland, N., Bonassi, S. y Zieger, E. 2003. HUMN project: detailed description of the scoring criteria for the cytokinesis-block micronucleus assay using isolated human lymphocytes cultures. *Mutat. Res.* 534(1), 67-75.
- Figueroa-González, G. y Pérez-Plasencia, C. 2017. Strategies for the evaluation of DNA damage and repair mechanisms in cancer (Review). *Oncol. Letts.* 13(6), 3982-3988.
- Gómez-Arroyo, S. Calderón-Segura, M.E. y Villalobos-Pietrini, R. 2000. Biomonitoring of pesticides by plants: An assay based on the induction of sister chromatid exchanges in human lymphocyte cultures and on the promutagen activation by *Vicia faba*. En: Butterworth, F.M., Gunatilake, A. and Gonsebatt Bonaparte, M.E. (Eds.). *Biomonitoring and biomarkers as indicators of environmental change. Vol 2, Chap. 23.* Plenum Press, Nueva York, pp. 439-455.
- Gómez-Arroyo, S., Martínez-Valenzuela, C., Villalobos-Pietrini, R. y Waliszewski, S. 2011. Pesticides: genotoxic risk of occupational exposure. En: *Pesticides. The Impact of Pesticide Exposure*, ISBN978- 953-307-660-3. INTECH Open Access Publisher. Stoytcheva, M. (Ed.). Croacia, 303-340.
- Gómez-Arroyo, S., Cortés-Eslava, J., Loza-Gómez, P., Arenas-Huertero, F., Grutter de la Mora, M. y Morton- Bermea, O. 2018. In situ biomonitoring of air quality in rural and urban environment of Mexico Valley through genotoxicity evaluated in wild plants. *Atmos. Pollut. Res.* 9, 119-125.
- Gómez-Arroyo, S., Barba-García, A. Arenas-Huertero, F. Cortés-Eslava, J., Grutter de la Mora, M. y García- Martínez, R. 2018. Indicators of environmental contamination by heavy metals in leaves of *Taraxacum officinale* in two zones of the metropolitan area of Mexico City. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25, 4739-4749.
- Gómez-Arroyo, S., Zavala-Sánchez, M.A., Alonso-Murillo, C.D., Cortés-Eslava, J., Amador-Muñoz, O., Jiménez-García, L.F. y Morton-Bermea, O. 2021. Moss (*Hypnum amabile*) as biomonitor of genotoxic damage and as bioaccumulator of atmospheric pollutants at five different sites of Mexico City and metropolitan area. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28, 9849-9863.

- Khanna, K. y Jackson, S. 2001. DNA double-strand breaks: signaling, repair and the cancer connection. *Nature Genetics* 27(3), 247-254.
- Kohen, R. y Nyska, A. 2002. Oxidation of biological systems: Oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicologic Pathol.* 30(6), 620-650.
- Martínez-Pérez, M., Arenas-Huertero, F., Cortés-Eslava, J., Morton-Bermea, O. y Gómez-Arroyo, S. 2021. *Robinsonia gerberifolia* as a sentinel organism for atmospheric pollution by heavy metals in several zones of Mexico City and its metropolitan area. *Environ. Sci. Pollut. Res.* (En prensa).
- Martínez-Valenzuela, C., Gómez-Arroyo, S., Villalobos-Pietrini, R., Waliszewski, S., Calderón-Segura, M.E., Félix-Gastélum, R. y Álvarez-Torres, A. 2009. Genotoxic biomonitoring of agricultural workers exposed to pesticides in the north of Sinaloa state, Mexico. *Environ. Int.* 35, 1155-1159.
- Mateuca, R.A., Decordier, I. y Kirsch-Volders, M. 2012. Cytogenetics methods in human biomonitoring: principles and uses. En: *Genetic toxicology: principles and methods, methods in molecular biology* (J.M. Parry y E.M. Parry, Eds.). Springer, pp. 305-333.
- Nagano, T., Lubling, Y., Várnai, C., Dudley, C., Leung, W., Baran, Y., Mendelson Cohen, N., Wingett, S., Fraser, P. y Tanay, A. 2017. Cell-cycle dynamics of chromosomal organization at single cell resolution. *Nature* 547 (7661), 61-67.
- Obe, G., Pfeiffer, P., Savage, J.R.K., Johanes, C., Goedecke, W., Jeppesen, P., Natarajan, A.T., Martínez- López, W., Folle, G.A. y Drets, M.E. 2002. Chromosomal aberrations: Formation, identification and distribution. *Mutat. Res.* 504, 17-36.
- Palacios Arreola, M.I., Morales-Montor, J., Cázares-Martínez C.J., Gómez-Arroyo, S. y Nava-Castro, K.E. 2021. Environmental pollutants: An immunoendocrine perspective on phthalates. *Front. Biosci.* 26, 401-430.
- Paz-Trejo, C. y Gómez-Arroyo, S. 2017. Genotoxic evaluation of common commercial pesticides in human peripheral blood lymphocytes. *Toxicol. Ind. Health* 33, 938-945.
- Rennie, S., Dalby, M., van Duin, L. y Andersson, R. 2018. Transcriptional decomposition reveals chromatin architectures and cell specific regulatory. *Nat. Commun.* 9(1), 487.
- Zhou, B. y Elledge S. 2000 The DNA damage response: Putting checkpoints in perspective. *Nature* 408(6811), 433-439.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geobiología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geobiología e Interacciones biósfera-atmósfera Ciencias planetarias	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas:64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total:4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender las formas en la que la vida y la Tierra interactúan desde la formación de nuestro planeta y hasta el presente, entendiendo el papel clave de los organismos y conociendo las estrategias de estudio en el campo.

Objetivos particulares:

- Entender las interacciones entre la biosfera y la geosfera a diferentes escalas.
- Entender algunas técnicas que se utilizan en la disciplina.
- Reconocer la relevancia de las relaciones entre la biosfera y la geosfera para el origen y evolución de la vida.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Breve historia de la geobiología	4	0
	1.1 Vida interactuando con la Tierra 1.2 Patrones y procesos en geobiología		
2	Vida en la tierra y astrobiología	12	0
	2.1 Escala de tiempo geológico y la formación planetaria		
	2.2. Origen del sistema Tierra-Luna y condiciones iniciales del planeta 2.3. Composición elemental de la Tierra: distribución y evolución		
3	Técnicas para hacer investigación de la vida temprana y actual	16	0
	3.1 Mapeo geológico		
	3.2 Datación radiométrica		
	3.3. Microscopía (SEM, TEM)		
	3.4 Espectroscopía de iones secundarios (SIMS y NanoSIMS)		
	3.5. Microespectroscopía Laser-Raman		
	3.6. Tomografía de Rayos X Sincrotrón		
	3.7. Microscopía de Fuerza Atómica (AMF)		
	3.8. Fósiles moleculares		
	3.9. Técnicas isotópicas (isótopos estables)		
4	Biología microbiana e interacciones microbio-ambiente	10	0
	4.1 Tipos de microbios (Bacterias, Arqueas, y Eucariontes)		
	4.2 Ubicuidad e identificación (métodos visuales y moleculares)		
	4.3 Metabolismos (aerobios, anaerobios, fermentadores, fotosintéticos, etc.)		
	4.4 Reactividad superficial celular		
	4.5 Adsorción de metales y partículas. Biosorción		
	4.6 Biomineralización		
5	Ciclos biogeoquímicos y compartimentos en la tierra	10	0
	5.1 Microcosmos de la vida y teoría simbiogénica		
	5.2 Jerarquía en la complejidad: compartimentos de vida en la Tierra		
	5.3 Zona crítica y ciclos sedimentarios		
	5.4 Ambientes extremos		
6	Ejemplos de sistemas microbiológicos	12	0
	6.1 Terrestres (costras biológicas y otras estructuras sedimentarias, endolitos y euendolitos, microambientes criogénicos)		
	6.2 Acuáticos (microbialitas, tufas y travertinos, concreciones en aguas profundas, tapetes microbianos)		
	6.3 Aéreos (transporte y ciclos de vida en la atmósfera)		
Subtotales		64	0
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)

Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
		Elaboración de infografías	(x)

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.

Experto en alguna de las siguientes líneas de investigación: Biogeoquímica, Astrobiología, Geoquímica Orgánica, Geobiología, Microbiología.

Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Banfield, J.F., & Nealson, K.H. (Eds.). (1997). Geomicrobiology: Interactions between microbes and minerals (Vol. 35). Mineralogical Society of Amer.
- Ehrlich, H.L., & Newman, D.K. (Eds.). (2008) Geomicrobiology. CRC press.
- Fenchel, T., Blackburn, H., King, G.M. (2012) Bacterial biogeochemistry: theecophysiology of mineral cycling. 3ra ed. Academic Press.
- Knoll, A.H., Canfield, D.E., Konhauser, O.K (Eds). (2012) Fundamentals of geobiology. Wiley-Blackwell
- Konhauser, K.O. (2006) Introduction to geomicrobiology. Wiley-Blackwell.

Bibliografía complementaria

- Canfield, D.E., Kristensen, E., Thamdrup, B. (2005). Aquatic geomicrobiology. Gulf Professional Publishing.
- Kirchman, D.L. (2012) Processes in microbial ecology. Oxford University Press.
- Stanley, S.M. (2008) Earth System History. 3a ed. W. H. Freeman.
- Madigan, M. T. (2005). Brock Biology of Microorganisms, 11a ed.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geocronología y microanálisis

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Petrología ígnea y metamórfica Deformación de la litósfera	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Geoquímica, o Geoquímica Isotópica
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender las técnicas geocronológicas y de microanálisis que se usan en las geociencias

Objetivos particulares:

- Entender y explicar el funcionamiento básico de las diferentes técnicas espectrométricas
- Describir las ventajas y desventajas de cada una de las técnicas analizadas
- Aprender, y poder aplicar, las técnicas básicas de selección y preparación de las muestras, dependiendo de la técnica a aplicarse
- Describir los parámetros principales de la optimización instrumental, para obtener condiciones robustas de funcionamiento

- Entender los principios de selección de los materiales de referencia, como emplearlos, y como diseñar los experimentos analíticos
- Entender como los datos crudos producidos durante los experimentos, se tienen que manejar
- Entender los principios a utilizarse para aplicar todas las correcciones necesarias, con el fin de obtener datos analíticamente correctos
- Entender los conceptos fundamentales de precisión, exactitud, mass resolution, abundance sensitivity

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción a la geocronología y decaimiento radioactivo	10	0
	1.1 Definición de isótopo, isóbaro, leyes del decaimiento radioactivo		
	1.2 Los principales sistemas isotópicos: Sr, Nd, Hf, U-Th-Pb		
2	Espectrometría de masas	4	0
	2.1 Tipos de espectrómetros, ventajas, desventajas		
	2.2 una introducción a las microsondas electrónicas y de iones secundarios		
3	El sistema de ablación láser	6	2
	3.1 Componentes		
	3.2 Principios de funcionamiento y teoría del transporte		
	3.3 Software, ventajas, desventajas		
4	Cuantificación elemental por medio de microanálisis	8	2
5	Diseño de experimentos	4	2
6	Los estándares: artificiales y naturales	4	0
7	Uso del software y reducción de datos	4	4
8	Casos de estudio	8	6
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas:		Evaluación del aprendizaje:	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: especificar:	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.

Publicaciones recientes en la temática del curso.

Bibliografía básica

- Dickin, A., 2005. Radiogenic Isotope Geology. Cambridge University Press
- Faure, G., and Mansing, 2007. Isotopes, principles and applications. Wiley
- Sylvester, P., 2008. Laser ablation ICP-MS in the earth sciences: current practices and outstanding issues. Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, Vol. 40
- Holland, H.D., Turekian, K.K., 2014, Treatise on Geochemistry. Elsevier, second edition, 15 volumes.

Bibliografía complementaria

- Allègre, C.J. and Sutcliffe, C, 2008, Isotope Geology. Cambridge University Press, 512 p.
- Ohmoto, H. ,2018,. Stable isotope geochemistry of ore deposits. In Stable isotopes in high temperature geological processes (pp. 491-560). De Gruyter.
- Rasskazov, S. V., Brandt, S. B., & Brandt, I. S., 2009,. Radiogenic isotopes in geologic processes. Springer Science & Business Media, 306 p.
- White, W.M, 2015,Isotope Geochemistry. John Wiley & Sons, 496 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geodinámica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Sismología Deformación de la litósfera Geomagnetismo y Paleomagnetismo Exploración geofísica de la Tierra sólida y de la corteza oceánica Exploración geofísica de la superficie terrestre	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 3	Teóricas: 48	
		Prácticas: 1	Prácticas: 16	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X)	Ninguna ()
		Fundamentos de Geomagnetismo, o Geofísica marina, o Rocas piroclásticas	

Objetivo general:

- Comprender los mecanismos principales de la formación y evolución dinámica de la Tierra y de otros planetas/cuerpos del Sistema Solar.

Objetivos particulares:

- Entender los procesos dinámicos de la Tierra en un contexto amplio que incluye información específicos con Campo de conocimiento y área de profundización.

- Entender la formación de la Tierra en el contexto de la formación de Sistema Solar y del Universo
- Comprender los procesos físicos específicos para el interior de la Tierra y en conexión con la Teoría de las Placas Tectónicas
- Aprender a investigar la convección en el manto usando herramientas numéricas avanzadas, supercómputo y visualización científica.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Formación del Universo	4	0
	1.1 La teoría de Big Bang 1.2 Formación del sistema Solar 1.3 Formación de planetas		
2	Sistema solar	4	0
	2.1 Formación 2.2 Nébulas y Supernovas 2.3 Conservación de momento y las leyes de Kepler		
3	Formación de planetas	4	1
	3.1 Acreción protoplanetaria 3.2 Formación del sistema Luna-Tierra 3.3 Mareas y las placas tectónicas		
4	Estructura interna de la Tierra	4	0
	4.1 Propagación de ondas sísmicas 4.2 Discontinuidades y transformación de fases 4.3 Núcleo terrestre		
5	Tectónica de placas	4	0
	5.1 Tipos de límites tectónicos 5.2 Microplacas 5.3 Edad del fondo oceánico, velocidad, subducción		
6	Tectónica de placas	4	1
	6.1 La litosfera oceánica - estructura 6.2 Fallas transformantes, zonas de fracturas, trincheras 6.3 La litosfera continental - estructura		
7	Esfuerzo y deformación	4	1
	7.1 Fuerzas de superficie y volumen 7.2 Esfuerzos y deformación en 2D y 3D 7.3 Medición y observaciones		
8	Elasticidad y flexura de placas	4	1
	8.1 Elasticidad y esfuerzos isotrópicos 8.2 Flexura de placas y deformación 8.3 Aplicaciones para la litosfera terrestre		
9	Transferencia de calor	3	1
	9.1 Generación de calor 9.2 Tipos de transferencias 9.3 Flujo de calor		
10	Gravedad	3	1
	10.1 Forma de la Tierra		

	10.2 Medición 10.3 Anomalías de gravedad		
11	Mecánica de fluidos	3	1
	11.1 Ecuaciones básicas		
	11.2 Flujos astenosféricos		
	11.3 Flujos asociados a la subducción		
12	Reología de rocas	3	1
	12.1 Fluencia de difusión		
	12.2 Fluencia de dislocación		
	12.3 Reología del manto		
13	Modelado numérico de procesos geodinámicos	2	2
	13.1 Ecuaciones básicas		
	13.2 Herramientas matemáticas		
	13.3 Herramientas computacionales		
14	Elementos básicos de Linux	2	2
	14.1 Comandos básicos de bash		
	14.2 El protocolo ssh		
	14.3 El editor vi		
15	Computación avanzada y visualización científica	0	4
	15.1 Herramientas de software libre		
	15.2 Ejemplos de supercomputadoras		
	15.3 Trabajo en supercomputadora		
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Geodynamics: Third Edition, Turcotte, D. L. and Schubert, G., Cambridge University Press, 2014 - The Solid Earth: Second Edition, C. M. R. Fowler, 2004 - Introduction to Numerical Geodynamic Modelling: Second Edition, Gerya, T., Cambridge University Press, 2019
Bibliografía complementaria

- T. Sandwell, D., 2022, *Advanced Geodynamics*, Cambridge University Press, 282 p.
- Turcotte, D. and Schubert, G., 2014, *Geodynamics*, Cambridge University Press, 623 p.
- Atkinson, P., Foody, G. M., Darby, S. E., & Wu, F. (Eds.), 2004, *GeoDynamics*. CRC Press 440 p.
- Jolivet, L., & Nataf, N. C. (Eds.), 2001, *Geodynamics*. CRC Press, 239 p.
- Scheidegger, A. E., 2012, *Principles of geodynamics*. Springer Science & Business Media. 398 p.
- *Plate Tectonics: How It Works*. First Edition, Cox and Hart, Wiley-Blackwell, 1986



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geoestadística

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra Geomática y percepción remota Procesamiento y análisis de datos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre.
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total:64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Ofrecer de manera sistemática los conceptos básicos de la Geoestadística sin requerir de un conocimiento avanzado de estadística.

Objetivos particulares:

- Proveer a los participantes de las habilidades prácticas que se requieren en el desarrollo de aplicaciones geoestadísticas en diversas áreas de ciencias de la tierra. Ejercitar mediante clases prácticas los conocimientos adquiridos usando software comercial y de dominio público. Resolver un problema concreto que sea del interés del participante aplicando la metodología Geoestadística (podrán traer sus propios datos).

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción 1.1 Objetivos del curso 1.2 Origen, definición y objeto de estudio 1.3 Etapas del análisis geoestadístico 1.4 La geoestadística, su posición y su relación con respecto a otras ramas de la estadística 1.5 Ejemplos de aplicaciones	2	2
2	Análisis exploratorio de datos 2.1 Variable aleatoria: discreta y continua 2.2 Función de distribución de probabilidad (FDP) 2.3 Función de densidad de probabilidad (fdp): histograma 2.4 Percentiles, momentos: valor esperado, varianza 2.5 Distribución normal y sus características 2.6 Modelo lognormal y sus características 2.7 Estadística multivariada 2.8 Distribución bivariada, scattergram, semivariograma 2.9 Momentos: media, covarianza, coeficiente de correlación 2.10 Regresión lineal y mínimos cuadrados	7	7
3	Funciones aleatorias Variable aleatoria regionalizada 3.1 Función aleatoria. 3.2 Función de distribución y momentos de una función aleatoria 3.3 Funciones aleatorias estacionarias 3.4 Funciones aleatorias intrínsecas 3.5 Funciones aleatorias no estacionarias	5	5
4	Análisis varigráfico	6	6
5	Estimación espacial	5	5
6	Geoestadística multivariada	5	5
7	Métodos de simulación	2	2
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	
		Elaboración de infografías	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Publicaciones recientes en la temática del curso.

Bibliografía básica

- Chilès, J. P. and P. Delfiner, Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty, 2012.
- Deutsch, C. V. and Andre G. Journel, GSLIB. Geostatistical Software Library and User's Guide. Second Edition, 1997.
- Díaz-Viera, M. A., geoestadística aplicada, Instituto de Geofísica, UNAM, Instituto de Geofísica y Astronomía, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, 135 págs., 2002.
- Samper Calvete F. J. y J. Carrera Ramírez, Geoestadística: Aplicaciones a la hidrogeología subterránea, Centro Int. de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona, 1990.
- The R Project for Statistical Computing, (<https://www.r-project.org/>).

Bibliografía complementaria

- Deutsch, C. V., Geostatistical Reservoir Modeling, Oxford University Press, New York, 376 pages, 2002.
- Hohn, M. E., Geostatistics and Petroleum Geology. Second Edition, 1998.
- Isaaks, E. H. and R. M. Srivastava, An Introduction to Applied Geostatistics, Oxford Univ. Press, pp. 561, 1989.
- Kelkar M. and G. Pérez, Applied Geostatistics for Reservoir Characterization, SPE, 2002.
- Wackernagel H., Multivariate Geostatistics: An Introduction with Applications. 2nd Rev edition, 1998.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geofísica marina

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Exploración geofísica de la Tierra sólida y de la corteza oceánica	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Geodinámica, o Tectónica de Placas, o Física del Interior de la Tierra
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Adquirir conocimientos fundamentales de la metodología empleada en estudios de geofísica marina para resolver problemas geotectónicos y sus aplicaciones a la exploración de recursos energéticos y yacimientos minerales en los mares mexicanos.

Objetivos particulares:

- Comprender los fundamentos de la geofísica marina.
- Entender las aplicaciones e instrumentación de la metodología de geofísica marina.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre
--------	------------------	----------------

		Teóricas	Prácticas
1	Conceptos de Placas Tectónicas	4	0
	1.1 Estructura del Interior de la Tierra 1.2 Deriva Continental y Geodinámica de los Procesos Tectónicas 1.3 Litósfera y tipo de límites de placas		
2	Relieve Marino y Estudios de Geofísica Marina	8	0
	2.1 Topografía del Relieve Marino 2.2 Mapeos históricos, edades del lecho 2.3 Ejemplos de mapeos geofísicos marinos		
3	Métodos de Navegación en Geofísica Marina	8	0
	3.1 Posicionamiento, Dirección y Velocidad 3.2 Instrumentos usados previos al GPS 3.3 GPS en embarcaciones		
4	Mediciones de Batimetría	8	0
	4.1 Fundamentos en las mediciones de batimetría 4.2 Ecosondeo batimétrico monohaz y multihaz 4.3 Estudios en los mares mexicanos		
5	Principios del Ecosondeo Acústico con Sonares	8	0
	5.1 Sonares en aguas someras 5.2 Sonares en aguas profundas 5.3 Imágenes acústicas del lecho marino		
6	Magnetismo en el Lecho Marino	8	0
	6.1 Principios del Magnetismo Terrestre 6.2 Magnetismo Remanente en el Lecho Marino 6.3 Mediciones Marinas y Magnetómetros Marinos		
7	Valores de Gravedad en el Lecho Marino	8	0
	7.1 Fundamentos de la Gravedad Terrestre 7.2 Instrumentación y Mediciones 7.3 Anomalías Gravimétricas en el Océano		
8	Métodos de Reflexión y Refracción Sísmica Marina	4	0
	8.1 Propagación de Ondas Sísmicas en el Medio Acuático 8.2 Mapeo de Estructuras en el Subsuelo Marino 8.3 Procesamiento de Datos Sísmicos Multicanal		
9	Estudios Marinos de Reflexión y Refracción Sísmica	4	0
	9.1 Mediciones y Procesamiento de los Registros Sísmicos 9.2 Instrumentación y Tecnología Actual 9.3 Estudios Realizados en los Mares Mexicanos		
10	Presentaciones de Investigaciones por el alumnado	4	0
	10.1 Estudios Internacionales de Geofísica Marina 10.2 Estudios Nacionales de Geofísica Marina 10.3 Estudios Interdisciplinarios con Geofísica Marina		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)

Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras: (especificar)	
		Elaboración de infografías	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Marine Geophysics, E.J. W. Jones, Ed. John Wiley & Sons LTD, 1999. - Global Tectonics, P. Kear, K. A. Klepeis, F. J. Vine, Ed. Wiley-Blackwell, 2009. - Geofísica Marina: Fundamentos y Aplicación a la Tectónica Global, A. Rodríguez Santana, A.M. Antoranz Pecharroman, I. Menéndez González, J. Cisneros Aguirre, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, 2006. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Lecturas seleccionadas de artículos publicados (trascendentales y actuales) en el Journal of Geophysical Research, J. Marine Geophysical Research, Pure and Applied Geophysics, Geofísica Intenacional, J. International Geophysics, Letters of Geophysical Research, Journal of Geology de AAPG, Geophysics de SEG. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geología ambiental

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos Yacimientos petroleros Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación)	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Entender la interacción entre los procesos terrestres, los recursos de la Tierra y el ambiente.
- Proporcionar los elementos de análisis para comprender el impacto de los fenómenos naturales en la sociedad, así como las medidas para mitigarlo.
- Comprender los efectos del hombre en la contaminación y degradación de los recursos naturales.

Objetivos particulares:

- Identificar los fenómenos geológicos y sus factores de riesgo
- Identificar las actividades humanas que repercuten en la degradación ambiental
- Identificar las medidas de mitigación de los riesgos geológicos y ambientales

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	4	0
	1.1 Definición de Geología Ambiental y su campo de acción 1.2 Aspectos generales de los tipos de rocas y sedimentos 1.3 Terminología utilizada en el estudio del impacto en la sociedad de los fenómenos geológicos: Amenaza, peligro, vulnerabilidad, riesgo 1.4 Evaluación del impacto de la actividad humana en el ambiente		
2	Riesgos Geológicos	14	4
	2.1 Riesgo sísmico 2.2 Riesgo volcánico 2.3 Procesos de remoción en masa 2.4 Inundaciones. 2.5 Subsistencia y fracturamiento 2.6 Relación entre los diferentes tipos de peligros. 2.7 Mapas de susceptibilidad, de amenaza, de peligros y de riesgos		
3	Suelos, erosión y aprovechamiento	6	2
	3.1 Conceptos generales de suelos 3.2 Factores de formación 3.3 Degradación de suelos: erosión y contaminación 3.4 Las funciones de los suelos		
4	Procesos geológicos y recursos energéticos	6	2
	4.1 Combustibles fósiles: origen e impacto en el clima 4.2 Energía geotérmica: origen e impacto en los ecosistemas 4.3 Energía hidroeléctrica: modificación en cuencas hidrográficas y su impacto en el ecosistema. 4.4 Estudios de caso		
5	Recursos mineros	8	2
	5.1 Formación de yacimientos minerales 5.2 Modificación del relieve e impactos en el ecosistema en el aprovechamiento de recursos minerales 5.3 Relación entre los ambientes sedimentarios y la dispersión de contaminantes. 5.4 Procesos de inestabilidad en minas 5.5 Casos de estudio		
6	Geociencias y desarrollo sostenible	10	6
	6.1 Gestión del riesgo y reducción de desastres 6.2 La problemática del agua para el desarrollo sostenible		

6.3 Manejo de desechos		
6.4 Estudios de impacto ambiental		
6.5 Estudios de caso		
Subtotales	48	16
Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	
		Tareas, seminarios, reportes de prácticas, exámenes parciales, examen final	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Bell, Fred G. 1998. Environmental Geology. Principles and Practice. Blackwell Science Ltd - Bryant, E., 2005. Natural Hazards. Cambridge University Press, 2nd. Edition. - Coch, N.K. 1985. Geohazards. Natural and human. Prentice Hall, N.J. - Keller., E.A. 1992. Environmental Geology, Macmillan Publishing Company, N.Y., 6ª. edición. - Press, F., Siever, R., Grotzinger, J., Jordan T.H., 2004. Understanding Earth. W.H. Freeman and Company. 4th edition. - Montgomery, C.W., James S. Reichard. 2019. Environmental Geology. McGraw Hill, 11th edition. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - J.W. LaMoreaux(Ed.). 2019. Environmental Geology, International Journal of Geosciences. Springer Verlag. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geología de la Geotermia

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos geotérmicos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas:32	
		Prácticas:2	Prácticas:32	
		Total:4	Total:64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender el panorama general sobre los usos de la energía geotérmica y los métodos que se emplean para la localización y caracterización de un campo geotérmico.

Objetivos particulares:

- Comprender los conceptos básicos asociados a la geotermia como fuente renovable de energía, su origen, usos, distribución en México y en el mundo, y los métodos empleados en la exploración geotérmica.
- Entender los diferentes tipos de sistemas geotérmicos, las características y funcionamiento de los componentes fundamentales que conforman un yacimiento geotérmico.
- Comprender las metodologías geológicas empleadas en la exploración geotérmica, de acuerdo a la escala de trabajo y enfoques metodológicos.

- Entender los principales métodos analíticos empleados en la exploración geológica con enfoque geotérmico
- Identificar los componentes que integran un modelo conceptual geológico-geotérmico para fines de exploración geotérmica e integrar información de otras disciplinas para explicar el funcionamiento de un yacimiento geotérmico.
- Comprender las características geológicas de los principales campos geotérmicos mexicanos, como han evolucionado con el tiempo y cuál es su situación actual

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción a la geotermia 1.1 Conceptos generales 1.2 Origen del calor y su flujo a la superficie terrestre 1.3 Importancia de la geotermia - Usos Directos - Usos Indirectos 1.4 Distribución de los campos geotérmicos -nivel nacional -nivel mundial 1.5 Métodos de exploración geotérmica. -Geológicos -Geocientíficos	6	6
2	Sistemas geotérmicos 2.1 Tipos de sistemas geotérmicos 2.2 Tipos de reservorios geotérmicos y características de las rocas almacenadora 2.3 Porosidad y permeabilidad de sistemas geológicos -Controles estructurales -Porosidad primaria 2.4 Fuente de calor 2.5 Recarga del yacimiento. Origen de fluidos y circulación 2.6 Capa sello del yacimiento geotérmico 2.7 Procesos hidrotermales -Naturaleza de fluidos hidrotermales -Zoneamiento hidrotermal 2.8 Geotermia no convencional -Sistema de rocas secas calientes -Sistemas no asociados a fuentes de calor magmáticas	4	4
3	Métodos de exploración geológica 3.1 Estudios de reconocimiento regional -Técnicas avanzadas de teledetección (identificación de estructuras y evidencias de hidrotermalismo) -Definición de patrones estructurales y régimen de esfuerzos		

	<p>3.2 Cartografía geológica a semidetalle</p> <ul style="list-style-type: none"> -Caracterización litoestratigráfica y determinación de la columna geológica -Estrategias en ambientes sedimentarios y volcánicos -Técnicas modernas de vulcanología (identificación de bocas eruptivas, fuente de erupciones, etc.) -Estudios estructurales a detalle -Inventario de manifestaciones hidrotermales <p>3.3 Evaluación hidrogeológica</p> <ul style="list-style-type: none"> -Obtención de los parámetros hidrogeológicos. -Ciclo y balance hidráulico -Determinación de las zonas de recarga y descarga 	4	4
4	<p>Métodos analíticos complementarios a la exploración geológica con propósitos geotérmicos</p> <hr/> <p>4.1. Identificación y cuantificación de componentes en rípios de perforación</p> <p>4.2. Petrografía</p> <ul style="list-style-type: none"> -Geoquímica de rocas (elementos mayores, traza y REE) -Difracción de rayos X (alteraciones hidrotermales) <p>4.3. Estudios petrológicos: de termobarometría (estimación de profundidad de fuentes magmáticas), inclusiones fluidas e isotopía</p> <p>4.4. Fechamiento de rocas de alta precisión (U/Th, Ar/Ar, C14)</p> <p>4.5. Estudios petrofísicos (pruebas triaxiales, microtomografía de rayos X)</p>	4	4
5	<p>Modelo Conceptual Geológico-Geotérmico</p> <p>5.1 Zonificación de alteraciones hidrotermales</p> <p>5.2 Geología del Subsuelo</p> <p>5.3 Componentes del modelo conceptual</p> <p>5.4 Visualización 3D de los componentes del sistema geotérmico</p> <p>Integración de métodos geofísicos y geoquímicos</p>	4	4
6	<p>Geología de los campos geotérmicos mexicanos</p> <hr/> <p>6.1. Campo geotérmico de Cerro Prieto</p> <p>6.2. Campo geotérmico de Los Azufres</p> <p>6.3. Campo geotérmico de Los Humeros</p> <p>6.4. Campo geotérmico de Tres Vírgenes.</p> <p>6.5. Campo geotérmico de Domo San Pedro</p> <p>6.6. Campo geotérmico de Cerritos Colorados (La Primavera)</p> <p>6.7. Áreas geotérmicas con potencial de explotación</p>	2	2
7	Práctica de Laboratorio y Campo	8	8
	Subtotales	32	32
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	
		Elaboración de infografías	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Gonzalez Partida E: 2020.- Apuntes de Geología de la Geotermia. Posgrado, CEGEO_UNAM: 150 p. - Heiken, G. (1982). Geology of geothermal systems. In: Edwards, L.M., Chilingar, G.V., Rieke, H.H. and Fertl, W.H. (Eds.), Handbook of Geothermal Energy. Gulf Publishing Company, Houston (TX), pp. 77-217. - GeothermEx (International Finance Corporation (IFC)). 2013. Geothermal Exploration Best Practices: A Guide to Resource Data Collection, Analysis and Presentation for Geothermal Projects. Bochum, Germany: International Geothermal Association. - IGA. 2014. Best Practices guide for geothermal exploration. Bochum University, pp. 194 - OLADE, 1994. Guía para estudios de reconocimiento y prefactibilidad geotérmicos. Serie: Documentos de OLADE. BID. Quito, Ecuador, 138 p. - Wohletz, K, and Heiken, G., 1992. Volcanology and Geothermal Energy. Berkeley, University of California Press. http://ark.cdlib.org/ark:/13030/ft6v19p151/ 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Anderson, T.C. (2013). Geothermal potential of deep sedimentary basins in the United States. Geothermal Resources Council Transactions, 37, 223-229. - Cumming, W. (2009). Geothermal resource conceptual models using surface exploration data. In Proc. 34th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California - Faulds, J.E., Coolbaugh, M., Bouchot, V., Moeck, I., and Oguz, K. (2010). Characterizing structural controls of geothermal reservoirs in the Basin and Range, USA, and western Turkey: Developing successful exploration strategies in extended terranes. Proceedings of World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, 25-30 April 2010; paper 1163: 11pp. - Gehringer, M. and Loksha, V. (2012) Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation. ESMAP / World Bank, Washington DC. 150 p - Bowen, R. 1979. Geothermal Resources London Applied Science Pub. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geología del Basamento Cristalino

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Petrología ígnea y metamórfica	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Introducir a los participantes al estudio de las unidades de basamento cristalino (ígneo y metamórfico), particularmente de México, revisando las principales metodologías y técnicas que aportan información petrológica, estructural, geocronológica e isotópica sobre su origen y evolución geológica.

Objetivos particulares:

- Adquirir una visión de los aspectos metodológicos comúnmente utilizados en el estudio de las unidades de basamento cristalino.
- Discutir el contexto regional y paleogeográfico de las principales unidades de basamento de México, así como su evolución y significado tectónico.
- Revisar la relevancia de la geología del basamento en los estudios vulcanológicos, sedimentarios, estructurales y geofísicos, con ejemplos de su aplicación a distintos casos de estudio en México y América Central.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Fundamentos metodológicos del estudio de unidades de basamento 1.1 Geología de campo 1.2 Aspectos estructurales y microtectónica 1.3 Aspectos petrológicos y sus aplicaciones 1.4 Métodos geocronológicos 1.5 Métodos isotópicos 1.6 Microanálisis químico en minerales	28	0
2	Introducción a los principales basamentos cristalinos de México y Guatemala 2.1 El basamento Proterozoico de Sonora 2.2 El Complejo Oaxaqueño 2.3 El Complejo Acatlán 2.4 El Complejo Xolapa 2.5 El Bloque Maya en México y Guatemala 2.6 El Complejo Chuacús 2.7 El Complejo Las Ovejas	28	0
3	Casos de estudio en México y América Central	8	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	
		Elaboración de infografías	()

Perfil profesiográfico docente

Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en la temática del curso.

Bibliografía básica

- Best, M. G. (2013). Igneous and metamorphic petrology. John Wiley & Sons.
- Dickin, A. P. Radiogenic isotope geology. Cambridge

- Klein, C., & Philpotts, A. R. (2013). Earth materials: introduction to mineralogy and petrology. Cambridge University Press.
- Kohn, M. J., Engi, M., & Lanari, P. (Eds.). (2019). Petrochronology: methods and applications (Vol. 83). Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Passchier, C. W., & Trouw, R. A. (2005). Microtectonics. Springer Science & Business Media.
- Passchier, C. W., Myers, J. S., & Kröner, A. (1990). Field geology of high-grade gneiss terrains. Springer Science & Business Media.

Bibliografía complementaria

- Ortega-Gutiérrez, F., Elías-Herrera, M., Morán-Zenteno, D. J., Solari, L., Weber, B., & Luna-González, L. (2018). The pre-Mesozoic metamorphic basement of Mexico, 1.5 billion years of crustal evolution. Earth-Science Reviews, 183, 2-37.
- Texto explicativo de la carta Geológica de la República Mexicana, 2007. SGM.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geología estructural

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Petrología ígnea y metamórfica Geología sedimentaria y estratigrafía Deformación de la litósfera Geomagnetismo y paleomagnetismo Yacimientos petroleros Reología de materiales geológicos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X)	Ninguna ()
		Curso de Geología de campo, o Geomorfología y Neotectónica	

Objetivo general:

- Presentar el estado del arte de la geología estructural mediante ejercicios prácticos, lecturas dirigidas, y trabajo de campo.

Objetivos particulares:

- Definir los conceptos de esfuerzo y deformación y poder utilizarlos en aplicaciones prácticas, así como relacionarlas entre sí.
- Caracterizar geoméricamente las diferentes estructuras tectónicas y explicar su génesis.

<ul style="list-style-type: none"> - Inferir características de la deformación y su historia con base en el análisis de las estructuras. - Aplicar herramientas computacionales a los conceptos anteriores. 			
Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	El esfuerzo 1.1 Definición del esfuerzo 3D de primeros principios 1.2 Definición del esfuerzo en el plano 1.3 La transformación de Mohr y el tensor de esfuerzo 1.4 Aplicaciones prácticas del análisis del esfuerzo 1.5 Efecto de los fluidos en la fractura de rocas 1.6 Esfuerzos en la corteza	8	2
2	La deformación 2.1 Definición de la deformación y su factorización 2.2 Métodos de estimación de distorsión 2.3 Deformación progresiva y trayectorias de deformación 2.4 Partición de la deformación	6	2
3	Reología 3.1 Caracterización de relaciones esfuerzo-deformación 3.2 Influencia de los factores P, T, é 3.3 Mecanismos de deformación y relación con P, T y é 3.4 Los fluidos y su influencia en la deformación a escala de grano	6	2
4	Fallas 4.1 La Teoría de Anderson 4.2 Análisis de fracturas y de cinemática de fallas 4.3 Estilos de falla en zonas de acortamiento 4.4 Estilos de falla en zonas de extensión 4.5 Estilos de falla en sistemas transcurrentes 4.6 Las zonas de falla y el flujo de fluidos	6	3
5	Pliegues 5.1 Los pliegues y su clasificación 5.2 Análisis de pliegues en el contexto reológico	8	3
6	Zonas de cizalla 6.1 Indicadores cinemáticos 6.2 Ejemplos de grandes zonas de cizalla	4	1
7	Métodos especializados de la geología estructural 7.1 Determinación de la edad de deformación 7.2 Determinación de temperatura y presión de deformación 7.3 Geomorfología estructural y morfometría 7.4 Métodos computacionales 7.5 Modelado analógico	10	3
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: especificar:	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en Geología con énfasis en Geología estructural.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Structural Geology de Haakon Fossen, Segunda Edición, 2016.
- Structural Geology of Rocks and Regions de Davis y Reynolds, Segunda Edición
- Earth Structure de van der Pluijm y Marshak, Segunda Edición, 2004
- Microtectonics de Passchier y Trouw, Segunda Edición, 2005
- Ramsay, J. G., & Huber, M. I. (1983). The Techniques of Modern Structural Geology: Strain Analyses (Vol. 1).
- Ramsay, J. G., & Huber, M. I. (1987). The techniques of modern structural geology: Folds and fractures (Vol. 2). Academic press.

Bibliografía complementaria

- Ramsay, J. G., Huber, M. I., & Lisle, R. J. (2000). The techniques of modern structural geology: Applications of continuum mechanics in structural geology (Vol. 3). Academic Press
- Allmendinger, R. W., Cardozo, N., & Fisher, D. M. (2011). Structural geology algorithms: Vectors and tensors. Cambridge University Press.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geología Planetaria

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias planetarias Peligros y riesgos del Espacio Exterior	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X)	Ninguna ()
		Peligros y riesgos por impactos con cuerpos cercanos a la Tierra	

Objetivo general:
- Comprender los procesos geológicos que ocurren en los cuerpos planetarios sólidos.

Objetivos particulares:
- Entender la conformación del sistema solar y las formas de planetas y lunas.
- Comprender los procesos geológicos y principales agentes formadores del relieve de los planetas y lunas del sistema solar.

Contenido temático

Unidad	Temas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Gran tour por el Sistema Solar	4	0

2	Las formas de Planetas y Lunas	6	0
3	Resistencia contra gravedad	6	0
4	Tectónica	6	0
5	Volcanismo	6	0
6	Cráteres de impacto	6	0
7	Regolitos, intemperismo y textura superficial.	6	0
8	Pendientes y movimientos de masa	6	0
9	Viento	6	0
10	Agua	6	0
11	Hielo	6	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
		Elaboración de infografías	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica	
- Melosh H.J. (2011). Planetary Surface Processes. Cambridge University Press.	
Bibliografía complementaria	
Artículos recientes en revistas científicas.	
- Faure, G., Teresa M. Mensing, T. M., 2007, Introduction to Planetary Science: The Geological Perspective. Springer Netherlands, 526 p.	
- Harry Y. McSween, Jr, Jeffrey E. Moersch, Devon M. Burr, Joshua P. Emery, 2019, Planetary Geoscience. Cambridge University Press, 350 p.	
- Pio Rossi, P. A. and Stephan van Gasselt, 2017, Planetary Geology, Springer International Publishing. 433 p.	
- Vita-Finzi, C., 2013, Planetary Geology: An introduction. Dunedin Academic Press Ltd, 216 p.	
Revistas electrónicas:	
- Planetary and Space Science.	
- Planetary Science.	
- Physics of The Earth and Planetary Interiors	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geología Regional de México

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 0	Total: 64	

Seriación.

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender la naturaleza de la estructura geológica de México en función de sus sistemas petrotectónicos (Provincias Geológicas) más relevantes por su área de exposición, origen y evolución.

Objetivos particulares:

- Ilustrar el contenido geológico de una de las regiones más complejas y mejor expuestas del planeta
- Presentar esa estructura geológica ordenadamente de los sistemas más simples (cuencas activas) a los más complejos (orógenos profundos).
- Presentar los temas en función de sus características más distintivas y señalar los problemas no resueltos o huecos en su conocimiento
- Comprender la importancia socioeconómica que entraña el conocimiento del sustrato rocoso del país, sus riquezas naturales y, en su caso, los riesgos que representan para la sociedad y sus bienes.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Cuencas sedimentarias	20	0
	1.1 Título del subtema. Litoral del Golfo de México		
	1.2 Litoral del Pacífico Sur y Golfo de California		
	1.3 Litoral del Pacífico Norte		
2	Provincias magmáticas	20	0
	2.1 Título del subtema. Arcos del Cenozoico		
	2.2 Batolitos		
	2.3 Intraplaca		
3	Provincias de basamento metamórfico	24	0
	3.1 Título del subtema. Provincias Precámbricas		
	3.2 Provincias Paleozoicas		
	3.3 Provincias Mesozoicas		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: especificar:	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Tectonic Systems of Mexico, 2018, Origin and Evolution: Earth Science Reviews, v. 183,
- Hammersley, et al., 2012, The Geology of Mexico: A Quantitative Evaluation of a Course
- Centeno-García, E., 2017, Mesozoic tectono-magmatic evolution of Mexico: An overview: Ore Geology Reviews, v. 81(3), p. 1035-1052.
- Designed to Increase the Number of Hispanic Students Participating in the Geosciences at California State University, Sacramento: Journal of Geoscience Education v. 60, p. 189–198.

Bibliografía complementaria

Publicaciones recientes en revistas especializadas.

- Alaniz-Álvarez, S., and Nieto-Samaniego, A., 2007, Geology of México: Celebrating the Centenary of the Geological Society of México. Geological Society of America, 465 p.

- Delgado-Granados, H., Aguirre-Díaz, G. and Stock, J., 2000, Cenozoic Tectonics and Volcanism of Mexico. Geological Society of America, 275 p.

Revistas electrónicas:

- Revista Mexicana de Ciencias Geológicas
- Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana
- Geofísica Internacional
- Geology



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geomorfología

lave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geomorfología Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación)	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X)	Ninguna ()
		Geomorfología fluvial, o Métodos aplicados al estudio de la dinámica de la superficie terrestre	

Objetivo general:

- Entender los procesos formadores del relieve para poder realizar una correcta evaluación del impacto ambiental y prevención de riesgos, así como evitar pérdidas materiales y económicas debido a catástrofes naturales derivadas de los procesos geológicos superficiales y/o acción antrópica y estructura de la corteza terrestre.

Objetivos particulares:

- Aplicar los conocimientos adquiridos durante en el curso en la resolución de los problemas planteados en el proyecto de tesis o investigación.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	<p>Introducción a la geomorfología</p> <p>1.1.- Concepto y objetivos de la Geomorfología.</p> <p>1.2.- La atmósfera terrestre y elementos meteorológicos. Composición y subdivisión.</p> <p>1.2.1.- La tropósfera.</p> <p>1.2.2.- Fenómenos de la atmósfera exterior. Balance de calor.</p> <p>1.2.3.- Temperatura del aire.</p> <p>1.2.4.- Presión atmosférica y el viento.</p> <p>1.2.5.- Humedad y precipitación.</p> <p>1.2.6.- Causas y mecanismo de las precipitaciones.</p> <p>1.2.7.- Tipos de precipitaciones. Clasificación de los climas.</p>	8	2
2	<p>Morfogénesis básica</p> <p>2.1.- La meteorización. Introducción.</p> <p>2.1.1.- Meteorización física, química y biológica. Procesos de la meteorización física.</p> <p>2.1.2.- Procesos de la meteorización química.</p> <p>2.1.3.- Procesos de la meteorización biológica.</p> <p>2.1.4.- Factores que controlan la meteorización. Productos de la meteorización. Sistemas morfogenéticos. Biostasia y rexistasia.</p> <p>2.2.- El suelo. Edafogénesis.</p> <p>2.2.1.- Perfil de un suelo.- Características.</p> <p>2.2.2.- Factores y procesos que intervienen en la formación del suelo.</p> <p>2.2.3.- Evolución de un suelo.</p> <p>2.2.4.- Clasificación de los suelos.</p> <p>2.3.- Modelado en las vertientes. Principios físicos generales.</p> <p>2.3.1.- Movimientos partícula a partícula. Movimientos en masa.</p> <p>2.3.2.- Clasificación de Carson y Kirkby. Factores condicionantes de los movimientos en masa. Geometría y evolución de las vertientes.</p>	10	2
3	<p>Morfología fluvial</p> <p>3.1.- Introducción a la morfología fluvial.</p> <p>3.1.1.- Fundamentos hidrológicos y dinámica fluvial. El ciclo del agua.</p> <p>3.1.2.- Escorrentía superficial.</p> <p>3.1.3.- Crecidas y estiaje.</p> <p>3.1.4.- Concepto de cuenca.</p> <p>3.1.5.- Morfometría de cuencas. Hidráulica fluvial.</p> <p>3.1.6.- La erosión.</p> <p>3.1.7.- El transporte.</p> <p>3.1.8.- La sedimentación.</p>	12	6

	<p>3.1.9.- Perfil longitudinal de un río. Nivel de base de un río.</p> <p>3.2.- Dinámica y evolución de la morfología fluvial</p> <p>3.2.1.- Evolución fluvial. Red hidrográfica. Formas elementales.</p> <p>3.2.2.- Geometría del lecho fluvial.</p> <p>3.2.3.- Tipos de ríos: canales rectos, trenzados, anastomosados y meandriformes. Los meandros. Llanuras aluviales. Abanicos aluviales. Deltas. Cuencas fluviales, terrazas. Tipos de drenaje.</p>		
4	<p>Morfología litoral</p> <p>4.1.- Procesos litorales. Introducción.</p> <p>4.2.- El oleaje y las mareas.</p> <p>4.3.- Las corrientes.</p> <p>4.4.- Modelado destructivo.</p> <p>4.5.- Modelado constructivo.</p> <p>4.6.- Tipos de costas.</p>	4	2
5	<p>Geomorfología climática</p> <p>5.1.- Modelado glaciar y periglacial. La alternancia de períodos glaciares e interglaciares.</p> <p>5.1.1.- Clasificación de glaciares.</p> <p>5.1.2.- Movimiento del glaciar.</p> <p>5.1.3.- Balance de masa.</p> <p>5.1.4.- Formas del relieve ligados a desalojamiento y abrasión glaciar.</p> <p>5.1.5.- Transporte glaciar.</p> <p>5.1.6.- Formas de depósitos glaciares.</p> <p>5.1.7.- Ambientes periglaciares.</p> <p>5.1.8.- Procesos externos ligados a periglacialismo.</p> <p>5.1.9.- Formas de depósito periglaciares.</p> <p>5.1.10.- Formas del modelado periglacial.</p> <p>5.2.- Modelado de zonas áridas y semiáridas. Características de las zonas áridas.</p> <p>5.2.1.- Acción del viento: erosión, transporte y depósito.</p> <p>5.2.2.- Las dunas.</p> <p>5.2.3.- Disgregación mecánica.</p> <p>5.2.4.- La arroyada.</p> <p>5.2.5.- Badlands y piping.</p> <p>5.2.6.- Asociación del paisaje del desierto: costras, barnices, mesas y playa-lakes.</p> <p>5.3.- Modelado de zonas intertropicales. Características climáticas y diferenciación. Alteración ferralítica.</p> <p>5.3.1.- Morfología de la selva y sabana.</p> <p>5.3.2.- Inselberg.</p>	8	2
6	<p>Modelado litológico y estructural</p> <p>6.1.- Modelado en base a litología.</p> <p>6.1.1.- Modelado en calizas: morfología kárstica.</p> <p>6.1.2.- Modelado en rocas plutónicas y metamórficas.</p> <p>6.1.3.- Modelado en rocas volcánicas y otros grupos de rocas.</p>	6	2

6.2.- Disolución de las calizas. Composición química y solubilidad de las calizas. 6.3.- Formas kársticas. 6.3.1.- Evolución del karst e influencia climática. 6.3.2.- Factores que controlan el comportamiento de estas rocas.- Morfología de las regiones graníticas. 6.3.3.- Evolución de formas graníticas. 6.3.4.- El modelado de las rocas metamórficas. 6.3.5- La actividad volcánica. 6.3.6.- Formas elementales de construcción. 6.3.7.- Alteración en rocas volcánicas. 6.3.8.- Modelado en rocas sedimentarias.		
Subtotales	48	16
Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	
		Elaboración de infografías	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone o grado equivalente.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Bierman, P.R., Montgomery, D.R. 2020. Key Concepts in Geomorphology (2nd Ed.). W H Freeman & Co (Sd). - Gutiérrez Elorza, M. 2008. Geomorfología. Pearson Prentice Hall. 898 p. ISBN 978-84-8322-389-5. - Huggett, R.J. 2016. Fundamentals of Geomorphology (4th ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315674179. - Muñoz Jiménez, J. 1995. Geomorfología General, Editorial Síntesis, 351 pp. - Parsons, A.J., Abraham, A.D. 2009 (2° Ed.). Geomorphology of Desert Environments. Springer, 831 p. - Pedraza, J. De 1996. Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones. Ed. Rueda, Madrid. - Ritter, D.F., R. Kochel, R.C., Miller, J.R. 2011. Process Geomorphology (5th Edición). Waveland Pr Inc; 652 pp. - Strahler, A.N., Strahler, A.H. 1994. Geología Física. Ed. Omega, Barcelona. - Summerfield, M.A. 1991. Global Geomorphology. Harlow. 560 p. - Tarbuck, E.J., Lutgens, F.K. 2000. Ciencias de la Tierra: una introducción a la Geología Física. Prentice Hall, Madrid, 736 pp. - 4-205-4998-3.

Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none">- Masselink, G., Hughes, M., Knight, J. 2011. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Taylor & Francis Group, 416 p.- Thomas, D.S.G. 2011. Arid Zone Geomorphology: Process, Form and Change in Drylands, 3rd Edition. Wiley & Blackwell, 648 p.
NOTA: Se proporcionará en clase artículos recientes complementarios.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geomorfología fluvial

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimientos: Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geomorfología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Geomorfología
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los mecanismos de transporte y erosión como resultado de la acción fluvial y su relación con los procesos de ladera.

Objetivos particulares:

- Introducir las técnicas más recientes para el análisis de los procesos fluviales y su relación con la conectividad, cronología y evolución del relieve.
- Entender los estudios y aplicaciones más recientes de los procesos fluviales.
- Adquirir los conocimientos necesarios para realizar investigaciones en ambientes fluviales de montaña y planicie desde un punto de vista teórico y aplicado.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas

1	Introducción a la geomorfología fluvial	12	6
	1.1 La acción fluvial en la superficie terrestre		
	1.2 Principios teóricos de la geomorfología		
	1.3 El concepto de sensibilidad y sensibilidad de los procesos fluviales		
2	1.4 La escala espacial y temporal de los procesos fluviales, los modelos evolutivos del relieve y las geo-marcas.	12	6
	Los procesos fluviales en el relieve terrestre		
	2.1 Las cuencas fluviales: Hidrografía y morfometría de cuencas.		
	2.2 La dinámica de flujos y su estimación cuantitativa: la viscosidad dinámica, régimen de flujo, turbulencia, flujos laminares, clasificación de flujos, potencial fluvial.		
	2.3 Estudio cuantitativo de los ríos: Estaciones de aforo e interpretación de datos de aforo y sedimentos.		
3	2.4 Los principios de la geometría hidráulica, continuidad y discontinuidad de procesos.	10	2
	2.5 Clasificación de los ríos: Los ríos aluviales y ríos en roca.		
	Mecanismos de transporte y formas del relieve en ambientes fluviales		
	3.1 El transporte de sedimentos y la conectividad con las laderas.		
	3.2 Formas resultantes de los procesos fluviales		
4	3.3 Procesos y formas fluviales de acuerdo con el dominio climático: Ríos de zonas áridas, gélidas, templadas y tropicales.	14	2
	3.4 Simulación numérica de los procesos fluviales.		
	Métodos de análisis de los sedimentos fluviales		
	4.1 Determinación de edades en sedimentos fluviales		
	4.2 Métodos indirectos de los sedimentos en canales: Análisis con sistemas de información geográfica, fotogrametría digital, modelos de elevación de alta resolución.	48	16
	4.3 Extracción de sedimentos y su análisis en laboratorio: Análisis físicos y químicos.		
	Subtotales		
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)		

Prácticas de campo	(x)	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	()
Otras (especificar)	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras: (especificar)	
		Elaboración de infografías	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en Geomorfología o Hidrología, experiencia equivalente y publicaciones recientes sobre el tema.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Knighton, D., 1998. Fluvial Forms and Processes. Hodder Arnold, London and New York. - Leopold, L.B., Gordon Wolman, M., Miller, J.P., 1992. Fluvial Processes in Geomorphology. Dover Publications, New York. - Tinkler, K., Wohl, E., 1998. Rivers over rock: Fluvial Processes in Bedrock Channels. Geophysical monograph 107, American Geophysical Union, USA. - Wohl, E., 2010. Mountain Rivers Revisited. Water Resources Monograph 19, American Geophysical Union, USA.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Allen, P., 2017. Sediment Routing Systems: The Fate of Sediment from Source to Sink. Cambridge University Press, UK. - Anderson, R.S., Anderson, S., 2010. Geomorphology: the mechanics and chemistry of landscapes. Cambridge University Press, UK. - Burbank, D. W., Anderson, R. S., 2001. Tectonic Geomorphology. Sheridan Books, Chelsea, MI, USA. - Gary, N., 1999. Sedimentology and Stratigraphy. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, UK. - Summerfield, M. A., 1991. Global Geomorphology. Pearson Education Limited, UK.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geomorfología y Neotectónica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Deformación de la litósfera Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos Geomorfología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Tectónica de placas, o Geología estructural	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Curso de Geología de campo	

Objetivo general:

- Comprender las diferentes herramientas de geomorfología y neotectónica para su aplicación en casos concretos de estudio.

Objetivos particulares:

- Comprender los conceptos geomorfología, formación y destrucción de los relieves, erosión/disolución de las rocas, los factores que influyen en la morfología (clima, litología de las rocas, tectónica, altura del relieve...).
- Identificar y caracterizar estructuras tectónicas recientes.
- Aplicar los conceptos mencionadas en problemas específicos de ciencias de la tierra, en diferentes escalas.
- Entender los métodos más modernos de geomorfología cuantitativa y las aplicaciones en la caracterización de tectónica activa.

- Entender los métodos de interpretación del relieve (fotos aéreas, modelo de terreno, fotointerpretación, campo) y estudio de neotectónica (perfiles topográficos, trincheras) para identificar los factores que afectan el relieve y caracterizar fallas activas, y determinar el peligro sísmico.
- Aplicar los conocimientos teóricos en una zona determinada.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	2
2	Geomorfología, litología y clima	15	0
	2.1 Características físico-química de las rocas		
	2.2 Características de los climas		
	- Geomorfología en medio desértico - Geomorfología en medio continental - Geomorfología en medio tropical húmido - Geomorfología glaciár		
	2.3 Interacción Litología-clima		
3	Neotectónica	15	0
	3.1 La geomorfología cuantitativa		
	3.2 Herramientas de neotectónica		
	3.3 La paleosismología		
4	Proyecto de Investigación	0	30
	Cada alumno/a desarrollará durante todo el semestre un proyecto de investigación utilizando las herramientas de geomorfología/neotectónica para resolver una problemática específica.		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	
		presentación del trabajo de investigación	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en Geomorfología o Geología estructural o experiencia equivalente.			

Bibliografía básica

- Gutiérrez Elorza M. (2008) Geomorfología, Pearson educación, S.A., Madrid, 2008, 920 pp
- McCalpin, J.P., 2009. Paleoseismology (second edition). Academic Press-Elsevier, Amsterdam.
- Gutiérrez Elorza, M. (2005), Climatic Geomorphology, Elsevier, Amsterdam.
- KELLER, E., & PINTER, N. (1996). Active tectonics: earthquakes, uplift and landscape. Prentice Hall. 338 p.
- YEATS, R.S., SIEH, K., & ALLEN, C.R. (1997). Geology of earthquakes. New York-Oxford: Oxford University Press. 568 p.
- SCHOLZ, C. (1990). The mechanics of earthquakes and faulting. Cambridge: Cambridge University Press. 439 p.
- HANDY, M.; HIRTH, G.; HOVIUS, N. (2007). Tectonic Faults. Agents of Change on a Dynamic Earth. Dahlem Workshop reports series. 504 pp.
- BULL. W. (2007): Tectonic Geomorphology of Mountains. A new approach to paleoseismology. Blackwell Publishing.

Bibliografía complementaria

Artículos científicos recientes sobre la temática del curso.

- Anderson, R. and Anderson, S., 2010, Geomorphology: The Mechanics and Chemistry of Landscapes. Cambridge University Press, 635 p.
- Huggett, R., 2013, Fundamentals of Geomorphology. Routledge, 408 p.
- Oya, M., 2013, Applied Geomorphology for Mitigation of Natural Hazards, Springer, 179 p.

Revistas electrónicas:

- Geomorphology
- Geomorphologie
- Revista Mexicana de Ciencias Geológicas



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geoquímica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Vulcanología Petrología ígnea y metamórfica Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Geoquímica Isotópica, o Geocronología y microanálisis, o Meteorítica	

Objetivo general:

- Examinar los últimos conceptos sobre la evolución del Sistema Solar y la Tierra, basados en el conocimiento de los procesos químicos que operan en materiales planetarios. Revisar y discutir los conceptos termodinámicos básicos para la comprensión de los procesos geoquímicos y su equilibrio.

Objetivos particulares:

- Proporcionar los fundamentos necesarios para la caracterización y distribución de los elementos químicos en diversos sistemas naturales. Identificar y describir los

- fundamentos de las principales técnicas analíticas para la obtención de datos químicos.
- Presentar los fundamentos en los cuales se basan los métodos de fechamiento isotópico y del fraccionamiento isotópico.
 - Comprender y discutir las ventajas de estas herramientas geoquímicas de los materiales en cada uno de los sistemas terrestres y sus aplicaciones en las Ciencias de la Tierra.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	Esquema composicional del Universo y de la Tierra		
	1.1 Abundancias cósmicas de los elementos y nucleosíntesis 1.2 Características de los meteoritos: definición, clasificación, origen y utilidad geoquímica 1.3 Composición de la Luna 1.4 Composición de la Tierra y su evolución 1.5 Composición actual de la Tierra (contaminantes en agua, suelo, atmósfera)	6	2
2	Fundamentos termodinámicos		
	2.1 Introducción 2.2 Definiciones termodinámicas (sistema, frontera, fase, componente, tipos de sistemas) 2.3 Estados y funciones de estado (P, T, E, V, H, S, etc.) 2.4 Primera Ley (energía interna (E), entalpía (H), trabajo (w), calor (Q)) 2.5 Capacidad calorífica a presión (ΔC_p) o volumen constante ΔC_v 2.6 Segunda Ley (entropía, S). Combinación de la primera y segunda ley de la Termodinámica. Energía Libre de Gibbs (ΔG) y Energía libre de Helmholtz (ΔF). 2.7 Tercera Ley 2.8 Termodinámica de soluciones. Mezcla, solución, solubilidad, solución ideal, Ley de los gases ideales (ley de Raoult y ley de Henry). Solución real (fuerza iónica, coeficiente de actividad). Propiedades molares y potencial químico. Fugacidades, actividades y estados estándares	10	2

	<p>2.9 Oxidación – reducción y escala pH</p> <p>2.10 Equilibrio Mineral (constantes de equilibrio). Diagramas de equilibrio (regla de las fases, diagramas de fases) Diagramas pe-pH</p>		
3	<p>Técnicas analíticas para la cuantificación de elementos en rocas, minerales y diversos fluidos</p> <hr/> <p>3.1 Métodos analíticos: Difracción de Rayos X, Absorción atómica, Fluorescencia de Rayos X, ICP-MS, Activación de Neutrones, Microsonda electrónica y Microscopio electrónico de barrido, Espectrometría de masas, sonda iónica, cromatografía, PIXE, otros.</p> <p>3.2 Historia y fundamentos físicos de cada método</p> <p>3.3 Preparación de muestras y obtención de resultados</p> <p>3.4 Ventajas y desventajas de cada método</p>	10	4
4	<p>Distribución de elementos (rocas ígneas y metamórficas)</p> <hr/> <p>4.1 Introducción. Presentación de datos analíticos de rocas y minerales. Elementos mayores, menores y traza. Ejemplos de resultados analíticos</p> <p>4.2 Series de rocas</p> <p>4.3 Tratamiento de datos geoquímicos (estadística)</p> <p>4.4 Variación de elementos durante el fraccionamiento magmático</p> <p>4.5 Coeficiente de partición</p> <p>4.6 Emanaciones volcánicas e hidrotermales</p> <p>4.7 Metamorfismo y metasomatismo</p> <p>4.8 Controles estructurales en la distribución de elementos. Estructura cristalina Substitución atómica e Isotipismo. Relación radio iónico – carga (elementos de Tierras Raras, LIL, HFS). Efectos de campos cristalinos. Silicatos fundidos (elementos formadores y modificadores de la estructura)</p> <p>4.9 Controles cinéticos en la distribución de elementos. Difusión y nucleación</p> <p>4.10 Introducción a la geotermobarometría (inclusiones fluidas)</p>	10	4
5	<p>Geoquímica de rocas sedimentarias</p> <hr/> <p>5.1 Introducción. Abundancia de las rocas sedimentarias (areniscas, lutitas y rocas carbonatadas)</p> <p>5.2 Características geoquímicas de areniscas</p>	6	2

	5.3 Características geoquímicas de las calizas 5.4 Características geoquímicas de las lutitas. 5.5 Intemperismo químico 5.6 Diagénesis 5.7 Evaporitas y salmueras 5.8 Introducción a la Geoquímica Orgánica		
6	Introducción a la geoquímica isotópica 6.1 Introducción. Historia de la Geoquímica isotópica. Estructura interna del átomo (isótopo, isóbaro, isótono). Métodos de separación de isótopos (químicos y físicos) 6.2 Isótopos estables. Abundancia relativa de algunos isótopos estables Fraccionamiento isotópico. Isótopos de O, H, C, S: Principales aplicaciones y ejemplos 6.3 Isótopos radioactivos. Principios generales del decaimiento radioactivo 6.4 Sistemas isotópicos y geocronología K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb. Trazas de fisión, isótopos cosmogénicos, nuevas técnicas isotópicas y sus aplicaciones 6.5 Aplicaciones petrogenéticas de métodos isotópicos	6	2
	Subtotales	48	16
	Total.	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
		Elaboración de infografías	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica
- Albarède, F. and Hoffmann, A.W., 2003, Geochemistry: An Introduction. Cambridge University Press, 262 p.
- Brownlow, A. H. 1979. "Geochemistry". Prentice Hall, 580p.
- Cobb, A.B., 2009. "Earth Chemistry". Chelsea House Publisher, New York, USA. 137p.

- Flectcher, P. 1993. "Chemical Thermodynamics for Earth Scientists". Geochemistry Series. Longman Scientific & Technical, 464p.
- Garrels, R. M. and Christ, CH. L. 1965. "Solutions, Minerals, and Equilibria" Harper International, 450p.
- Gill, R. 1989. "Chemical Fundamentals of Geology". London, UNWIN HYMAN, 291p.
- Henderson, P. 1986. "Inorganic Geochemistry". Pergamon Press, 353p.
- Nordstrom, D. K. and Munoz, J. L. 1985. "Geochemical Thermodynamics". The Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc, 477p.
- Walther, J. V. 2005. "Essentials of Geochemistry". P. Jones and Bartlett Publishers, 704p.

Bibliografia complementaria

- Allègre, J. C. 2008. "Isotope Geology". Cambridge University Press, 512p.
- Barnes, H. L. 1979. "Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits". New Cork Wiley, 798p.
- Cox, K.G., Bell, J. D. and Pankhurst, R. J. 1979. "The Interpretation of Igneous Rocks". George Allen and Unwin, London, 450p.
- Dickin, A. P. 1995. "Radiogenic Isotope Geology" Cambridge University press, 452p.
- Faure, G. 1986. "Principles of Isotope Geology". J. Wiley, 589p.
- Faure, G. 1997. "Principles and Applications of Geochemistry" (2ed Edition). Prentice Hall, 2nd edition, 625 p.
- Faure, G. and Mensing, T.M. 2004. "Isotopes: Principles and Applications". Wiley 3er edition, 928p.
- Geyh, M.A. and Schleicher, H. 1990. "Absolute Age Determination". Springer-Verlag, 503p.
- Henderson, P. 1984. "Rare Earth Element Geochemistry: Development in Geochemistry", Elsevier, 510p.
- Hoefs, J. 1987. "Stable Isotope Geochemistry", Berlin, New Cork, Springer, 241p.
- Holland, H.D, and Turekian, K.K., 2010. "Readings from the treatise on Geochemistry". ELSEVIER. 681p.
- Morner, N.A., 2014. "Geochronology Methods and Case Study", AvE4EvA, 196p.
- Nordstrom, D. K. and Munoz, J. L. 1985. "Geochemical Thermodynamics". The Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc, 477p.
- Rollinson, H. R. 1992. "Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation". Longman Scientific and Technical, John Wiley & sons, Inc. New York, 352p.
- Ringwood, A. E. 1979. "Origin of the Earth and Moon". Springer-Verlag, 295p.
- Rimstidt, D.J. 2014. "Geochemical Rate Model. An Introduction to Geochemical Kinetics". Cambridge, United Kingdom. 244p.
- Zhang, Y., 2008. "Geochemical kinetics", Princeton University Press, 661p



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geoquímica de fluidos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos geotérmicos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas:48
			Prácticas:1	Prácticas:16
			Total:4	Total:64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender el comportamiento geoquímico de los fluidos (agua y gases) presentes en la corteza y el manto terrestre, así como la importancia de estos fluidos en los sistemas geotérmicos, en los procesos de formación de magmas y en las erupciones volcánicas.

Objetivos particulares:

- Proporcionar información sobre el reciclaje global de volátiles, técnicas de estudio y monitoreo geoquímico de fluidos en sistemas geotérmicos, volcanes y zonas con actividad tectónica.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	0

	1.1 Fluidos geotérmicos (definición y fuente) 1.2 Sistemas volcánicos, investigación y monitoreo 1.3 Sistemas geotérmicos, exploración y explotación		
2	Termodinámica química 2.1 Expresión de las unidades de concentración (actividad y coeficiente de actividad) 2.2 Equilibrio químico (Ley de acción de masas): ácido-base, redox y solubilidad 2.3 Diagramas de gases (parámetros intensivos y extensivos), ecuación de Clausius-Clapeyron Índices de saturación 2.4 Coeficientes de Henry y equilibrios de distribución	9	0
3	Geoquímica del agua (sistemas hidrotermales) 3.1 Parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, salinidad, potencial redox) 3.2 Composición química de iones mayoritarios (tipos de agua, diagrama de Toth), elementos menores y traza. 3.3 Composición isotópica de elementos estables 3.4 Procesos que influyen en la composición química e isotópica	9	0
4	Geoquímica de gases 4.1 Gases naturales, hidrotermales y magmáticos 4.2 Volátiles en magma (contenido de agua en magmas, solubilidad y contenido de CO ₂ , S, Cl, F, N ₂ y gases nobles (Ar-He) en magmas) 4.3 Gases volcánicos (componentes mayoritarios, traza y estados de oxidación) 4.4 Equilibrio SO ₂ -H ₂ S-S 4.5 He y Rn relacionados a la tectónica 4.6 Isótopos estables (C, H, O, N, S) 4.7 Hidrocarburos ligeros 4.8 Emanaciones difusas, CO ₂ y flujos globales	9	0
5	Metodologías de estudio de fluidos 5.1 Campo <ul style="list-style-type: none"> - Potenciometría: medición de parámetros fisicoquímicos - Titulación volumétrica: bicarbonatos/carbonatos - Muestreo de líquidos (pozos, manantiales, lagos cratéricos) - Muestreo de gases (fumarolas, suelos vaporizantes) - Muestreo de gases secos y disueltos - Espectrómetros UV e IR: DOAS, COSPEC y FTIR - Técnicas para medición de emisiones difusas 	9	16

	<ul style="list-style-type: none"> - Imágenes satelitales 		
	5.2 Laboratorio <ul style="list-style-type: none"> - Cromatografía de gases - Cromatografía iónica - Espectroscopía atómica (ICP-OES, ICP-MS) - Espectroscopía de absorción láser de intracavidad (CRDS) 		
	Espectrometría UV-Vis		
6	Interpretación Geoquímica 6.1 Agua <ul style="list-style-type: none"> - Balance iónico - Diagramas hidrogeoquímicos Aniones (Diagrama de Giggenbach) <ul style="list-style-type: none"> - Equilibrios de solutos geotérmicos (diagrama de Giggenbach) - Diagramas de mezcla - Diagramas de Pourbaix (Eh-pH) - Diagramas de isótopos estables - Diagramas de solubilidad e índice de saturación 6.2 Gases <ul style="list-style-type: none"> - Diagramas ternarios (He-N₂-Ar, CO₂-Ar-He, CH₄-CO₂-N₂) - Estado de oxidación-reducción Diagramas isotópicos (³He/⁴He vs CO₂, δ¹³C (CO₂) vs CO₂, δ²H vs δ¹³C (CH₄), hidrocarburos ligeros)	6	0
7	Geotermometría 7.1 Definición de geotermómetro 7.2 Fuentes de error 7.3 Consideraciones generales para el uso de geotermómetros 7.4 Tipos de geotermómetros (iónicos, sílice, gases, isotópicos, multicomponente)	4	0
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

	presentación del trabajo de investigación	(x)
Perfil profesiográfico docente		
Doctorado en temas afines al curso que se propone.		

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Carrol M.R., Holloway J.R. (ed.) Volatiles in magmas. Rev Mineral 30, 1-517, 1994 - Elder J.W. Geothermal Systems, Acad. Press, 1981 - Ellis A.J., Mahon W.A.J. Chemistry and Hydrothermal Systems. Acad. Press, 1977 - Fritz P., Fontes J. Ch. Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. Elsevier, 1980 - Giggenbach W.F. The origin and evolution of fluids in Magmatic-Hydrothermal systems. In: Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, Wiley, 737-796, 1997 - Hedenquist J.W., Lowenstern J.B. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits. Nature, 370, 519-527, 1994. - Henley R.W., Truesdell A.H., Barton P.B. Fluid-mineral equilibria in hydrothermal systems. Review in Economic Geology, v1, 1984 - Nicholson, K. Geothermal fluids. Chemistry and Exploration Techniques. Springer-Verlag. Germany, 1993. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Taran Y., Hedenquist J.W., Korzhinsky M.A., et al., Geochemistry of magmatic gases from Kudryavy volcano, Iturup, Kurile Islands, Geochim. Cosmochim. Acta, 59, 1749-1761, 1995. - Taran Y., Fischer T.B., Pokrovsky B.G., et al. Geochemistry of the volcano hydrothermal system of El Chichón volcano, Chiapas, México. Bull. Volcanol., 59, 436-449, 1998. - Inguaggiato S., John Makario Londoño, Zoraida Chacón, Marcello Liotta, Edwing Gil, Diego Alzate (2016) The hydrothermal system of Cerro Machín volcano (Colombia): New magmatic signals observed during 2011–2013 - Chemical Geology https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2016.12.020 - Capasso, G., Inguaggiato, S. - Taran Y.A. Gas geothermometers for hydrothermal systems. Geochem. Int., 3, 339-354, 1986. - Inguaggiato S., Diliberto I.S., Federico C., Paonita A., Vita F. Review of the evolution of geochemical monitoring, networks and methodologies applied to the volcanoes of the Aeolian Arc (Italy). Earth Science Reviews, 176, 241-276, 2018. - Giggenbach W.F., Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca Geoindicators. Geochim et cosmochim Acta, 52, 2749-2765, 1988 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geoquímica de isótopos estables

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Utilizar las propiedades geoquímicas de los isótopos estables de elementos abundantes en minerales o fluidos, para llevar a cabo investigaciones en Aguas Subterráneas, Rocas Metamórficas. Sistemas Geotérmicos y Yacimientos Minerales.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas.
1	Conceptos básicos	3	3
	1.1 Fraccionamiento isotópicos: equilibrio; efectos cinéticos; destilación.		
2	Fundamentos de la espectrometría de masas	3	3
	2.1 Principios fundamentales del análisis.		

3	Isótopos de oxígeno	3	3
	3.1 Técnicas analíticas. 3.2 Estándares. 3.3 Distribución de los isótopos del oxígeno en la naturaleza. 3.4 Curvas de fraccionamiento. 3.5 Geotermometría.		
4	Isótopos de hidrógeno	3	3
	4.1 Estándares. 4.2 Distribución de los isótopos del oxígeno en la naturaleza. 4.3 Curvas de fraccionamiento.		
5	Sistemas isotópicas con H y O	3	3
	5.1 Tipos de aguas. 5.2 Intercambios isotópicos agua-roca. 5.3 Mezcla de fluidos.		
6	Isótopos de carbono	3	3
	6.1 Técnicas analíticas. Estándares. 6.2 Distribución de los isótopos del carbono en la naturaleza. 6.3 Curvas de fraccionamiento.		
7	Sistemas isotópicos con C y O	3	3
	7.1 Intercambios entre fluidos y carbonatos. 7.2 Mezcla de fluidos.		
8	Isótopos de azufre	3	3
	8.1 Técnicas analíticas. 8.2 Estándares. 8.3 Distribución de los isótopos de azufre en la naturaleza. 8.4 Curvas de fraccionamiento. 8.5 Efectos cinéticos.		
9	Efecto de pH y de la fO_2 sobre los isótopos de S y de C	3	3
	9.1 Sistemas de alta temperatura. 9.2 Sistemas hidrotermales de media y baja temperatura. 9.3 Sistemas sedimentarios		
10	Aplicación de los estudios de Isótopos Estables en Ciencias de la Tierra	5	5
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)		

Otras (especificar)	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras: (especificar)	
		Asistencia	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Faure, G. 1977. Principles of Isotope Geology, Wiley & Sons. N. Y. 589 pp. - IAEA 1994. Mathematical models and their applications to isotope studies in groundwater hydrology. IAEA-TECDOC-777, Viena. 238 pp. - Jochen, H., 2009. Stable Isotope Geochemistry. Springer Berlin Heidelberg 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Valley, J. W., Taylor, H. P. O'Neil, J. R. (Eds.) 1986. Stable Isotopes. Rev. Mineralogy, Vol. 16. 570 pp. - Baskaran, M., 2016, Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. Advances in Isotope Geochemistry. Springer Berlin Heidelberg, 951 p. - Heinrich D Holland, Karl K. Turekian, 2010, Isotope Geochemistry: A derivative of the Treatise on Geochemistry. Academic Press, 752 p. - Hoefs, J., 2013, Stable Isotope Geochemistry. Springer Science & Business Media, 142 p. - White, W., 2015, Isotope Geochemistry. John Wiley & Sons, 496 p. <p>Revistas electrónicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chemical Geology, including Isotope Geoscience. - Geochemical Journal. - Geochemistry International. - Geosciences Journal. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geoquímica isotópica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Vulcanología Petrología ígnea y metamórfica Deformación de la litósfera Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3.5	Teóricas: 56
			Prácticas: 0.5	Prácticas: 8
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Geoquímica	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Geocronología y microanálisis, o Meteorítica	

Objetivo general:

- Introducir la metodología y la aplicación de importantes métodos isotópicos en las ciencias de la tierra.

Objetivos particulares:

- Comprender el comportamiento general de los diferentes sistemas isotópicos en relación a los procesos geológicos, los factores que gobiernan su distribución y sus relaciones con los procesos magmáticos, metamórficos y sedimentarios. Se da énfasis a aquellos núclidos que son útiles para fechamientos isotópicos y como trazadores naturales de procesos tectónicos y petrológicos.
- Enseñar aplicaciones de métodos isotópicos en la hidrogeología y la antropología.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción 1.1 Fundamentos generales de la Geoquímica Isotópica 1.2 Estructura interna del átomo y principios del decaimiento radiactivo 1.3 Los elementos importantes en la Geoquímica Isotópica, sus caminos de decaimiento radiactivo y la producción de los núclidos radiogénicos	8	0
2	Los métodos radiogénicos (Isótopo padre → Isótopo hijo) 2.1 El método Rb-Sr (rubidio-estroncio) y los principios del método de la isocrona 2.2 El método Sm-Nd (samario-neodimio) 2.3 El método U-Pb (uranio-plomo), Pb-Pb y la serie de desequilibrio del Uranio 2.4 El método K-Ar (potasio-argón) y ³⁹ Ar- ⁴⁰ Ar 2.5 Otros métodos como Lu-Hf, Re-Os, etc. 2.6 Temperaturas de cierre en minerales para los diferentes sistemas isotópicos. Interpretación de edades de enfriamiento 2.7 Procesos petrológicos que producen e influyen en la variación isotópica 2.8 Fusión parcial, cristalización fraccionada y mezcla de magmas 2.9 Comportamiento de los isótopos de Sr, Nd y Pb en rocas ígneas, diagramas de variación de dichos isótopos y su interpretación	32	4
3	Procedimientos analíticos en el estudio de los isótopos 3.1 Principios de muestreo en el campo 3.2 Tratamiento mecánico y químico de las muestras de rocas para el análisis isotópico 3.3 Método de la dilución isotópica para la determinación de concentraciones de elementos químicos 3.4 Métodos de extracción y purificación en los análisis isotópicos 3.5 El uso del Láser (Laser Ablation) y la Microsonda Electrónica (SHRIMP) en la geoquímica isotópica. 3.6 Espectrometría de masas (TIMS; LA-MC-ICPMS, etc.). 3.7 Cálculo de errores de la reproducibilidad, factores de corrección por fraccionamiento, isóbaros y trazadores. Determinación de blancos analíticos	6	4
4	Radionúclidos cosmogénicos y geoquímica de isótopos estables 4.1 Producción de radionúclidos en la atmósfera 4.2 El método de ¹⁴ C y otros métodos importantes 4.3 Fraccionamiento de los isótopos estables 4.4 Comportamiento geoquímico de los isótopos de H, O, S, N y Be en muestras de rocas.	10	0
Subtotales		56	8
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)

Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.

Publicaciones recientes en la temática del curso

Bibliografía básica

- Allègre, C., 2008, Isotope Geology, Cambridge Univ. Press, 532 pp.
- Dickin, A. P., 1995 Radiogenic Isotope Geology, Cambridge Univ. Press, 490 pp.
- Faure, G. y Mensing, T., 2005, Isotopes. Principles and Applications, 3a edición, John Wiley & Sons, New York, 897 pp.
- Faure, G., 2001, Origin of Igneous Rocks. The Isotopic Evidence, Springer, Berlin, 494 pp.
- Rasskazov, S.V., Brandt, S.B. y Brandt, I.S., 2010, Radiogenic Isotopes in Geologic Processes. Springer, Berlin, 306 pp.
- Geyh, M. A. y Schleicher, H., 1990, Absolute Age Determination, Springer, Berlin, 503 pp.

Bibliografía complementaria

- Hoefs, J., 2018, Stable Isotope Geochemistry, 8 edition, Springer, Berlin, 244 pp.
- DePaolo, D. J., 1988, Neodymium Isotope Geochemistry, Springer, Berlin, 187 pp.
- Dunal, T., 2010, Cosmogenic Nuclides. Cambridge, 187 pp.
- McDougall, I. and Harrison, T.M., 1988, Geochronology and Thermochronology by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Method. Oxford Univ. Press.
- Dalrymple, G.B. y Lanphere, M.A., 1969, Potassium-Argon Dating, W.H. Freeman, San Francisco, 258 pp.

Archivos Power Point del curso:

<http://areas.geofisica.unam.mx/geomag/pages.php?listado=visualizar&persona=pschaaf>



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geoquímica paleoambiental

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Geología sedimentaria y estratigrafía Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 3	Teóricas: 48	
		Prácticas: 1	Prácticas: 16	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender conceptos básicos de geoquímica y sus aplicaciones en el estudio de sedimento y roca sedimentaria para la paleoclimatología, reconstrucción de ambientes sedimentarios en el pasado geológico e identificación de procedencia de los componentes autóctonos y alóctonos.

Objetivos particulares:

- Proporcionar los conceptos básicos de elementos mayores y trazas en el estudio de interacción sedimento-agua, procedencia y procesos de transporte.
- Proporcionar los conceptos básicos de materia orgánica e inorgánica en ambiente sedimentaria.
- Proporcionar los conceptos básicos de isotopos estables en los componentes orgánico e inorgánicos para inferir condición ambiental en el pasado geológico.

- Proporcionar los conceptos de procedencia de los componentes autóctonos y alóctonos.
- Aplicación e interpretación de datos generados en diferentes laboratorios para llevar a cabo las tareas científicas con enfoque a los diferentes casos del estudio.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	0
	1.1 Objetivo del curso y antecedentes académicos necesarios 1.2 Desarrollo del curso, programa de la actividad académica y evaluación		
2	Química de sedimento y sedimentación	10	4
	2.1 Ciclo de roca 2.2 Composición mineralógica de sedimento y roca sedimentaria 2.3 Evolución de la salmuera y formación de evaporita 2.4 Arcilla y su formación 2.5 Composición química de sedimento y roca sedimentaria 2.6 Ion potencial 2.7 Eh 2.8 pH 2.9 Elementos mayores y trazas 2.10 Elementos tierras raras		
3	Intemperismo químico y metasomatismo	8	6
	3.1 Índice de alteración química 3.2 Índice de alteración de plagioclasas 3.3 Índice de alteración química 3.4 Procedencia de sedimentos clásticos 3.5 Metasomatismo		
4	Productividad y procedencia de materia orgánica	6	2
	4.1 Producción de materia orgánica 4.2 Preservación de materia orgánica 4.3 Procedencia de materia orgánica		
5	Isotopos estables y sus fraccionamientos	8	2
	5.1 Isótopos de oxígeno 5.2 Isótopos de carbono 5.3 Isótopos de nitrógeno 5.4 Isótopos de azufre		
6	Aplicación de proxys geoquímicos	8	2
	6.1 Aplicación de geoquímica para inferir procedencia 6.2 Aplicación de geoquímica en paleo climatología 6.3 Aplicación de geoquímica en paleo productividad 6.4 Aplicación de geoquímica en ambientes tectónicos		
7	Seminario de investigación	6	0
	7.1 Exposición de seminario		

	7.2 Discusión de los temas		
		Subtotales	48 16
		Total	64

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en Geoquímica con especialidad en reconstrucción paleoambiental y/o paleoclimatología Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Bradley, R.S. Paleoclimatology: reconstructing Climates of the Quaternary. San Diego. 2a Edición. Elsevier Academic Press - Cohen, A.S. Paleolimnology: The history and evolution of lake system. NewYork. Oxford University Press - Lerman, A. Lakes: Chemistry Geology Physics. New York. Springer-Verlag - Hoefs, J. Stable Isotope Geochemistry. Heidelberg. Springer-Verlag - Faure, G. Isotopes Principles and Applications. 3a Edición. New Jersey. John Wiley and Sons - Mackenzie, F.T. Sediments, Diagenesis and Sedimentary rocks. Treaties on Geochemistry. Volumen 7. San Diego. Elsevier Inc. - Mason, B., Moore, C.B. Principles of Geochemistry. New York. John Wiley and Sons.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Nesbitt, H.W., Markovics, G., Price, R.C., 1980. Chemical processes affecting alkalis and alkaline earths during continental weathering. Geochim. Cosmochim. Acta 44, 1659-1666. - Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature 299, 715-717. - Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1984. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. Geochim. Cosmochim. Acta 48, 1523-1534. - Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1989. Formation and diagenesis of weathering profiles. J. Geology 97, 129-147. - McLennan, S.M., Taylor, S.R., 1991. Sedimentary rocks and crustal evolution: tectonic settings and secular trends. J. Geology 91, 1-22.

- Nesbitt, H.W., Wilson, R.E., 1992. Recent chemical weathering of basalts. *American Journal of Science* 292, 740-777.
- Fedo, C.M., Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology* 23, 921-924.
- Peterson, L.C., Haug, G.H., 2006. Variability in the mean latitude of the Atlantic Intertropical Convergence Zone as recorded by riverine input of sediments to the Cariaco Basin (Venezuela). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 234, 97 – 113.
- Selvaraj, K., Chen, C.T.A., 2006. Moderate chemical weathering of subtropical Taiwan: constraints from solid-phase geochemistry of sediments and sedimentary rocks. *J. Geology* 114, 101-116.
- Roy, P.D., Caballero, M., Lozano, R., Smykatz-Kloss, W., 2008. Geochemistry of Late Quaternary sediments from Tecocomulco lake, central Mexico: implication to chemical weathering and provenance. *Chemie der Erde-Geochemistry* 68, 383-393.
- Nagarajan, R., Roy, P.D., Jonathan, M.P., Lozano, R., Kessler, F.L., Prasanna, M.V., 2014. Geochemistry of Neogene sedimentary rocks from Borneo Basin, East Malaysia: Paleo-weathering, provenance and tectonic setting. *Chemie der Erde-Geochemistry* 74, 139-146.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Geotectónica y Yacimientos Minerales

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)		Semana.	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas:48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total:4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender la Geología de los Yacimientos Minerales y cómo encontrarlos.

Objetivos particulares:

- Teoría y Práctica del Arte de buscar Yacimientos Minerales.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Clasificación y condiciones geológicas de la formación de los depósitos minerales 1.1 Clasificaciones 1.2 Tiempo	3	0

1.3 Yacimientos Minerales VS Dinero			
2	Subdivisión e historia	3	0
	2.1 División Industrial 2.2 Esbozo Histórico		
3	Ubicación de los Yacimientos Minerales (YM)	4	0
	3.1 Áreas de distribución de los minerales 3.2 Morfología de los cuerpos minerales		
4-6	Metalogenia, Condiciones geológicas de formación de los YM	38	
	4.1 Series de YM		
	4.2 Yacimientos de Geosinclinales		
	4.3 Yacimientos en plataformas.		
	4.4 Yacimientos en los océanos		
	4.5 Niveles de profundidad de la formación de los YM		
	4.6 Distribución de los YM según la composición de las rocas ígneas.		
	4.7 Clasificación genética de los yacimientos minerales, Smirnov, 1976		
	5 Yacimientos Minerales Metálicos		
	5.1 Geosinclinales VS Tectónica de Placas		
5.2 Metales ferrosos	6		
5.3 Polimetales			
5.4 Metales nobles	10		
5.5 Metales radioactivos y raros			
6 Mineralografía			
6.1 Estudio de los minerales opacos con el Microscopio Prácticas de Campo.			
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica
- Smirnov, V.I., 1981, Geología de Yacimientos Minerales, 654 pp, Nedra, Moscú.

- Vassallo, L.F. 2013, Yacimientos Minerales Metálicos, 2008-2013, 4a edición U. de Gto.
- Vassallo, L.F., 2008, MINMET2: Base de datos para identificar minerales metalicos con ayuda del microscopio mineragrafico. Bol. E, C. de Geociencias, UNAM.

Bibliografía complementaria

- Bernard, A., Poirot, J.P., 1960, Travaux pratiques de metallographie des minerais. Ecole Nationale Superieure de Geologie Appliquee et de Prospection Miniere. Nancy, France. 128 P.
- Ramdohr, P., 1980, the ore minerals and their intergrowths. Second edition, in two volumes. Pergamon press. International Series in Earth Sciences, Volume 35, 1205 p.
- Schmitter Villada, E. Y Martin del Campo de Schmitter, R., 1980, Glosario de especies minerales, con sus datos etimologicos, composicion y algunas de sus propiedades importantes. Instituto de Geologia, Universidad Nacional Autonoma de México. MEXICO, D.F., 620 P.
- Uytendogaardt, W., 1951, Tables for microscopic identification of ore minerals. Princeton university press. 243 P.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Gestión de aguas subterráneas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Hidrogeología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Hidrogeología	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Taller Transdisciplinario en Gestión Sustentable de Aguas Subterráneas	

Objetivo general:

- Introducir los conceptos básicos asociados a la gestión del agua subterránea en distintos contextos, experiencias y escalas de intervención, revisando aspectos de gobernanza, biofísicos, socioeconómicos y soporte a la toma de decisiones que están asociados al manejo sustentable del agua subterránea.

Objetivos particulares:

- Presentar perspectivas académicas y sociales de las problemáticas asociadas con la gestión de las aguas subterráneas

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas

1	<p>Conceptos y desafíos en la gestión del agua subterránea</p> <p>1.1 Conceptos básicos, sus definiciones y contradicciones</p> <p>1.2 El objeto de gestión a comprender y aplicar</p> <p>1.3 La escala internacional: geopolítica y evolución del conocimiento</p> <p>1.4 La relación entre beneficiarios y los pueblos originarios dependientes del agua subterránea</p> <p>1.5 Sostenibilidad de la biodiversidad, la energía y la producción de alimentos</p> <p>1.6 Cambio climático y jerarquía de sistemas de flujo del agua subterránea</p> <p>1.7 Gobernanza, legislación y regulación sobre el agua subterránea</p> <p>1.8 Manejo integrado del agua subterránea en la desalación y los ecosistemas</p> <p>1.9 Acciones colectivas de gestión: incremento de consumidores y el abasto de agua</p> <p>1.10 Justicia socioambiental en el agua subterránea</p> <p>1.11 Control de zonas de descarga natural y de su calidad</p> <p>1.12 El principio precautorio: efectos al agua y a las componentes ambientales</p> <p>1.13 Experiencias de gobernanza del agua subterránea</p>	14	4
2	<p>Aspectos biofísicos</p> <p>2.1 Ambientes geológicos extremos: karsts y volcánicos</p> <p>2.2 Zonas de recarga, descarga y de tránsito</p> <p>2.3 Sistemas de flujo fundamentales</p> <p>2.4 Ecosistemas dependientes del agua subterránea</p> <p>2.5 Calidad química del agua subterránea</p> <p>2.6 Flujo vertical y salinización del suelo y el agua subterránea</p> <p>2.7 Experiencias de manejo centradas en aspectos biofísicos</p>	12	3
3	<p>Aspectos socioeconómicos</p> <p>3.1 Contribuciones de las ciencias sociales a la gobernanza del agua subterránea</p> <p>3.2 Evaluación de beneficios económicos</p> <p>3.3 Agua virtual y huella hídrica</p> <p>3.4 Mercados del agua</p> <p>3.5 Costo eficiente, fuentes alternativas y contaminación de flujos</p> <p>3.6 Instrumentos económicos para el control del uso del agua subterránea</p> <p>3.7 Experiencias del manejo del agua centradas en aspectos socioeconómicos</p>	10	4
4	<p>Modelación matemática y soporte a la decisión</p> <p>4.1 Incorporación de aspectos humanos para investigar y formular políticas sobre aguas subterráneas</p> <p>4.2 Sistemas y procesos de soporte de decisiones para aguas subterráneas</p>	12	5

4.3 Gestión integrada de datos de aguas subterráneas		
4.4 Modelos hidroeconómicos aplicados a la toma de decisiones de gestión conjunta de aguas superficiales y subterráneas		
4.5 Métodos de exploración de incertidumbre predictiva en la gestión del agua subterránea		
4.6 Criterios de evaluación: económicamente viable, socialmente equitativo, políticamente legítimo, legalmente correcto, ambientalmente idóneo, científicamente acertado		
4.7 Experiencias críticas sobre gestión del agua subterránea		
Subtotales	48	16
Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	(x)
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Jakeman, A. J., Barreteau, O., Hunt, R. J., Rinaudo, J.-D. y Ross, A. (2016). Integrated Groundwater Management. Concepts, Approaches and Challenges. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23576-9 - Eileen Poeter, Ying Fan, John Cherry, Warren Wood, and Douglas Mackay (2000). Groundwater in our water cycle – getting to know Earth’s most important fresh water source. Guelph, Ontario, Canada. 136p. ISBN: 978-1-7770541-1-3 - Mirzaei, A, Knierim, A, F Nahavand, H Mahmoudi (2017). Gap Analysis of Water Governance in Northern Iran: A closer look into the water reservoirs. Environmental Science & Policy, 77: 98-106. - Carrillo-Rivera, JJ; Cardona, A & Moss, D, 1996. Importance of the vertical component of groundwater flow: a hydrochemical approach in the valley of San Luis Potosí, Mexico, Journal of Hydrology 185 (23-44), Elsevier Science. xgDOI: 10.1016/S0022-1694(96)03014-4; ISSN: 0022-1694. - Tóth, J., 2009. Gravitational systems of Groundwater Flow, Theory, evaluation, Utilization. Cambridge University Press. ISBN-13 978-0-511-53440-9

- Menchaca, Socorro y Uscanga, Alejandro. (2016). Cultura del agua para la gobernanza en la gestión integral de los recursos hídricos. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación, Universidad Veracruzana, Secretaría del Medio Ambiente de Veracruz. 112p. ISBN: 9786075024677. México.
- Andreu, J., Capilla, J., Cabezas, F. (1994). Los sistemas soportes de decisión en la planificación y gestión racionales de los recursos hídricos. Planificación de Recursos Hídricos. Ingeniería del Agua, Vol. 1, Num. 2. 14p. España.

Bibliografía complementaria

- Rushton, K.R., 2003. Groundwater Hydrology "Conceptual and computational models ". Ed, J. Wiley & Sons 416p
- Hatch Kuri, G; Schmidt, S; Carrillo-Rivera, JJ; 2016. El agua como producto, Análisis de la reforma a la actual Ley de Aguas Nacionales en México. Foreign Affairs Latin America, 23 de enero. ISSN 0015-7120.
- Maderey R, LE & Carrillo-Rivera, JJ, (2005). El recurso agua en México, un análisis geográfico. Colección Temas Selectos de Geografía de México. México, D.F.; Instituto de Geografía, UNAM. 128 pp
- Peñuela-Arévalo LA & Carrillo-Rivera JJ, 2013. Discharge areas as a useful tool for understanding recharge areas, study case: Mexico. Environmental Earth Science, Vol 68 4(999-1013), DOI 10.1007/s12665-012-1803-z. ISSN: 1866-6280.
- Aguilar-Benitez, I. (2020). Gestión del agua en México: Sustentabilidad y Gobernanza. El Colegio de la Frontera Norte, ISBN: 9786074793420. Tijuana, México.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Gestión Integral del Riesgo

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación) Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (contaminación)
--------------	--------------------------	----------------------	---

Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica
------------------	-------	-------------	------------------

Carácter	Optativo	Horas:	
		Semana	Semestre
Duración	16 semanas (semestre)		

Teóricas: 3	Teóricas: 48
Prácticas: 1	Prácticas: 16
Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Formar a los alumno/as en los principales aspectos teóricos y prácticos relacionados con la evaluación de riesgos de origen natural y antrópico. En la reducción, mitigación y prevención del riesgo, así como discutir algunas estrategias para el manejo de desastres en sus fases de respuesta, rehabilitación y reconstrucción.
- El curso incluye una visión de los conceptos fundamentales sobre el riesgo colectivo, desastre y sostenibilidad; las características de los desastres y su incidencia con los

procesos de desarrollo; la percepción individual y colectiva del riesgo y su representación social. También se describen las características de los fenómenos naturales y sociales asociados con las amenazas de origen natural y antrópico.

Objetivos particulares:

- Comprender y evaluar los problemas derivados del cambio climático, desde una perspectiva multidisciplinaria, interinstitucional, multisectorial y como un tema transversal al proceso de desarrollo.
- Adquirir los conocimientos básicos para participar en empresas consultoras de evaluación de vulnerabilidad y riesgos; en organizaciones de protección civil, prevención de desastres, atención de emergencias, entidades de seguros, planificación y gestión ambiental; o en instituciones de investigación dedicadas al medio ambiente y el desarrollo social.

Contenido temático		Horas	
Unidad	Temas y Subtemas	Teóricas	Prácticas
1	La Gestión Integral del Riesgo		
	1.1 Aspectos históricos	2	0
	1.2 Revisión de definiciones y conceptos	3	
	1.3 Enfoques y crítica de los diferentes conceptos	2	
2	Amenazas naturales y antrópicas		
2	2.1 Fenómenos geológicos	2	4
	2.2 Fenómenos hidrometeorológicos	2	
	2.3 Fenómenos biológico-sanitarios	2	
	2.4 Amenazas antrópicas	2	
	2.5 Combinación de fenómenos	2	
3	Vulnerabilidad, Riesgo y Desastre		
	3.1 Aspectos conceptuales	2	4
	3.2 Diferencia entre riesgo y desastre	2	
	3.3 Dimensiones y tipos de vulnerabilidad	3	
	3.4 Análisis socioeconómico de las vulnerabilidades	3	
4	El impacto económico de los desastres		
4	4.1 Impacto económico de los desastres en el mundo	2	4
	4.2 Análisis de los desastres en México	4	
	4.3 Metodologías de evaluación del impacto de los desastres	4	
5	El manejo de riesgos en México		
	5.1 Estructura institucional y marco legislativo	1	4
	5.2 Elaboración de Atlas de Riesgos	4	
	5.3 Sistemas de alertamiento	3	
	5.4 Atención de emergencias vs prevención	3	
Subtotales		48	
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)

Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en los temas del curso			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Maskrey, Andrew (Compilador). 1993. Los desastres no son naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. - Garcia-Acosta, Virginia (Coordinadora). 1996. Historia y desastres en América Latina. Volumen I. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. - Lavell, Allan y Brenes, Alonso (Compiladores). 2008. ENOS Variabilidad climática y el riesgo de Desastre en las Américas: Procesos, Patrones, Gestión. - Oxfam, LA RED, FLACSO, IAI.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Birkmann, Joern. 2007. Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness, and policy implications. Environmental Hazards 7: 20–31. - Miranda-Sara, Liliana (Coordinadora). 2002. Gestión comunitaria de riesgos. Foro Ciudades para la vida. Lima, Peru. - Cosamalón-Aguilar, Ana Lucía (Coordinadora). 2009. Gestión del Riesgo de Desastres Para la planificación del desarrollo local. Proyecto “Fortaleciendo la participación social y las capacidades de gestión de los gobiernos locales en el proceso de reconstrucción” auspiciado por Cáritas del Perú, con el asesoramiento técnico del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y Soluciones Prácticas ITDG.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Hidrodinámica subterránea

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Hidrogeología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X)	Ninguna ()
		Modelación de aguas subterráneas, o Hidrogeología de campo	

Objetivo general:

- Proporcionar las bases teóricas de los procesos físicos que afectan el flujo de agua y el transporte de solutos en el subsuelo.

Objetivos particulares:

- Comprender los procesos físicos hidrogeológicos para plantear su descripción cuantitativa en términos matemáticos
- Fomentar la capacidad de realizar una descripción matemática de fenómenos físico-hidrogeológicos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción 1.1 Importancia del agua subterránea dentro del ciclo hidrológico	1	0
2	Fundamentos de mecánica de fluidos 2.1 Esfuerzos en fluidos 2.2 Ecuaciones de movimiento (conservación de momento lineal), derivada material 2.3 Ecuación de conservación de masa 2.4 Fluidos Newtonianos: Ecuaciones de Navier-Stokes 2.5 Forma adimensional – número de Reynolds y ecuaciones de Stokes 2.6 Ecuación de Bernoulli Ejemplos de soluciones para casos simples de relevancia hidrogeológica	4	0
3	Flujo de agua en medios porosos 3.1 Porosidad y relación de vacíos 3.2 Bases empíricas de la Ley de Darcy 3.3 Carga hidráulica, gradiente hidráulico, conductividad hidráulica y permeabilidad 3.4 Factores que afectan la viscosidad del agua 3.5 Relación de la Ley de Darcy con las ecuaciones de Stokes 3.6 Límites de validez de la Ley de Darcy, modificaciones para flujo no Darciano 3.7 Flujo en tres dimensiones: tensor de conductividad hidráulica, anisotropía, valores y direcciones principales, gradiente de carga hidráulica y vector de flujo 3.8 Ejercicios	6	0
4	Conservación de masa – ecuación de flujo 4.1 Derivación de la ecuación de continuidad en medios ligeramente deformables 4.2 Almacenamiento específico (compresibilidad del fluido, compresibilidad del medio, teoría de consolidación 1D de Terzaghi) 4.3 Expresiones alternativas para el almacenamiento específico 4.4 Condiciones iniciales y de frontera; condición de frontera en el nivel freático 4.5 Ejemplos (subsistencia debida a la extracción de agua subterránea)	10	0
5	Heterogeneidad de las formaciones geológicas	6	0

	5.1 Ejemplos de campo (acuífero de Borden, acuitardo en la Ciudad de México, etc.) 5.2 Dependencia de la escala de medición (experimentos de Tidwell y colaboradores, etc.) 5.3 Dependencia de la escala de observación (macrodispersión) 5.4 Panorámica de métodos para representar la heterogeneidad		
6	Sistemas de flujo a escala de cuenca 6.1 Redes de flujo 6.2 Solución de Tóth, soluciones numéricas de Freeze y Witherspoon 6.3 Escalas de tiempo en la respuesta de sistemas de flujo a las perturbaciones 6.4 Ejercicios	8	0
7	Sistemas de flujo a escala de pozo – hidráulica de pozos 7.1. Reducción de dimensiones de la ecuación de flujo 7.2 Modelos conceptuales a escala de pozo: acuíferos confinados, semiconfinados y libres 7.3 Acuífero confinado: soluciones de Thiem y Theis (aproximación de Cooper-Jacob, régimen cuasi-estacionario, tasa de propagación del abatimiento, recuperación, penetración parcial) 7.4 Acuífero semiconfinado: soluciones de Hantush, Neuman y Witherspoon 7.5 Acuífero libre: rendimiento específico, solución de Tartakovsky y Neuman 7.6 Ejercicio	8	0
8	Hidrología de la zona no saturada 8.1 Ascenso capilar en medios porosos (presión capilar, fórmula de Young, curva de retención de humedad, histéresis) 8.2 Medición del potencial de presión y del contenido de humedad en suelos 8.3 Conductividad hidráulica no saturada 8.4 Modelos para la curva de retención de humedad 8.5 Conservación de masa – ecuación de flujo no saturado	6	0
9	Permeabilidad en medios no saturados 9.1 Permeámetro de campo 9.2 Infiltrómetro de doble disco 9.3 Piezómetros, métodos de Glover y de Stephens-Neuman 9.4 Pruebas neumáticas 9.5 Funciones de pedotransferencia 9.6 Ejercicios	4	0
10	Procesos de interacción con la superficie del suelo 10.1 Infiltración, percolación (redistribución) y recarga 10.2 Evapotranspiración 10.3 Ejercicios	5	0
11	Transporte de solutos no reactivos 11.1 Difusión molecular, advección y dispersión	6	0

11.2 Inyección de trazador en una columna porosa		
11.3 Inyección de un pulso unitario		
11.4 Inyección continua en dos dimensiones		
11.5 Efectos de las fronteras en una dimensión		
11.6 Experimentos de Borden		
11.7 Ejercicios		
Subtotales	64	0
Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Pinder G.F., M.A. Celia, 2006, Subsurface Hydrology, John Wiley & Sons, Inc. - Patrick A. Domenico y Franklin W. Schwartz, 2008, Physical and Chemical Hydrogeology, Wiley, 2 edition - Ghislain De Marsily, 1986, Quantitative Hydrogeology: Groundwater Hydrology for Engineers, Academic Press - Freeze RA, JA Cherry, 1979, Groundwater, Prentice Hall
Bibliografía complementaria
<p>Artículos científicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bear, J, 1972, Dynamics of Fluids in Porous Media, Dover - Jozsef Toth, 2009, Gravitational Systems of Groundwater Flow (Theory, Evaluation, Utilization), Cambridge University Press. - Martínez-Alfaro, P. E., Martínez-Santos, P., Castaño-Castaño, S., 2006, Fundamentos de hidrogeología. Mundi-Prensa Libros, 284 p. - Escuder, R., 2009, Hidrogeología: conceptos básicos de hidrología subterránea. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, 768 p. - Martínez-Santos, P., 2018, Hidrogeología: principios y aplicaciones. McGraw Hill Education, 348 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Hidrogeología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Hidrogeología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3.5	Teóricas: 56
			Prácticas: 0.5	Prácticas: 8
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X)	Ninguna ()
		Gestión de aguas subterráneas, o Hidrología isotópica, o Hidrogeología de campo	

Objetivo general:

- Comprender el proceso de interacción agua-roca, su influencia en la evolución física y química del agua subterránea, y su funcionamiento bajo el contexto geológico, así como su interacción con agua superficial, y ecosistemas.
- Establecer el funcionamiento sistémico del agua subterránea bajo el concepto de sus sistemas de flujo (Tóthianos)
- Plantear una gestión sistémica del agua subterránea en su ambiente natural.

Objetivos particulares:

- Entender el funcionamiento del agua subterránea en su marco geológico-ambiental

- Establecer el movimiento del agua subterránea desde una perspectiva sistémica natural
- Lograr plantear el modelo conceptual de funcionamiento del agua subterránea para limitar y establecer las variables involucradas, y tener capacidad de definir cada una de ellas.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teoría	Práctica
1	Sistema Agua en la Superficie Terrestre	4	0
	1.1 Precipitación 1.2 Evapotranspiración e Infiltración 1.3 Escorrentía y cuerpos de agua continental 1.4 Limitaciones conceptuales y de medición, errores 1.5 Flujos de agua subterránea al mar		
2	El Agua en la Zona no saturada	2	0
	2.1 Flujo en zona no saturada 2.2 Porosidad y conductividad hidráulica no saturadas 2.3 Flujo en la zona no saturada 2.4 Zonas de recarga y descarga		
3	Contexto Geológico del Agua Subterránea:	6	0
	3.1 Porosidad, permeabilidad, tipos de. 3.2 Rocas sedimentarias (detriticas y carbonatadas) 3.3 Rocas volcánicas e intrusivas 3.4 Estructuras geológicas, y roca basamento.		
4	Movimiento del agua subterránea	6	0
	4.1 Carga hidráulica en xyz, y el potencial de Hubbert 4.2 Ley y velocidad de Darcy, validez 4.3 Conductividad hidráulica y permeabilidad, errores 4.4 Flujo en zona granular, y zona fracturada, limitaciones 4.5 Heterogeneidad, homogeneidad, isotropía, anisotropía 4.6 Flujo en 3D, implicaciones		
5	Ecuaciones principales sobre flujo subterráneo	6	0
	5.1 Conservación de masa y del fluido 5.2 Soluciones analíticas y numéricas, condicionantes 5.3 La cuenca unitaria 5.4 Esfuerzo total, esfuerzo efectivo, presión de poro		
6	Condiciones de estado estacionario y transitorio	8	2
	6.1 Condiciones Libre, Confinada, Doble porosidad 6.2 Pruebas hidráulicas, modelos de análisis, métodos 6.3 Pruebas de inyección, extracción, y laboratorio 6.4 Ensayos en pozo y soluciones, analíticas vs numéricas 6.5 Importancia del flujo vertical		
7	Hidrogeoquímica	8	2
	7.1 Evolución química del agua y relación agua-roca 7.2 Termodinámica vs cinética 7.3 Controles a la composición del agua subterránea 7.4 Colecta de muestras, interpretación de datos, controles 7.5 Evolución física y óxido reducción de los flujos		

	Análisis de los sistemas de flujo Tóthianos		
8	8.1 Contexto geológico y límites de los sistemas de flujo 8.2 Elementos físicos, químico y biológico de los sistemas 8.3 Zonas de descarga, tránsito, descarga, y estancamiento 8.4 Manifestaciones superficiales de sistemas de flujo 8.5 Flujos local, intermedio, regional; zonas de no flujo	8	0
9	Exploración indirecta del Agua Subterránea: 9.1 Métodos geológicos, definir estructura en 3D 9.2 Métodos geofísicos, regionales, locales, y de pozo 9.3 Necesidad de sistemas de calibración y control	4	0
10	Sistemas de flujo de agua subterránea, su aplicación 10.1 Modelo conceptual, importancia, su planteamiento 10.2 Control de la calidad del agua en un pozo de extracción 10.3 Intrusión de agua de mar vs entrada de agua salina 10.4 Definición y control de inundaciones 10.5 Sistemas de flujo y control de subsidencia 10.6 Evidencias en superficie de los sistemas de flujo 10.7 Cambio del clima y efecto al flujo de agua subterránea	4	4
Subtotales		56	8
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en los temas del curso			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Appelo, C.A.J. & Postma, D. 1993. Geochemistry, groundwater and pollution. A.A. Balkema, Rotterdam, 536 pp. - Barrets. E. 1990. Satellite remote sensing for hydrology and waste management. Ed. Barrets, E. Gordon, & breache science. - Beck, BF., & Wilson WL. 1987. Kars Hydrogeology: Eng. And environmental applications. Ed. Beck. Barry. F., & Wilson W. L. Univ. Central Florida. - Brassington, R. 1991. Field Hydrogeology. Geol.Soc. London, Prof. Handbook. Ed. Halsted Press. J. Wiley 	

- Cardona, A; Banning, A; Carrillo-Rivera, JJ; Aguillón-Robles, A; Rűde, T, & Aceves de Alba, J; 2018. Natural controls validation for handling elevated fluoride concentrations in extraction activated Tóthian groundwater flow systems: San Luis Potosí, Mexico. *Environmental Earth Sciences*, 77/121. Published on line: Feb, 2018.
- Carrillo-Rivera, JJ & Cardona, A; 2012. Groundwater Flow Systems and Their Response to Climate Change: A Need for a Water-System View Approach. *American Journal of Environmental Sciences* 8(3), pp 220-235. Science Publications. ISSN: 1553-345X, SNIP (2012): 0.85.
- Carrillo-Rivera, JJ; Cardona, A & Edmunds, WM; 2002. Use of abstraction regime and knowledge of hydrogeological conditions to control high fluoride concentration in abstracted groundwater: basin of San Luis Potosi, Mexico. *Journal of Hydrology*, Vol 261 pp 24-47. PII S0022-1694(01)00566-2; DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00566-2; ISSN: c;
- Carrillo-Rivera, JJ; Hergt, T; & Cardona, A; 2001. Thermal waters enhancement to shallow zones in fractured volcanic rock aquifers, Mexico. *New Approaches Characterizing Groundwater Flow*, Vols 1 & 2; pp 917-921. Editado por: Seiler, KP; Wohnlich, S. Munich, Germany. IAH. ISBN: 90-2651-848-X.
- Custodio E. & Llamas E. 1983 *Hidrología subterránea*. Ed. Omega. T. I, II
- De Marsily, G. 1986. *Quantitative Hydrogeology for Engineers*, Academic Press, New York, 440 p.
- Domenico. P. A., Schawartz F.W., 1998, *Physical and Chemical hydrogeology*. De. Johns Wiley.
- Fletcher, G. Driscoll., 1986. *Groundwater and wells*. De. Johnson Division
- Freeze, R.A. y Cherry J.A., 1979. *Groundwater*. Prentice Hall, New Jersey,
- Hem, D.J. 1984. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. USGS Water SP. N° 1473
- Kachadourian-Marras, A; MM Alconada-Magliano; y JJ Carrillo-Rivera; E Mendoza; F Herreras-Azcue; R Silva; 2020. Characterization of Surface Evidence of Regional Groundwater Flow Systems in Continental Mexico. *Journal Water, Hydrology-Hydrogeology Sections*. Water 2020, 12(9), 2459; doi:10.3390/w12092459
- Lloyd, J.W. Heathcote, J.A. 1985. *Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater. An introduction*. Clarendon Press Oxford
- Mijailov, L. 1985. *Hidrogeología*. Ed. Mir.
- Price, M, 2003. *Agua subterránea*. Ed, Limusa Mexico. D.F. 330 p
- Rushton, KR, 2003. *Groundwater Hydrology "Conceptual and computational models"*. Ed, J. Wiley & Sons 416p
- Tóth, J, (2009). *Gravitational systems of Groundwater Flow, Theory, evaluation, Utilization*. Cambridge University Press. ISBN-13 978-0-511-53440-9
- Vedat Batu. 1998. *Aquifer Hydraulics A comprehensive guide to Hydrogeologic Data Analysis*. John Wiley
- Viatcheslav V. Tikhomirov, 2018 *Hydrogeochemistry fundamentals and Advances, Environmental analysis of groundwater*. John Wiley Sons
- Younger Paul L. 2007. *Groundwater in the Environment an introduction*. Blackwell Publishing
- Yousif K kharaka & Anns. Maesr. 1992 *Water Rock interaction*. Ed. A.A..Balkema

Bibliografía complementaria

- Alconada-Magliano, MM; Fagundo-Castillo, JR; Carrillo-Rivera, JJ; Hernández, PG; 2011. "Origin of flooding water through hydrogeochemical identification, the Buenos

- Aires plain, Argentina". *Environmental Earth Sciences Journal*. Vol 64:1 pp 51-71. DOI: 10.1007/s12665-010-0817-7; ISSN: 1866-6280; F. de Impacto 1.445.
- Anderson, MP, Wossner, WW & Hunt, RJ. 2015. *Applied groundwater modeling, Simulation of flow and advective transport*. Academic Press Publications. Pp564. San Francisco, U.S.A. ISBN-978-0-12-058103-0
 - Cardona A, JJ, Carrillo-Rivera, R, Huizar-Alvarez & E, Graniel-Castro. 2004. Salinization in coastal aquifers of arid zones: an example from Santo Domingo, Baja California Sur, Mexico. *Environmental Geology*, Vol 45 No 3, 350-366. DOI: 10.1007/s00254-003-0874-2; ISSN: 0943-0105; revista cambió a *Environmental Earth Sciences*
 - Clark ID & Fritz P. 1997. *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Lewis Publishers, Boca Ratón, ISBN 1-56670-249-6. Pp328
 - Carrillo-Rivera, JJ; Cardona, A & Moss, D, 1996. Importance of the vertical component of groundwater flow: a hydrochemical approach in the valley of San Luis Potosí, Mexico, *Journal of Hydrology* 185 (23-44), Elsevier Science. DOI: 10.1016/S0022-1694(96)03014-4; ISSN: 0022-1694.
 - Carrillo-Rivera, JJ, 2000. Application of the groundwater-balance equation to indicate interbasin and vertical flow in two semi-arid drainage basins, Mexico. *Hydrogeology Journal*, Vol 8, No 5, pp 503-520. ISSN: 1431-2174.
 - Carrillo-Rivera, JJ; Varsányi, I; Kovács, LÓ y Cardona, A; 2007. Tracing groundwater flow systems with hydrogeochemistry in contrasting geological environments. *Water, Air and Soil Pollution*, 184:77-103. DOI: 10.1007/s11270-007-9400-6; ISSN: 0049-6979.
 - Edmunds, WM; Carrillo-Rivera, JJ & Cardona, A; 2002. Geochemical evolution of groundwater beneath Mexico City. *Journal of Hydrology*, Vol 258, pp 1-24. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00461-9; ISSN: 0022-1694
 - Erdely. M. 1988. *Surface and subsurface mapping in hydrogeology*. De John Wiley Sons
 - Huizar-Alvarez, R, Carrillo-Rivera, JJ, Angeles-Serrano, G Hergt, T & A Cardona. 2004. Chemical response to groundwater extraction southeast of México City. *Hydrogeology Journal* 12(436-450). DOI: 10.1007/s10040-004-0343-3; SSN: 1431-2174
 - Huizar-Alvarez. R., Ouyse Samira., Espinoza-Jaramillo.M., Carrillo-Rivera. J & Mendoza-Archundia. E. 2016. The effects of water use on Tothian flow systems in the Mexico City conurbation determined from the geochemical and isotopic characteristics of groundwater. *Environ Earth Sci*. 75:1060
 - Maderey R, LE & Carrillo-Rivera, JJ, 2005. El recurso agua en México, un análisis geográfico. Colección Temas Selectos de Geografía de México. México, D.F.; Instituto de Geografía, UNAM. 128 pp
 - Marañón, PB. 2010. *Agua subterránea. Gestión y participación social en Guanajuato*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas, México, D.F. ISBN 978-607-7700-79-1
 - Martínez, SE & Carrillo-Rivera, JJ; 2006. Socio-economic constraints of groundwater in Capital La Rioja, Argentina. *Environmental Geology*, Vol 49, No6, pp 875-886. DOI 10.1007/s00254-006-0183-7; ISSN: 09430105.
 - Meinzer, OD. 1927. *Plants as indicators of ground water*. Water Supply paper 577, USGS. Department of the Interior. Washington, USA, pp95
 - Meissner, RJ, Seeger, H. Rupp & H. Bala. 1999. Assessing the impact of agricultural land use changes on water quality. *Water Sci. Techn.* 40(2):1-10

- Peñuela-Arévalo LA & Carrillo-Rivera JJ, (2013). Discharge areas as a useful tool for understanding recharge areas, study case: Mexico. *Environmental Earth Science*, Vol 68 4(999-1013), DOI 10.1007/s12665-012-1803-z. ISSN: 1866-6280.
- Plummer LN, Prestemon EC, & Parkhurst DL, (1991). An interactive code (netpath) for modeling net geochemical reactions along a flow path. U.S. Geological Survey. *Water-Res. Inv. Report 91-4078*. Reston, Virginia. pp227
- Phillip FM, Hogan J, Mills S & Hendrickx JMH. 2003 Environmental tracers applied to Quantifyng Causes of salinity in arid región Rivers.
- Preliminary Results from the rio Grande. *Southwestern USA developments in Water Science v.50*, p
- Russell, J; Boulding.J. 2003. *Practical handbook soil vadose zone and groundwater contamination*. J. Wiley



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Hidrogeología de campo

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Hidrogeología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Hidrogeología, o Hidrodinámica subterránea, o Física de suelos, o Química ambiental de suelos, o Degradación y contaminación de suelos
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los métodos de campo para el monitoreo del agua subterránea, incluyendo los aspectos de flujo en medio poroso y transporte de solutos dentro de los compartimentos del ambiente (suelo, agua superficial, agua subterránea, planta, atmósfera).

Objetivos particulares:

- Formar especialistas entrenados para conducir trabajos de campo en Hidrogeología y en general en las áreas de ciencias ambientales y del suelo

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción a la hidrogeología	8	8
	1.1 Sistemas de flujo de agua subterránea		
	1.2 Desarrollo de modelos conceptuales		
	1.3 Planeación de los trabajos de campo		
2	Medición de las variables climatológicas	8	8
	2.1 Medición de las variables hidrológicas		
	2.2 Geofísica aplicada al agua subterránea		
	2.3 Comportamiento de los niveles del agua subterránea		
3	Muestreo y análisis de agua subterránea	8	8
	3.1 Caracterización de estratos acuíferos		
	3.2 Perforación de pozos e instalación de piezómetros		
	3.3 Procesamiento e interpretación de datos		
4	Elaboración de reportes técnicos	8	8
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: Reporte Técnico Final	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Hidrogeología con experiencia en trabajo de campo			

Bibliografía básica	
-	Brassington, R. 2007. Field Hydrogeology, 3rd Edition. Wiley Editors. ISBN: 978-0-470-01828-6. 276 pages.
-	Weight, D. W. 2008. Hydrogeology Field Manual, 2e. McGraw-Hill Publisher Professional; 2 edition ISBN: 0071477497 ASIN: B0013Y1UMO. 751 pages
-	Willis. W. D. Sonderegger, J. L. 2001. Manual of Applied Field Hydrogeology. McGraw-Hill. ISBN 007069639X. 553 pages.
-	Moore . J. 2003. Field Hydrogeology. A Guide for Site Investigations and Report Preparation. CRC Press. ISBN: 978-1-56670-587-5.

- Lachassagne P. 2005. Field hydrogeology 2059: A contemplation. Hydrogeology Journal.13:47–50.

Bibliografía complementaria

- Brassington, R. 2007. Field Hydrogeology, 3rd Edition. Wiley Editors. ISBN: 978-0-470-01828-6. 276 pages.
- Fetter, C. W., 2018, Applied Hydrogeology_ Fourth Edition. Waveland Press,598 p.
- Martínez-Alfaro, P. E., Martínez-Santos, P., Castaño-Castaño, S., 2006, Fundamentos de hidrogeología. Mundi-Prensa Libros, 284 p.
- Pinder G.F., M.A. Celia, 2006, Subsurface Hydrology, John Wiley & Sons, Inc.

Revistas electrónicas:

- Advances in water resources
- Hydrogeology Journal
- Groundwater
- Journal of Hydrology



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Hidrología Isotópica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Hidrogeología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 3	Teóricas: 48	
		Prácticas: 1	Prácticas: 16	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Hidrogeología, o Hidrogeoquímica	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Proporcionar conocimiento isotópico al alumno que le permita interpretar datos con un enfoque de multitrizado y asociarlos con fenómenos hidrológicos

Objetivos particulares:

- Se abordarán temas que abarcan desde la toma de muestra, análisis de la muestra y correlación con otras variables hidrológicas que permitan dar respuesta a diversos fenómenos relacionados con el ciclo hidrológico.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Isótopos ambientales	8	0
	1.1 Isótopos ambientales en hidrogeología		

	1.2 Isótopos estables: estándares y medición 1.3 Isótopos radiactivos 1.4 Fraccionamiento isotópico		
2	Trazando el Ciclo Hidrológico 2.1 Relación meteórica de Craig 2.2 Fraccionamiento isotópico durante el ciclo hidrológico 2.3 Condensación, precipitación y la línea de agua meteórica 2.4 Destilación Rayleigh 2.5 Efectos de evaporación extrema	8	0
3	Precipitación 3.1 $\delta^{18}\text{O}$ a escala global 3.2 Efecto de Latitud 3.3 Efecto continental 3.4 Efectos de altitud 3.5 Efecto estacional 3.6 Núcleos de hielo y paleotemperatura 3.7 Ejemplos y ejercicios	8	0
4	Aguas subterráneas 4.1 Recarga en climas templados 4.2 Recarga en regiones áridas 4.3 Recarga de acuíferos conectados a ríos 4.4 Mezcla de agua subterránea 4.5 Ejemplos y ejercicios	8	0
5	Datación de agua subterránea 5.1 La edad del agua subterránea 5.2 Tritio en precipitación 5.3 Datando agua subterránea con tritio 5.4 Isótopos estables y paleoaguas 5.5 Introducción a la datación de agua con ^{14}C 5.6 Sistemas a alta temperatura 5.7 Interacción agua roca a baja temperatura 5.8 Ejemplos y ejercicios	8	0
6	Técnicas de campo 6.1 Planificación y desarrollo de campaña de campo 6.2 Protocolo de toma de muestra 6.3 Toma de muestra en precipitación 6.4 Toma de muestra en zona no saturada 6.5 Toma de muestra de agua subterránea 6.6 Mediciones de campo	4	8
7	Técnicas de laboratorio 7.1 IRMS 7.2 SIRIS 7.3 Tratamiento de la muestra en el laboratorio 7.4 Aseguramiento de la calidad de los resultados	4	8
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	(x)
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	(x)
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en los temas del curso.			
Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Clark, I. y P. Fritz (1997), Environmental isotopes in Hydrogeology, CRC. Press, 350 p. - Mook, W.G. (2002), Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico. Principios y aplicaciones. Series Guías y Manuales, nº 1, IGME. Madrid, 596 p. - Mazor, E. (2004), Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology, Third Edition, Marcel Dekker, Inc., Part III, Chapter 9. - IAEA, (2005), Isotopes in the water cycle, past, present and future of a developing science, Springer, 381 p. - Kendall, C y McDonnell, JJ., (2006), Isotope tracers in catchment Hydrology, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 839 p. - Hoefs, J., (2009) Stable Isotope Geochemistry, Springer-Verlag, 285 p. - Clark, I., (2015) Groundwater Geochemistry and Isotopes, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 421 p. - Manuales técnicos de los equipos a estudiar (Los Gatos, Picarro). 	
Bibliografía complementaria	
Artículos científicos relacionados con la actividad académica	
<ul style="list-style-type: none"> - Fetter, C. W., 2018, Applied Hydrogeology_ Fourth Edition. Waveland Press, 598 p. - Brassington, R. 2007. Field Hydrogeology, 3rd Edition. Wiley Editors. ISBN: 978-0-470-01828-6. 276 pages. - Singh, B. and Kumar, B., 2005, Isotopes in Hydrology, Hydrogeology and Water Resources. Alpha Science Int'l Ltd., 188 p. 	
<p>Informes Técnicos/científicos</p> <p>Material de Internet; por ejemplo: https://www.iaea.org/es/temas/agua última visita el 07/10/2021</p>	

Revistas electrónicas:

- Advances in water resources
- Hydrogeology Journal
- Groundwater
- Journal of Hydrology



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Hidrogeoquímica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos Hidrogeología Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (contaminación)	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Hidrología isotópica	

Objetivo general:

- Estudiar los fundamentos físicoquímicos que permiten interpretar y predecir el comportamiento de las aguas naturales en el entorno en el que se encuentran, con énfasis en las aguas subterráneas.

Objetivos particulares:

- Conocer los fundamentos de equilibrios geoquímicos en solución.
- Aprender fundamentos de especiación geoquímica de aguas y su modelación
- Conocer la cinética de las reacciones en muestras acuosas

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Consideraciones generales sobre los equilibrios químicos en solución	2	0
	1.1 Soluciones 1.2 Constantes de equilibrio		
2	Equilibrios químicos simples en medio homogéneo	7	9
	2.1 Equilibrio de intercambio de protones (reacciones ácido-base) 2.2 Equilibrio de intercambio de electrones (reacciones redox) 2.3 El equilibrio de los carbonatos. 2.4 Equilibrio de intercambio de ligantes (reacciones de compuestos de coordinación)		
3	Equilibrios químicos simples en medio heterogéneo	8	8
	3.1 Equilibrio sólido-líquido (precipitación y solubilidad) 3.2 Equilibrio de intercambio iónico 3.3 Equilibrios de adsorción		
4	Química de las aguas subterráneas	5	5
	4.1 Diagramas Eh-pH 4.2 Interacción con el entorno-Diagramas hidrogeoquímicos 4.3 Programas de cómputo para diagramas hidrogeoquímicos		
5	Nociones sobre velocidad de las reacciones químicas	1	1
	5.1 Concepto de cinética 5.2 Orden de las reacciones		
6	Investigaciones hidrogeoquímicas	9	9
	Técnicas de muestreo Métodos analíticos Nociones sobre contaminación Aspectos generales del marco jurídico relativos a la calidad del agua Nociones sobre modelación hidrogeoquímica		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en los temas del curso.

Publicaciones recientes en la temática del curso.

Bibliografía básica

- V.L. Snoeyink , D. Jenkins, Química del Agua, Limusa, 2004.
- Appelo, C.A.J., Postma D., Geochemistry, groundwater and Pollution, Balkema, 2005.
- Wilderer, P., Treatise on Water Science, Vol. 3, IWA Publ., 2011.
- Werner E.R., Application of Environmental Chemistry, CRC Press, 2008 y 2013.
- W.J. Deustch, Groundwater geochemistry: fundamentals and applications to contamination, Lewis Publ., Boca Raton, 1997.
- W. Stumm, J.J. Morgan, Aquatic Chemistry: Chemical equilibria and rates in natural waters, John Wiley & Sons, 3rd ed., 1996.
- Manaha S.E., Water Chemistry, CRC Press, 2010.
- J.I. Drever, The Geochemistry of Natural Waters, Prentice Hall, N.J., 1997.
- Viatcheslav V. Tikhomirov, Hydrogeochemistry Fundamentals and Advances: Groundwater Composition and Chemistry, Volume I, Wiley on line Library, 2016.
- <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119160434.ch3/summary>

Bibliografía complementaria

- Chemistry, Masaryk University in Brno Faculty of Sc, 2004.
- http://www.geology.upol.cz/upload/studijni_materialy/plne_texty_skript/2004Sracek_Zeman-IEH.pdf
- D. Jenkins, V.L. Snoeyink, J.F. Ferguson, J.O. Leckie, Química del Agua, Manual de Laboratorio, Limusa, 1983.
- D. Langmuir, Aqueous Environmental Geochemistry, Prentice Hall, N.J., 1996.
- G. Faure, Principles and Applications of Inorganic Geochemistry, Macmillan Publ, N.Y., 1991.
- C.W. Fetter, Contaminant Hydrogeology, Macmillan Publ. Co., N.Y., 1993.
- W. Stumm, Chemistry of the solid-Water Interface, John Wiley & Sons, Inc., 1992.
- Fagundo C.J.R., González P., Hidrogeoquímica, Edit. Académica Española, 2012.
- Miffilin, M.D., 1988. Region 5, great basin. In: Back, W., Rosenshein, J.S., Seaber, P.R. (Eds.), Hydrogeology. Geological Society of America, pp. 69-78.
- Tóth, J., 1999. Groundwater as a geologic agent: an overview of the causes, processes, and manifestations. Hydrogeol. J. 7, 1-14.
- Chebotarev I (1955) Metamorphism of natural waters in the crust of weathering. Geochim Cosmochim Acta 8:137-170.
- Durov SA (1948) Natural waters and graphic representation of their composition. In Dokl Akad Nauk SSSR (Vol. 59, No. 3, pp. 87-90).
- Piper AM (1953) A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. Washington D.C.: United States Geological Survey. OCLC 37707555. ASIN B0007HRZ36.
- Gibbs, R. J. (1970). Mechanisms Controlling World Water Chemistry. Science, 170(3962), 1088-1090. <<http://dx.doi.org/10.1126/science.170.3962.1088>>
- Parkhurst, D. L., & Appelo, C. A. J. (1999). User's guide to PHREEQC (Version 2): A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse

geochemical calculations. U. S. Geological Survey Water Resources Investigations Report.

Material disponible en internet:

- <http://water.usgs.gov>
- <http://www.epa.gov>
- <http://www.chem.vt.edu/chem-ed>



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Inclusiones fluidas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos minerales Yacimientos petroleros	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Proporcionar las herramientas necesarias para contextualizar geológicamente cualquier estudio relacionado con inclusiones fluidas.

Objetivos particulares:

- Relación de la historia del uso y utilidad de la microtermometría de inclusiones fluidas como método de análisis, evidencias sobre la representatividad de las inclusiones fluidas, y establecer los criterios de selección de muestras y de su tratamiento y preparación previa a su estudio microtermométrico.
- Establecer los conceptos básicos imprescindibles para el estudio de inclusiones fluidas y el uso de técnicas analíticas asociadas.

- Establecer los conceptos petrográficos mediante los cuales se caracteriza a las inclusiones fluidas y sus asociaciones.
- Establecer el proceso analítico y definir los diferentes cambios de fase observables durante la microtermometría de inclusiones fluidas.
- Caracterizar los diferentes tipos de sistemas químicos correspondientes a inclusiones fluidas en la naturaleza, y los diferentes cambios de fase asociados.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción al estudio de las inclusiones fluidas	4	0
	1.1 Aspectos generales 1.2 Historia del uso metodológico de las inclusiones fluidas 1.3 Preparación de muestras para microtermometría de inclusiones fluidas		
2	Petrografía básica	8	0
	2.1 Estrategias de muestreo y bases para el estudio petrográfico 2.2 Criterios de cocrystalización 2.3 Criterios de no-cocrystalización 2.4 Secuencia paragenética 2.5 Zonación mineral y cátodoluminiscencia 2.6 Petrografía de sílice		
3	Conceptos básicos	4	0
	3.1 Concepto de inclusión fluida 3.2 Concepto de inclusión sólida 3.3 La representatividad de las inclusiones fluidas como porciones de fluidos geológicos 3.4 Componentes de una inclusión fluida 3.5 Clasificación de inclusiones fluidas según su relación de componentes 3.6 Cristal atrapado y cristal hijo 3.7 Concepto de grado de relleno		
4	Petrografía de inclusiones fluidas	6	32
	4.1 Inclusión fluida primaria 4.2 Inclusión fluida secundaria 4.3 Inclusión fluida pseudosecundaria 4.4 Asociaciones de inclusiones fluidas 4.5 Tipos de atrapamiento 4.6 Morfologías de inclusiones, cambios en el volumen de las inclusiones, y modificaciones post-atrapamiento		
5	Microtermometría de inclusiones fluidas	6	0
	5.1 Temperatura del punto eutéctico 5.2 Temperaturas de fusión 5.3 Temperatura de homogeneización y temperatura de atrapamiento 5.4 Temperatura de solubilización 5.5 Representación de datos		
6	Sistemas químicos	4	0

	6.1 Sistema H ₂ O 6.2 Sistema H ₂ O-NaCl 6.3 Sistema H ₂ O-otros cloruros 6.4 Sistema H ₂ O-CO ₂		
	Subtotales	32	32
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: Reporte Técnico Final	(x)
Perfil profesiográfico docente			
<p>Doctorado en temas afines al curso que se propone.</p> <p>Experto en alguna de las siguientes líneas de investigación: Geofluidos, Yacimientos minerales, Metalogenia, Geotermia, Geología del Petróleo.</p> <p>Publicaciones recientes en el tema del curso.</p>			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - De Vivo, B., Frezzotti, M.L., 1994. Fluid Inclusions in Minerals: Methods and Applications. Short Course of the working group (IMA), Inclusions in Minerals. 377 pp. - Bodnar, R.J., Vityk, M.O., 1994. Interpretation of microthermometric data for NaCl-H₂O fluid inclusions. In: B. De Vivo y M.L. Frezzotti (eds.) Fluid inclusions in minerals: methods and applications, Virginia Polytechnic Inst. State University, Blacksburg VA, p. 117-130. - Goldstein, R.H., Reynolds, T.J., 1994. Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals. SEPM short course, 31. - Mangas, J., Sierra, J., 1991. Las inclusiones fluidas: Métodos de análisis e interpretación. In: Lunar, R.; Oyarzun, R. (Eds.). Yacimientos minerales: técnicas de estudio, tipos, evolución metalogénica, exploración (Parte 1). Ed. Centro de Estudios Ramón Areces. 79-146. - Roedder, E., 1984. Fluid inclusions. Reviews in Mineralogy, 12, 644 p. - Roedder, E., 1990. Fluid inclusion analysis—prologue and epilogue. Geochimica et Cosmochimica Acta, 54: 495-508. - Samson, I., Anderson, A., Marshall, D. (eds.), 2003. Fluid Inclusions. Analysis and interpretation. Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, 32, 374 pp. - Shepherd, T.J., Rankin, A.H., Alderton, D.H.M., 1985. A practical guide to fluid inclusion studies. Blackie & Son Ltd., Glasgow & London, 240 pp.

- Steele-MacInnis, M., Ridley, J., Lecumberri-Sanchez, P., Schlegel, T.U., Heinrich, C.A., 2016. Application of low-temperature microthermometric data for interpreting multicomponent fluid inclusion compositions. *Earth-Science Reviews*, 159, 14-35.
- Van den Kerkhof, A.M., Hein, U.F., 2001. Fluid inclusion petrography. *Lithos*, 55, 27-47.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, 55, 229-272.

Bibliografía complementaria

- Barnes, H.L., 1979. *Geochemistry of Hydrothermal Mineral Deposits*. 2nd edition., John Wiley & Sons.
- Bodnar, R.J., Reynolds, T.J., Kuehn, C.A., 1985. Fluid inclusion systematics in epithermal systems. In: B.R. Berger & P.M. Bethke (eds.), *Geology and geochemistry of epithermal systems*. *Reviews in Economic Geology*, 2: 73-97.
- Burke, E.A.J., 2001. Raman microspectrometry of fluid inclusions. *Lithos*, 55, 139-158.
- González-Partida, E., Camprubí, A., Canet, C., González-Sánchez, F., 2008. Fisicoquímica de salmueras e hidrocarburos en cuencas petroleras y en depósitos minerales tipo Mississippi Valley y asociados. Parte I: temperatura, presión y composición de inclusiones fluidas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 60, 11-22.
- Lüders, V., Ziemann, M., 1999. Possibilities and limits of infrared light microthermometry applied to studies of pyrite-hosted fluid inclusions. *Chemical Geology*, 154, 169-178.
- Moore, J.N., Norman, D.I., Kennedy, B.M., 2001. Fluid inclusion gas compositions from an active magmatic-hydrothermal system: a case study of The Geysers geothermal field, USA. *Chemical Geology*, 173, 3-30.
- Munz, I.A., 2001. Petroleum inclusions in sedimentary basins: systematics, analytical methods and applications. *Lithos*, 55, 195-212.
- Nesbitt, B.E. (Ed.), 1990. *Short course on Fluids in Tectonically Active Regimes of the Continental Crust*, Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook, vol. 18.
- Sverjensky, D.A., 1984. Oil field brines as ore forming solutions. *Economic Geology*, 79, 23-37.
- Touret, J.L.R., 2001. Fluids in metamorphic rocks. *Lithos*, 55, 1-25.
- Van den Kerkhof, A.M., Thiéry, R., 2001. Carbonic inclusions. *Lithos*, 55, 49-68.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Interacción Aerosol-Nubes

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Cambio climático y climatología física Física de nubes y aerosol atmosférico	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3.5	Teóricas: 56
			Prácticas: 0.5	Prácticas: 8
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Meteorología general	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender la importancia tanto del aerosol atmosférico como de las nubes dentro del sistema climático y como estos dos componentes interactúan entre sí.

Objetivos particulares:

- Entender la nomenclatura del aerosol atmosférico y las nubes.
- Identificar la importancia y el rol que juegan tanto las partículas de aerosol como las nubes en el sistema climático.
- Entender los conceptos físicos involucrados en la formación de nubes.
- Conocer la instrumentación idónea para el estudio del aerosol atmosférico y las nubes.
- Analizar e interpretar datos tanto de partículas de aerosol como de nubes.

- Entender los riesgos que involucra u ocasiona el cambio climático y aprender a juzgar las propuestas para modificar el clima.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Fundamentos e instrumentación del Aerosol Atmosférico 1. Fuentes y precursores de los aerosoles atmosféricos 2. Formación de partículas de aerosol (tubos de flujo y cámara de smog) 3. Concentración y tamaño de los aerosoles 4. Composición química y propiedades ópticas del aerosol 5. Morfología de las partículas de aerosol	8	2
2	Propiedades del agua 1. Propiedades del agua y soluciones acuosas 2. La importancia del ciclo hidrológico 3. La ecuación de Clausius – Clapeyron 4. El papel del agua en la atmósfera 5. Formación de neblina	8	0
3	Nubes cálidas 1. Procesamiento de aerosol dentro de las nubes cálidas 2. Desarrollos recientes y futuras direcciones 3. Instrumentación para nubes cálidas	10	3
4	Nubes frías 1. Instrumentación para nubes frías 2. Observaciones vs. Predicciones 3. Desarrollos recientes y futuras direcciones	10	3
5	Química de Nubes 1. Química atmosférica y cambio climático 2. In-cloud scavenging 3. Pre-activación de las partículas de aerosol 4. Envejecimiento del aerosol	10	0
6	Precipitación y el Tiempo 1. Modelos de pronóstico 2. Electrificación de nubes 3. Eventos extremos 4. Geoingeniería	5	0
7	Modelos Climáticos 1. Incertidumbres en las mediciones de aerosol y nubes 2. Parametrizaciones de procesos de formación y evolución de aerosol y nubes 3. Incertidumbres en las parametrizaciones 4. Retos a futuro	5	0
Subtotales		56	8
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	(x)
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	(x)
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras: especificar	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Lohmann, Luond and Mahrt. An introduction to clouds: From the microscale to climate. Cambridge University Press. 2016. - Boucher, O. Atmospheric Aerosols: Properties and Climate Impacts. Springer. 2015
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Jacob, D. Introduction to atmospheric chemistry. Princeton University Press. 1999. - Pruppacher, H. and J. Klett. Microphysics of Clouds and Precipitation, Reidel, Dordrecht. 1997. - Rogers, R. and M. Yau. A short course in cloud physics. Pergamon Press, Elmsford, NY. 1989. - Seinfeld, J. and S. Pandis. Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change. John Wiley, New York. 2006. - Wallace, J. and P. Hobbs. Atmospheric science: an introductory survey. Academic press. 2006. - Baron, P. and K. Willeke. Aerosol measurement: principles, techniques, and applications. NJ. 2005.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Interacción Océano-Atmósfera

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campos de conocimiento y áreas de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Meteorología y oceanografía física Cambio climático y climatología física	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Comprender los procesos físicos de intercambio de energía, masa y momento entre la atmósfera y el océano y con las escalas espaciales y temporales típicas de éstos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	6	0
	1.1. Características generales de los océanos y la atmósfera 1.2. Propiedades comparativas entre el océano y la atmósfera 1.3. Ecuación de estado, calor específico 1.4. Diagramas T/S, masas de agua		
2	Balance de radiación	8	0
	2.1. Energía recibida por la Tierra 2.2. Modelos de equilibrio de los flujos de radiación 2.3. Modelos de balance de energía 2.4. El efecto invernadero 2.5. Albedo 2.6. Vapor de agua		
3	Ciclo hidrológico y clima terrestre	8	0
	3.1. El sistema climático y sus componentes. Orígenes y evolución 3.2. Las fases del agua, el punto triple y su relación con la estabilidad del clima 3.3. Ciclo hidrológico y sus escalas de tiempo 3.4. Ecuación de Clausius-Clapeyron		
4	Flujos entre el océano y la atmósfera	6	0
	4.1. Transferencia de momento entre la atmósfera y el océano. Esfuerzos de Reynolds 4.2. Capa de Ekman. Bombeo de Ekman. Surgencia costera 4.3. Oleaje 4.4. Transferencia de calor y humedad entre el océano y la atmósfera 4.5. Fórmulas "bulk"		
5	Modelos de capa mezclada	6	0
	5.1. Modelos tipo Krauss-Turner 5.2. Modelo de Mellor-Yamada 5.3. Descripción del ciclo diurno 5.4. Perfil logarítmico		
6	Circulación general de los océanos	6	0
	6.1. Circulación generada por el esfuerzo del viento 6.2. Convección profunda y circulación termohalina 6.3. Formación de agua profunda		
7	Intercambio de masa (no agua) entre el océano y la atmósfera	6	0
	7.1. Solubilidad de gases 7.2. Intercambio de gases entre el océano y la atmósfera 7.3. El ciclo del carbono 7.4. Oxígeno en el océano		

8	Sistemas globales de observación del océano y la atmósfera		
	8.1. Satélites 8.2. Boyas 8.3. Instrumentos modernos (gliders, SUV)	6	0
9	Procesos de interacción océano-atmósfera de mesoescala y de gran escala		
	9.1. Procesos de interacción océano-atmósfera de mesoescala (huracanes) 9.2. Procesos de interacción océano-atmósfera en los trópicos (ENSO)	6	0
10	Los océanos, el clima y el cambio climático		
		6	0
Subtotales		64	0
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en los temas del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Bigg, G. R.: The Oceans and Climate, 2nd edition, Cambridge University Press, 266 p, 2003. - Csanady, G. T.: Air-sea interaction: Laws and mechanisms, Cambridge University Press, 239 p., 2001. - Curry, J. and Webster, P.: Thermodynamics of Atmospheres and Oceans, 1st edition, Academic Press, 471 p, 1998.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Gill, A. E.: Atmosphere-Ocean Dynamics, 1st edition, International Geophysics Series, Vol. 30, Academic Press, 662 p., 1982. - Geernaert, G. L.: Air-sea exchange: Physics, chemistry, and dynamics. Atmospheric and Oceanographic Sciences Library, Springer, 578 p, 1999.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Interferometría de ruido sísmico

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Sismología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Sismología	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Revisar los conceptos matemáticos y de procesamiento de señales y conocer los principios y herramientas básicas para la utilización de la interferometría sísmica de ruido con diversos propósitos.

Objetivos particulares:

- Comprender los fundamentos de la interferometría sísmica
- Procesar señales sísmicas
- Entender aplicaciones de la interferometría de ruido sísmico

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	12	0
	1.1 Definición de interferometría sísmica 1.2 Antecedentes históricos 1.3 Función de Green 1.4 Transferencia Irradiativa 1.5 Equipartición y Campos Difusos		
2	Repaso de procesamiento y análisis de señales sísmicas	10	0
	2.1 Transformada de Fourier 2.2 Convolución 2.3 Correlación		
3	Naturaleza y distribución espectral de ruido sísmico	8	0
	3.1 Origen, naturaleza y distribución espectral de ruido sísmico		
4	Aplicaciones de correlación cruzada	16	0
	4.1 Tomografía de ruido sísmico 4.2 Perturbaciones del medio de propagación		
5	Aplicaciones de autocorrelación	18	0
	5.1 Determinación de reflectores 5.2 Perturbaciones del medio de propagación 5.3 Cocientes espectrales H/V 5.4 Modelado e inversión		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (Tareas; reportes de prácticas)	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en los temas del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Garnier, J. & G. Papanicoloau (2016), Passive Imaging with Ambient Noise, Cambridge University Press, United Kingdom. - Oppenheim, A. V., R. W. Schaffer (2010) Discrete Time Signal Processing 3rd. Edition. New Jersey Pearson. - Schuster G.T. 2009. Seismic Interferometry. Cambridge University Press. 	

- Wapenaar K., D. Draganov, R. Snieder, X. Campman y A Verdel (2010). Tutorial on seismic interferometry: Part 1 y Part 2 Geophysics 75, No. 5.
- Wapenaar K., D. Draganov, J van der Neut and J Thorbecke. Seismic interferometry: a comparison of approaches. Delft University of Technology.

Bibliografia complementaria

- Aki, K. and P. Richards (2002). Quantitative seismology- Second Edition. University Science Books. Sausalito Ca. USA.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Interpretación de registros geofísicos de pozo

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Exploración geofísica aplicada a la caracterización y evaluación de yacimientos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 64	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 64	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Evaluar mediante técnicas especializadas el conjunto de registros geofísicos de pozos para obtener una caracterización petrofísica adecuada para formaciones arenarcillosas y carbonatadas.
- Obtención de parámetros petrofísicos para la evaluación de yacimientos.

Objetivos particulares:

- Manejo de software especializado en la evaluación de yacimientos mediante el uso de registros geofísicos de pozos.
- Estudio de ejemplos reales.
- Introducción a los procesos de inversión conjunta con RGP.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Registros Geofísicos de pozo	12	0
	1.1 Introducción a los Registros Geofísicos de pozo. 1.2 Propiedades físicas relativas a las mediciones en pozo. 1.3 Herramientas convencionales para medición de registros geofísicos de pozo.		
2	Interpretación petrofísica en formaciones areno-arcillosas	24	0
	2.1 Modelos petrofísicos convencionales para formaciones areno-arcillosas. 2.2 Modelo petrofísico jerárquico para formaciones areno-arcillosas. 2.3 Simulación numérica de propiedades físicas. 2.4 Inversión conjunta de registros geofísicos de pozo en formaciones areno-arcillosas.		
3	Interpretación petrofísica en formaciones carbonatadas	16	0
	3.1 Modelos petrofísicos convencionales para formaciones carbonatadas. 3.2 Modelo petrofísico jerárquico para formaciones carbonatadas. 3.3 Inversión conjunta de registros geofísicos de pozo en formaciones carbonatadas.		
4	Ejemplos de interpretación de registros geofísicos de pozo	12	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Bassiouni, Z. (2013). Theory, measurements, and interpretation of well logs. SPE.

- Schön, J.H. (1996). Physical Properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics.
- Darwin V. Ellis and Julian M. Singer. 2010. Well Logging for Earth Scientists. U.S.A. Springer; 2nd ed. 692 Págs. ISBN: 978-9048169474
- Johnson David E., Pile Kathryne E., 2002. Well Logging in Nontechnical Language. U.S.A, Pen well Pub. 2nd edition, 289 Págs. ISBN: 978-0878148257
- Krygowski Daniel, Asquith George B., and Gibson Charles R. 2004. Basic Well Log Analysis. American Association of Petroleum Geologists, 2nd edition, 244 Págs. ISBN: 978-0891816676
- Hearst R. J., Nelson P., Paillet F., 2004. Well Logging for Physical Properties: A Handbook for Geophysicists, Geologists, and Engineers. John Wiley & Sons, Ltd. England. 475 Págs. ISBN: 0-471-96305-4.

Bibliografía complementaria

- Mussett, Alan E., 2007. Looking into the earth: an introduction to geological geophysics. U.S.A, Cambridge University Press, 470 Págs. ISBN: 978-0521785747.
- Manuales de Compañías y tutoriales de software especializado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Introducción a la Dendrocronología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Geomorfología Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender los fundamentos básicos de ecología, climatología, geomorfología, y estadística de series temporales.
- Comprender las bases de los métodos utilizados para coleccionar, procesar y analizar material dendrocronológico.

Objetivos particulares:

- Desarrollar el entendimiento de como los estudios de dendrocronología se llevan a cabo
- Proporcionar los métodos y aplicaciones en la dendrocronología.
- Fomentar pensamiento crítico en ámbito multidisciplinario.

- Desarrollar capacidades de investigación multidisciplinarias.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Principios básicos, Xilogénesis y Dendroecología 1.1 Conceptos 1.2 básicos y xilogénesis 1.3 Principios de la dendrocronología 1.4 Métodos de campo y selección de sitio 1.5 Dendroecología 1.6 Perspectivas frente al cambio climático 1.7 Introducción al uso de R para el análisis de datos	18	4
2	Dendroclimatología 2.1 Dendroclimatología: historia y conceptos básicos. 2.2 Sitio, muestreo, y preparación de muestras. 2.3 Fechado, generación de cronología, y amplificación de señal. 2.4 Bases de datos y programas empleados en dendroclimatología. 2.5 Relación clima-crecimiento y modelos de reconstrucción climática. 2.6 Análisis de forzantes oceano-atmósfericos.	12	8
3	Dendrogeomorfología 3.1 Dendrogeomorfología. 3.2 Frecuencia y distribución de procesos geomorfológicos. 3.3 Análisis de erosión con raíces expuestas. 3.4 Métodos de campo y análisis dendrogeomorfológico. 3.5 Potencial dendrogeomorfológico de especies. 3.6 Evaluación de peligros naturales.	16	4
4	Charlas de invitados/as expertos/as	2	0
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	(x)
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	(x)
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica

- Fritts hc. 1976. Dendrochronology and Dendroclimatology. *Tree Rings and Climate*: 1–54.
- Silva M dos S, Funch LS, da Silva LB. 2019. The growth ring concept: seeking a broader and unambiguous approach covering tropical species. *Biological Reviews* 94: 1161–1178.
- Solomina ON. 2002. Dendrogeomorphology: Research requirements. *Dendrochronologia* 20: 233–245.

Bibliografía complementaria

- Alfaro-Sánchez R, Camarero JJ, Querejeta JI, Sagra J, Moya D, Rodríguez-Trejo DA. 2020. Volcanic activity signals in tree-rings at the treeline of the Popocatepetl, Mexico. *Dendrochronologia* 59.
- Arbellay E, Stoffel M, Bollschweiler M. 2010. Wood anatomical analysis of *Alnus incana* and *Betula pendula* injured by a debris-flow event. *Tree Physiology* 30: 1290–1298.
- Babst F, Alexander MR, Szejner P, Bouriaud O, Klesse S, Roden J, Ciais P, Poulter B, Frank D, Moore DJP, et al. 2014. A tree-ring perspective on the terrestrial carbon cycle. *Oecologia* 176: 307–322.
- Bodoque JM, Ballesteros-Cánovas JA, Rubiales JM, Stoffel M. 2019. Laboratory and field protocol for estimating sheet erosion rates from dendrogeomorphology. *Journal of Visualized Experiments* 2019.
- Bollschweiler M, Stoffel M. 2007. Debris flows on forested cones - Reconstruction and comparison of frequencies in two catchments in Val Ferret, Switzerland. *Natural Hazards and Earth System Science* 7: 207–218.
- Bollschweiler M, Stoffel M, Schneuwly DM, Bourqui K. 2008. Traumatic resin ducts in *Larix decidua* stems impacted by debris flows. *Tree Physiology* 28: 255–263.
- Cook E, Peters K. 1981. The smoothing spline: A new approach to standardizing forest interior tree-ring whithd series for dendroclimatic studies. *Tree-ring bulletin* 41.
- Cuny HE, Rathgeber CBK, Frank D, Fonti P, Mäkinen H, Prislan P, Rossi S, del Castillo EM, Campelo F, Vavrčik H, et al. 2015. Woody biomass production lags stem-girth increase by over one month in coniferous forests. *Nature Plants* 1: 15160.
- Dormontt EE, Boner M, Braun B, Breulmann G, Degen B, Espinoza E, Gardner S, Guillery P, Hermanson JC, Koch G, et al. 2015. Forensic timber identification: It's time to integrate disciplines to combat illegal logging. *Biological Conservation* 191: 790–798.
- Gärtner H, Cherubini P, Fonti P, von Arx G, Schneider L, Nievergelt D, Verstege A, Bast A, Schweingruber FH, Büntgen U. 2015. A technical perspective in modern tree-ring research - How to overcome dendroecological and wood anatomical challenges. *Journal of Visualized Experiments* 2015: 1–10.
- Guiterman CH, Swetnam TW, Dean JS. 2016. Eleventh-century shift in timber procurement areas for the great houses of Chaco Canyon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113: 1186–1190.
- Humanes-Fuente V, Ferrero ME, Muñoz AA, González-Reyes, Requena-Rojas EJ, Barichivich J, Inga JG, Layme-Huaman ET. 2020. Two Centuries of Hydroclimatic Variability Reconstructed From Tree-Ring Records Over the Amazonian Andes of Peru. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 125.
- Klesse S, DeRose RJ, Guiterman CH, Lynch AM, O'Connor CD, Shaw JD, Evans MEK. 2018. Sampling bias overestimates climate change impacts on forest growth in the southwestern United States. *Nature Communications* 9: 5336.

- Kogelnig-Mayer B, Stoffel M, Schneuwly-Bollschweiler M, Hübl J, Rudolf-Miklau F. 2011. Possibilities and limitations of dendrogeomorphic time-series reconstructions on sites influenced by debris flows and frequent snow avalanche activity. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 43: 649–658.
- Kozłowski TT, Pallardy SG. 1996. Chapter 3. Vegetative Growth. Lennox GK, Covens AL. 2016. Can sentinel lymph node biopsy replace pelvic lymphadenectomy for early cervical cancer? *Gynecologic Oncology* 141: 21–22.
- Lorenz RC. 1944. Discolorations and Decay Resulting from Increment Borings in Hardwoods. *Journal of Forestry* 42: 37–43.
- Lowe AJ, Dormontt EE, Bowie MJ, Degen B, Gardner S, Thomas D, Clarke C, Rimbawanto A, Wiedenhoef A, Yin Y, et al. 2016. Opportunities for improved transparency in the timber trade through scientific verification. *BioScience* 66: 990–998.
- M. S. 2014. Author's personal copy *Automatica* Author's personal copy. *Encyclopedia of Toxicology* 50: 952–961.
- Meko DM, Baisan CH. 2001. Pilot study of latewood-width of conifers as an indicator of variability of summer rainfall in the North American monsoon region. *International Journal of Climatology* 21: 697–708.
- Melvin TM, Briffa KR. 2008. A “signal-free” approach to dendroclimatic standardisation. *Dendrochronologia* 26: 71–86.
- Morino K, Minor RL, Barron-Gafford GA, Brown PM, Hughes MK. 2021. Bimodal cambial activity and false-ring formation in conifers under a monsoon climate. *Tree Physiology*: 1–13.
- Nash SE. 2011. Fundamentals of tree-ring research. James H. Speer. *Geoarchaeology* 26: 453–455.
- Paredes-Villanueva K, de Groot GA, Laros I, Bovenschen J, Bongers F, Zuidema PA. 2019. Genetic differences among *Cedrela odorata* sites in Bolivia provide limited potential for fine-scale timber tracing. *Tree Genetics and Genomes* 15.
- Paredes-Villanueva K, Espinoza E, Ottenburghs J, Sterken MG, Bongers F, Zuidema PA. 2018. Chemical differentiation of Bolivian *Cedrela* species as a tool to trace illegal timber trade. *Forestry* 91: 603–613.
- Shigo AL. 1984. Compartmentalization: A Conceptual Framework for Understanding How Trees Grow and Defend Themselves. *Annual Review of Phytopathology* 22: 189–214.
- Shroder JF. 1978. Dendrogeomorphological analysis of mass movement on Table Cliffs Plateau, Utah. *Quaternary Research* 9: 168–185.
- Šilhán K. 2018. Detailed reconstruction of gully headcut retreat using exposed tree roots: A case study from the vsetínské vrchy Mts. (Outer Western Carpathians). *Geografie-Sbornik CGS* 123: 179–199.
- Stoffel M, Bollschweiler M. 2009. What tree rings can tell about earth-surface processes: Teaching the principles of dendrogeomorphology. *Geography Compass* 3: 1013–1037.
- Stoffel M, Bollschweiler M, Butler DR, Luckman BH. 2010. Tree Rings and Natural Hazards: An Introduction. *Advances in Global Change Research* 41: 3–23.
- Stoffel M, Corona C, Ballesteros-Cánovas JA, Bodoque JM. 2013. Dating and quantification of erosion processes based on exposed roots. *Earth-Science Reviews* 123: 18–34.
- Stoffel M, Huggel C. 2012. Effects of climate change on mass movements in mountain environments. *Progress in Physical Geography* 36: 421–439.
- Sullivan PF, Pattison RR, Brownlee AH, Cahoon SMP, Hollingsworth TN. 2016. Effect of tree-ring detrending method on apparent growth trends of black and white spruce in interior Alaska. *Environmental Research Letters* 11.
- Vlam M, Boom A, de Groot GA, Zuidema PA. 2018. Tropical timber tracing and stable isotopes: A response to Horacek et al. *Biological Conservation* 226: 335–336.
- Vlam M, de Groot GA, Boom A, Copini P, Laros I, Veldhuijzen K, Zakamdi D, Zuidema PA. 2018. Developing forensic tools for an African timber: Regional origin is revealed by genetic characteristics, but not by isotopic signature. *Biological Conservation* 220: 262–271.

- Wright WE, Baisan C, Streck M, Wright WW, Szejner P. 2016. Dendrochronology and middle Miocene petrified oak: Modern counterparts and interpretation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 445: 38–49.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Introducción a la Programación Científica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico - Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	
Seriación				
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Objetivo general:				
<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar la habilidad de interpretar algoritmos y codificarlos en forma estructurada. 				
Objetivos particulares:				
<ul style="list-style-type: none"> - Comprender los lenguajes de programación del entorno MATLAB y FORTRAN 90. 				

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción al cómputo científico	4	4
	1.1. Concepto de algoritmo 1.2. Programación estructurada 1.3. Estructuras de control y estructuras de datos 1.4. Diagramas de flujo 1.5. Creación de programas en pseudocódigo		
2	Elementos del sistema matlab	1	1
	2.1. Historia de MATLAB 2.2. El programa MATLAB 2.3. El entorno de trabajo de MATLAB		
3	Operaciones con matrices y vectores	3	3
	3.1. Definición de matrices desde teclado 3.2. Operaciones con matrices 3.3. Tipos de datos 3.4. Variables y expresiones matriciales 3.5. Otras formas de definir matrices 3.5.1. Tipos de matrices predefinidos 3.5.2. Formación de una matriz a partir de otras 3.5.3. Direccionamiento de vectores y matrices a partir de vectores 3.5.4. Operador dos puntos (:) 3.5.5. Matriz vacía A=[]. Borrado de filas o columnas 3.6. Operadores relacionales y lógicos		
4	Funciones de librería	3	3
	4.1. Características generales de las funciones de MATLAB 4.2. Equivalencia entre comandos y funciones 4.3. Funciones matemáticas elementales que operan de modo escalar 4.4. Funciones que actúan sobre vectores 4.5. Funciones que actúan sobre matrices 4.5.1. Funciones matriciales elementales 4.5.2. Funciones matriciales especiales 4.5.3. Funciones de factorización y/o descomposición matricial 4.6. Operadores relacionales con vectores y matrices 4.7. Otras funciones que actúan sobre vectores y matrices 4.8. Determinación de la fecha y la hora 4.9. Funciones para cálculos con polinomios		
5	Otros tipos de estructuras de datos	3	3
	5.1. Cadenas de caracteres 5.2. Hipermatrices (arrays de más de dos dimensiones) 5.3. Estructuras 5.4. Vectores o matrices de celdas (Cell Arrays) 5.5. Matrices dispersas (sparse) 5.5.1. Funciones para crear matrices dispersas (directorio sparsfun) 5.5.2. Operaciones con matrices dispersas		

	<p>5.5.3. Operaciones de álgebra lineal con matrices dispersas</p> <p>5.5.4. Operaciones con matrices dispersas</p> <p>5.5.5. Permutaciones de filas y/o columnas en matrices sparse</p> <p>5.6. Clases y objetos</p>		
6	<p>Programación en el entorno de MATLAB</p> <p>6.1. Bifurcaciones y bucles</p> <p>6.1.1. Sentencia if</p> <p>6.1.2. Sentencia switch</p> <p>6.1.3. Sentencia for</p> <p>6.1.4. Sentencia while</p> <p>6.1.5. Sentencia break</p> <p>6.1.6. Sentencia continue</p> <p>6.2. Lectura y escritura interactiva de variables</p> <p>6.2.1. Función input</p> <p>6.2.2. Función disp</p> <p>6.3. Ficheros *.m</p> <p>6.3.1. Ficheros de comandos (Scripts)</p> <p>6.3.2. Definición de funciones</p> <p>6.3.3. Sentencia return</p> <p>6.3.4. Funciones con número variable de argumentos</p> <p>6.3.5. Help para las funciones de usuario</p> <p>6.3.6. Variables persistentes</p> <p>6.3.7. Variables globales</p> <p>6.4. Referencias de función (function handles)</p> <p>6.5. Entrada y salida de datos</p> <p>6.5.1. Importar datos de otras aplicaciones</p> <p>6.5.2. Exportar datos a otras aplicaciones</p> <p>6.6. Lectura y escritura de ficheros</p> <p>6.6.1. Funciones fopen y fclose</p> <p>6.6.2. Funciones fscanf, sscanf, fprintf y sprintf</p> <p>6.6.3. Funciones fread y fwrite</p> <p>6.6.4. Ficheros de acceso directo</p> <p>6.7. Recomendaciones generales de programación</p> <p>6.8. Llamada a comandos del sistema operativo y a otras funciones externas</p> <p>6.9. Funciones de función</p> <p>6.9.1. Integración numérica de funciones</p> <p>6.9.2. Ecuaciones no lineales y optimización</p> <p>6.9.3. Integración numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias</p> <p>6.9.4. Las funciones eval, evalc, feval y evalin</p> <p>6.10. Distribución del esfuerzo de cálculo: Profiler</p>	7	7
7	<p>Gráficos bidimensionales</p> <p>7.1. Funciones gráficas 2D elementales</p> <p>7.1.1. Función plot</p> <p>7.1.2. Estilos de línea y marcadores en la función plot</p> <p>7.1.3. Añadir líneas a un gráfico ya existente</p> <p>7.1.4. Comando subplot</p> <p>7.1.5. Control de los ejes</p> <p>7.1.6. Función line()</p> <p>7.2. Control de ventanas gráficas: Función figure</p>	2	2

	7.3. Otras funciones gráficas 2-D 7.3.1. Función fplot 7.3.2. Función fill para polígonos 7.4. Entrada de puntos con el ratón 7.5. Preparación de películas: función movie		
8	Gráficos tridimensionales 8.1. Tipos de funciones gráficas tridimensionales 8.1.1. Dibujo de líneas: función plot3 8.1.2. Dibujo de mallados: Funciones meshgrid, mesh y surf 8.1.3. Dibujo de líneas de contorno: funciones contour y contour3 8.2. Utilización del color en gráficos 3-D 8.2.1. Mapas de colores 8.2.2. Imágenes y gráficos en pseudocolor. Función caxis 8.2.3. Dibujo de superficies faceteadas 8.2.4. Otras formas de las funciones mesh y surf 8.2.5. Formas paramétricas de las funciones mesh, surf y pcolor 8.2.6. Otras funciones gráficas 3D 8.2.7. Elementos generales: ejes, puntos de vista, líneas ocultas, etc.	2	2
9	Generalidades e introducción a Fortran 90 9.1. Breve historia 9.2. Flujo de trabajo de la programación en FORTRAN 9.3. Instalación de las herramientas de software esenciales para desarrollar programas en FORTRAN 90 9.4. Sintaxis general en FORTRAN 90: palabras reservadas, identificadores y formato del código 9.5. Uso de herramientas de software: compilación, ejecución y depuración de programas desarrollados en FORTRAN 90	2	2
10	Elementos básicos de Fortran 90 10.1. Definición de variables: tipos, rangos, expresiones lógicas y aritméticas 10.2. Lista de E/S dirigida: sentencias read y print 10.3. Estructuras de control, sentencias: if, select case, ciclos, etc. 10.4. Mecanismos generales de E/S dirigida: manejo de archivos y formato 10.5. Funciones intrínsecas: de conversión, real(); trigonométricas, cos(); matemáticas básicas, exp(); etc. 10.6. Arreglos: creación, almacenamiento, lectura-escritura 10.7. Uso de procedimientos en FORTRAN (funciones y subrutinas)	5	5
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)

Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			

Bibliografía básica
- Chivers, I. and Sleightholme, J., 2015, Introduction to Programming with Fortran (With Coverage of Fortran 90, 95, 2003, 2008 and 77). Springer Publishers.
Bibliografía complementaria
Trauth, M.H. 2021. Matlab® recipes for Earth Sciences. Springer Publishers, Berlin, Germany.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Introducción al modelado de yacimientos geotérmicos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos geotérmicos Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender las herramientas físico matemáticas necesarias para generar una representación espacial de los reservorios geotérmicos, así como simular el transporte de agua, vapor, gas no condensable y calor en medios porosos y fracturados.

Objetivos particulares:

- Comprender el proceso de modelado en sus etapas conceptual, matemática y computacional
- Comprender los principios usados en la descripción físico-matemática del transporte de energía en medios porosos y fracturados
- Entender las herramientas de cómputo disponibles para implementar un modelo computacional de yacimiento geotérmico

- Familiarizarse con el uso del software TOUGH

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Conceptos de sistemas geotérmicos	3	0
	1.1 Sistemas conductivos. 1.2 Sistemas convectivos líquido dominante 1.3 Sistemas convectivos vapor dominante 1.4 Cambios durante la explotación		
2	Modelos simples cuantitativos	2	1
	2.1 Simplificaciones y conceptos de almacenamiento 2.2 Modelos de presión transitoria 2.3 Fluido disponible 2.4 Energía disponible		
3	Registros de pozos	2	1
	3.1 Objetivos de un programa de pruebas de pozos 3.2 Modelos de pozos 3.3 Instrumentos presión-temperatura 3.4 Medición de flujo volumétrico en fondo de pozo 3.5 Fuentes de error		
4	Interpretación de registros de pozos	2	1
	4.1 Perfiles de pozos básicos 4.2 Casos especiales		
5	Cuantificación de parámetros del yacimiento	2	1
	5.1 Pruebas de inyectividad 5.2 Pozos de permeabilidad baja y alta 5.3 Producción estimada		
6	Modelado conceptual de yacimientos	5	1
	6.1 Definición de objetivos 6.2 Definición de topografía y zonas de descarga 6.3 Definición de la geología 6.4 El yacimiento y sus fronteras 6.5 Direcciones de flujo 6.6 Balance de agua 6.7 Descripción del modelo 6.8 Modelado conceptual del yacimiento geotérmico de Cerro Prieto, Baja California		
7	Etapas del modelado	2	1
	7.1 Modelo conceptual 7.2 Modelado de estado natural 7.3 Ajuste histórico de producción 7.4 Escenarios futuros		
8	Introducción al modelado computacional de sistemas geotérmicos	2	1
	8.1 Ecuaciones de gobierno 8.2 Ley de Darcy y potencial hidráulico		

	8.3 Ecuación de momento		
9	Métodos de solución de ecuaciones	8	1
	9.1 Volumen finito		
	9.2 TOUGH2		
	9.3 Datos de entrada		
10	Casos de estudio	4	24
	10.1 Desarrollo del modelo conceptual de un campo geotérmico		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Berkowitz, B. (2002). Characterizing Flow and Transport in Fractured Geological Media: A review. <i>Advances in Water Resources</i> 25, 861–884. - Grant, M. A., Bixley, P. F. (2011). <i>Geothermal Reservoir Engineering</i>. (2 ed.). Editorial Elsevier. - Horne, R. N. (1995). <i>Modern well test analysis: a Computer-aided Approach</i>. (2 ed.). Editorial Petro Way. - Ingebritsen, S. E., Geiger, S., Hurwitz, S. & Driesner, T. (2010). Numerical Simulation of Magmatic Hydrothermal Systems. <i>Reviews of Geophysics</i> 48, RG1002. - Pruess, K. (1991). <i>Tough2 – a General-Purpose Numerical Simulator for Multiphase Fluid and Heat Flow</i>, Earth Science Division. Editorial Lawrence Berkeley Laboratory. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Bear, J. (1979). <i>Hydraulics of Groundwater</i>. Editorial McGraw-Hill. - Brassington, F. C. & Younger, P. L. (2009). A Proposed Framework for Hydrogeological Conceptual Modelling - <i>Water and Environment Journal</i> 24, 261–273. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Karstología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Geomorfología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Caracterizar los procesos kársticos y sus productos con énfasis en el comportamiento hidrogeológico de los acuíferos kársticos.

Objetivos particulares:

- Realizar la reconstrucción espeleogenética de las diferentes formas kársticas y pseudokársticas mediante el estudio geológico y karstológico.
- Evaluar el impacto antrópico en zonas kársticas a través del uso de herramientas geológicas.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas

1	Introducción	1	1
	1.1 Generalidades de los procesos kársticos. 1.2 Ambientes diagenéticos. 1.3 Rocas susceptibles a la karstificación.		
2	Los medios rocosos en la formación del karst	2	2
	2.1 Rocas carbonatadas. 2.2 Facies de depósitos y facies diagenéticas. 2.3 Rocas evaporíticas. 2.4 Cuarzitas y rocas silíceas. 2.5 Propiedades estructurales: pliegues, fracturas y estratificación.		
3	Epikarst	3	3
	3.1 Procesos de formación y evolución del epikarst. 3.2 El epikarst como medio de carga de CO ₂ . 3.3 Suelos sobre zonas kársticas.		
4	Exokarst	4	4
	4.1 Procesos de formación del exokarst. 4.2 Identificación y caracterización de las formas superficiales. 4.3 Génesis y funcionamiento del karren. 4.4 Sedimentación en las formas superficiales.		
5	Endokarst	4	4
	5.1 Procesos de formación del endokarst. 5.2 Porosidad primaria y secundaria. 5.3 Procesos de presión-disolución y aumento de la permeabilidad. 5.4 Mecanismos espeleogenéticos. 5.5 Génesis y clasificación de conductos y galerías. 5.6 Formas de disolución. 5.7 Formas pavimentarias. 5.8 Espeleogénesis epigenética. 5.9 Espeleogénesis hipogenética. 5.10 Estilos de karst.		
6	Pseudokarst	4	4
	6.1 Mecanismos de formación. 6.2 Sufusión y formas asociadas. 6.3 Tubos de lava. 6.4 Cavidades en rocas cuarcíticas. 6.5. Clasificación de las formas pseudokársticas.		
7	Hidrogeología Kárstica	4	4
	7.1 El movimiento de los fluidos en un medio kárstico. 7.2 Propiedades de los acuíferos kársticos. 7.3 Desarrollo de la zona vadosa. 7.4 Desarrollo de la zona freática. 7.5 Zona de mezcla. 7.6 Clasificación de los acuíferos kársticos. 7.7 Contaminación de los acuíferos kársticos.		
8	El karst como registro del pasado	4	4
	8.1 Sedimentación y conservación en las formas kársticas.		

	8.2 Registro paleoclimático y paleomagnético. 8.3 Introducción a los métodos de datación de los sedimentos y espeleotemas. 8.4 Paleokarst.		
9	Biología de los sistemas kársticos		
	9.1 Organismos troglobios. 9.2 Bacterias y microbios, su papel en la formación de espeleotemas. 9.3 Riesgos biológicos asociados al estudio de las cavidades: histoplasmosis y rabia.	2	2
10	Casos de estudios		
	10.1 Estudios del karst aplicados a la ingeniería geológica y riesgo geológico. 10.2 Estudios del karst aplicados a la hidrogeología. 10.3 Impacto humano en los sistemas kársticos.	4	4
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Ford, D. and William, P., 2007. Karst hydrology and geomorphology. Wiley and Sons. 526pp. - Fairchild, I. J. and Baker, A., 2012. Speleothem Science: From Process to Past Environments. Wiley-Blackwell. 450 pp. - Gunn, John, 2005. Encyclopedia of caves and karst science / edited by John Gunn. New York: Fitzroy Dearborn. - Russell, S. Harmon, C. M., Wicks, D. C. Ford, W. B. W.(Eds), 2006. Perspectives on Karst Geomorphology, Hydrology, and Geochemistry: A Tribute Volume to Derek C. Ford. Geological Society of America Special paper 404. 366 pp.
Bibliografía complementaria
Durante el curso se orientarán diversas lecturas sobre cada área en particular

- Gilli, E., 2015, Karstology: Karsts, Caves and Springs: Elements of Fundamental and Applied Karstology. CRC Press, 256 p
- Knez, M., et. al., 2020, Karstology in the Classical Karst. Springer Nature, 222 p.
- Milanović, P., 2018, Engineering Karstology of Dams and Reservoirs. CRC Press, 368 p.

Revistas electrónicas:

- Boletín de la Sociaedad Geológica Mexicana.
- Revista Mexicana de Ciencias Geológicas
- Geosciences Journal.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Magnetismo ambiental

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geomagnetismo y Paleomagnetismo Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad:	Curso	Tipo:	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender las aplicaciones del Magnetismo Ambiental en diversos ambientes sedimentarios, y su utilidad en la reconstrucción de cambios ambientales y climáticos, con énfasis en el Cuaternario, así como su utilidad en el análisis de ambientes modernos.

Objetivos particulares:

- Comprender los principios de mineralogía magnética
- Entender las principales técnicas de laboratorio
- Comprender el principio de la variación del campo magnético
- Entender las aplicaciones del magnetismo ambiental para la reconstrucción paleoclimática

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas.
1	Mineralogía Magnética	8	0
	1.1 Unidades magnéticas 1.2 Magnetita, Hematita, Maghemita y Oxihdróxidos 1.3 Diamagnetismo, Paramagnetismo y Ferromagnetismo, Susceptibilidad Magnética, Histéresis 14. Magnética.		
2	Mediciones y técnicas de laboratorio	8	0
	2.1 Mediciones de parámetros magnéticos, Mediciones de susceptibilidad en campos débiles, 2.2 Magnetización Remanente Natural, Secuencias Loess/Paleosuelos, Depósitos lacustres, 2.3 Sedimentos Marinos, Suelos y polvos urbanos. 2.4 Adquisición de IRM y ARM, Otros Parámetros Magnéticos		
3	Variación de Campo Magnético Terrestre	8	0
	3.1 Características temporales de campo magnético terrestre. 3.2 Variación Secular. 3.3 Paleointensidad absoluta y relativa. 3.4 Fluctuaciones de la intensidad geomagnética absoluta.		
4	Magnetoestratigrafía	8	0
	4.1 Escala de polaridades magnéticas de referencia. 4.2 Escala de inestabilidades geomagnéticas. 4.3 Excursiones e inversiones geomagnéticas 4.4 Correlación magnetoestratigráfica de alta resolución.		
5	Paleosuelos y depósitos eólicos	8	0
	5.1 Introducción 5.2 Propiedades magnéticas de suelos 5.3 Orígenes del incremento de susceptibilidad 5.4 Secuencias loess-paleosuelos - Significado climático - Reconstrucción de paleoprecipitaciones		
6	Sedimentos lacustres	8	0
	6.1 Introducción 6.2 Origen de los minerales magnéticos en sedimentos lacustres 6.3 Correlaciones estratigráficas y tasas de acumulación 6.4 Fuente de sedimentos, erosión y uso del suelo 6.5 Cambios climáticos y magnetismo de sedimentos lacustres 6.6 Interpretaciones multiproxy		
7	Sedimentos marinos	8	0
	7.1 Introducción 7.2 Origen de minerales magnéticos en sedimentos marinos		

	7.3 Paleoclimas y mineralogía magnética en sedimentos de aguas profundas 7.4 El caso del Mediterráneo		
8	Consideraciones sobre el uso de "proxies" magnéticos	8	0
	8.1 Limitaciones y ventajas		
	Subtotales	64	0
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en el tema del curso.			
Publicaciones recientes sobre el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Dunlop, D. and O. Ozdemir, Rock-Magnetism, Fundamentals and Frontiers, Cambridge University Press, 573pp. 1997. - Evans, M. and Heller, F. 2003. Environmental Magnetism: Principles and Application of Environmagnetics. USA. Academic Press, Elsevier Science. - Maher, B.A. and R. Thompson. 1999. Quaternary Climates, Environments and Magnetism, Cambridge University Press, 390 pp. - Thompson, R. and F. Oldfield. Environmental Magnetism, Allen & Unwin, 227 pp. 1986. - Lisa Tauxe, Essentials of Paleomagnetism: Fifth Web Edition, https://earthref.org/MagIC/books/Tauxe/Essentials/
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Bradley, R.S. 1999. Paleoclimatology. 2nd. Ed. International Geophysics Series Vol. 64. Academic Press, 613 pp. - Cronin, T.H. 2009. Paleoclimates: understanding climate change past and present. Columbia University Press. 441 pp. - Ruddiman, W.F. 2014. Earth's Climate: Past and Future. 3rd Ed. W.H. Freeman and Co. England. 445 pp.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Magnetohidrodinámica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias espaciales Ciencias planetarias Peligros y riesgos del espacio exterior	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Física de Plasmas	

Objetivo general:

- Adquirir las herramientas físico-matemáticas para analizar y comprender el comportamiento de los fluidos ionizados en presencia de campos electromagnéticos y sus interacciones con diferentes medios y aplicará estos conocimientos a la solución de problemas en el sistema solar.

Objetivos particulares:

- Identificar las características de un fluido magnetohidrodinámico.
- Establecer los conceptos fundamentales de la Magnetohidrodinámica desde el punto de vista físico-matemático.
- Aplicar los conceptos fundamentales de la MHD en diferentes ámbitos espaciales.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas Semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Teoría electromagnética	3	3
	1.1 Introducción. 1.2 Ecuaciones de Maxwell. 1.3 Fuerza de Lorentz. 1.4 Ley de Ohm. 1.5 Ecuación de inducción. 1.6 Teorema de Poynting.		
2	Ecuaciones de la Hidrodinámica	4	4
	2.1 Introducción. 2.2 Representación lagrangiana y euleriana de un flujo. 2.3 Ecuación de conservación de masa. 2.4 Ecuación de conservación de momento. 2.5 Ecuación de Navier-Stokes 2.6 Ley de gas ideal. 2.7 Ecuación de conservación de energía.		
3	Introducción a la Magnetohidrodinámica (MHD)	4	4
	3.1 Introducción. 3.2 Suposiciones MHD. 3.3 Simplificación de las ecuaciones MHD. 3.4 Límites conductivo y difusivo de la ecuación de inducción. 3.5 Teorema de Alfvén. 3.6 Números magnéticos y la beta del plasma.		
4	Ecuaciones fundamentales de la MHD	3	3
	4.1 Introducción 4.2 Ecuación de conservación de masa. 4.3 Ecuación de conservación de momento. 4.4 Ecuación de conservación de energía.		
5	Magnetohidrodinámica solar	4	4
	5.1 Teorema de Taylor-Proudman. 5.2 Teorema del Virial. 5.3 Definición y propiedades de los tubos de flujo. 5.4 Tubos de flujo en la atmósfera solar. 5.5 Procesos de formación y propiedades de las hojas de corriente. 5.6 Campos magnéticos libres de fuerza. 5.7 Campos magnéticos libres de corriente. 5.8 Campos magnetohidrostáticos. 5.9 El viento solar y el campo magnético interplanetario.		
6	Ondas MHD	4	4
	6.1 Conceptos básicos 6.2 Modos fundamentales 6.3 Ondas de sonido 6.4 Ondas de Alfvén 6.5 Ondas inerciales 6.6 Ondas magnetoacústicas 6.7 Ondas gravitoacústicas		

	6.8 Ondas en el Sol.		
7	Ondas de choque MHD		
	7.1 Conceptos básicos 7.2 Choques hidrodinámicos 7.3 Choques magnetohidrodinámicos 7.4 Choques MHD perpendiculares 7.5 Choques MHD oblicuos	3	3
8	Introducción a la reconexión magnética		
	8.1 Introducción 8.2 Conceptos básicos 8.3 Reconexión en dos dimensiones (2D) 8.4 Reconexión en tres dimensiones (3D)	3	3
9	Teoría del dínamo		
	9.1 Introducción 9.2 Teorema de Cowling 9.3 Dínamo cinemático 9.4 Dínamos MHD	4	4
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Priest, E. R., Magnetohydrodynamics of the Sun (Cambridge University Press), 2014. ISBN: 9780521854719. - Parks, G. K., Physics of Space Plasmas: An Introduction, Second Edition 2nd Edition, Westview Press; 2 edition, 2003, ISBN-13: 978-0813341293, ISBN-10: 0813341299. - Goosens, M., An Introduction to Plasma Astrophysics and Magnetohydrodynamics, Astrophysics and Space Science Library, Vol. 294, Springer Netherlands, 2003. - Chen, F., Introduction to space plasmas and controlled fusion, 2nd ed. Vol. 1: Plasma Physics, Springer International Publishing Switzerland 2016, DOI: 10.1007/978-2-319-22309-4. - Birn, J. & Priest, E.R., Reconnection of magnetic fields. EUA: Cambridge University Press, 2007. - Nicole Mayer-Vernett, Basics of the Solar Wind, Cambridge University Press, 2007.

<ul style="list-style-type: none">- Markus J. Aschwanden, Physics of the Solar Corona, Springer, 2005.- Boyd, T. J. M. and Sanderson, J. J., The Physics of Plasmas, T. J. M. Boyd and J. J. Sanderson, Cambridge University Press, 2005.
--

Bibliografia complementaria

<ul style="list-style-type: none">- Gregory D. Fleishman & Igor N. Topygin, Cosmic Electrodynamics, Springer, 2013.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Matemáticas de la física

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campos de conocimiento y áreas de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Ecuaciones diferenciales parciales aplicadas a Ciencias de la Tierra	

Objetivo general:

- Comprender los métodos analíticos para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales, así como sus aplicaciones.

Objetivos particulares:

- Comprender la solución en serie de Fourier y por transformadas integrales de las ecuaciones clásicas de la Física-Matemática en coordenadas cartesianas (ecuación de Laplace, ecuación de calor y ecuación de onda).

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	<p>Métodos de solución para ecuaciones diferenciales ordinarias lineales y no-lineales</p> <p>1.1 Conceptos y definiciones fundamentales. 1.2 Teorema de existencia y unicidad para el problema de Cauchy. 1.3 Ecuaciones de primer orden: ecuación lineal, ecuaciones separables, ecuaciones homogéneas, ecuación de Bernoulli, ecuación de Riccati, ecuaciones exactas y factores integrantes, ecuación de Clairaut, ecuación de Lagrange. 1.4 Ecuaciones de segundo orden: métodos de reducción, solución general de la ecuación lineal, método de variación de parámetros, ecuaciones lineales con coeficientes constantes, ecuación de Euler, problemas con valores a la frontera. 1.5 Ecuaciones lineales de orden n. 1.6 Transformada de Laplace: definición, propiedades fundamentales, teorema de la convolución, solución de ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes. 1.7 Aplicaciones diversas: crecimiento de poblaciones, enfriamiento, mezclas, reacciones químicas, vibraciones amortiguadas y forzadas, etc.</p>	14	0
2	<p>Sistemas de ecuaciones diferenciales y estabilidad</p> <p>2.1 Conceptos y definiciones fundamentales. 2.2 Solución general del sistema lineal de ecuaciones diferenciales de primer orden y método de variación de parámetros. 2.3 Solución del sistema diferencial lineal de primer orden con coeficientes constantes: método de valores y vectores propios, método de la transformada de Laplace. 2.4 Ejemplos de sistemas diferenciales no-lineales y visualización de trayectorias en el espacio fase: sistema depredador-presa, ecuaciones de van der Pol, ecuaciones de Lorenz, reactividad no-lineal (formación de ozono en la troposfera). 2.5 Definición de estabilidad según Lyapunov. 2.6 Estabilidad de sistemas autónomos lineales y no-lineales: clasificación de puntos de equilibrio. 2.7 Segundo método de Lyapunov</p>	14	0
3	<p>Cálculo variacional (ecuaciones de Euler-Lagrange)</p> <p>3.1 Definición de funcional: ejemplos en problemas de geometría, mecánica y control. 3.2 Definición del problema fundamental del cálculo variacional: extremos de funcionales. 3.3 Definición de la primera variación de un funcional. 3.4 Condiciones necesarias de extremo: teorema general y ecuaciones de Euler-Lagrange.</p>	10	0

	3.5 Ejemplos del cálculo de extremos en problemas de geometría, mecánica y control.		
4	Series de Fourier		
	4.1 Definición de serie de Fourier. 4.2 Teorema de convergencia de la serie de Fourier. 4.3 Fenómeno de Gibbs. 4.4 Series de Fourier en senos y cosenos. 4.5 Integración y diferenciación de series de Fourier. 4.6 Desigualdad de Bessel, teorema de Parseval y lema de Riemann. 4.7 Serie de Fourier compleja y el espectro de frecuencias.	10	0
5	Solución en serie de Fourier y por transformadas integrales de la ecuación de Laplace, la ecuación de calor y la ecuación de onda		
	5.1 Transformada de Fourier: definición, propiedades fundamentales, teorema de la convolución. 5.2 Método de separación de variables para resolver ecuaciones diferenciales parciales lineales (método de Fourier). 5.3 Ecuación de calor: deducción, solución por el método de Fourier en dominios rectangulares, solución a través de transformadas integrales. Solución de la ecuación de difusión-reacción y de transporte de contaminantes. 5.4 Ecuación de Laplace: deducción, solución por el método de Fourier en dominios rectangulares, solución a través de transformadas integrales. Solución de la ecuación de Poisson. 5.5 Ecuación de onda: deducción, solución por el método de Fourier en dominios rectangulares, fórmula de D'Alembert, vibraciones amortiguadas y forzadas, solución a través de transformadas integrales.	16	0
	Subtotales	64	0
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			

Bibliografía básica

- Godunov, S. K., Ecuaciones de la física matemática, MIR (1984).
- O'Neil, P. V., Advanced engineering mathematics, Wadsworth, Inc. (2012).
- Tijonov, A. N. y A. A. Samarsky, Ecuaciones de la física matemática, MIR (1983).

Bibliografía complementaria

- Adkins, W. A. and M. G. Davidson, Ordinary differential equations. Springer (2012).
- Asmar, N. H., Partial differential equations with Fourier series and boundary value problems. Dover Publications (2016).
- Boyce, W. E. y R. C. DiPrima, Ecuaciones diferenciales y problemas con valores a la frontera, Limusa-Wiley (2000).
- Brauer, F. and J. A. Nohel, The qualitative theory of ordinary differential equations, Dover (1989).
- Braun, M., Differential equations and their applications, Springer (1983).
- Broman, A., Introduction to partial differential equations: From Fourier series to boundary-value problems, Dover (1989).
- Coddington, E. A., An introduction to ordinary differential equations. Dover (1989).
- Elsgoltz, L., Ecuaciones diferenciales y cálculo variacional. MIR (1983).
- Gelfand I.M. and S.V. Fomin, Calculus of Variations. Dover Publications Inc., NY (2000).
- Greenspan, D., Introduction to partial differential equations. Dover (2000).
- Kamen, E. W. and B. S. Heck, Fundamentals of signals and systems, Pearson Education, Inc. (2007).
- Kielhöfer, H., Calculus of variations: an introduction to the one-dimensional theory with examples and exercises. Springer (2018).
- MacCluer, C. R., Boundary value problems and Fourier expansions, Dover (2004).
- Schaeffer, D. G. and J. W. Cain, Ordinary differential equations: basics and beyond. Springer (2016).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Materia orgánica del suelo y sus funciones en el medio ambiente

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias del suelo Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Comprender las reacciones de regulación que desarrolla la materia orgánica en las funciones del suelo y del medioambiente: seguridad alimentaria, seguridad del agua las interacciones de regulación que ejerce la fase sólida del suelo con sus fases líquida y gaseosa.

Objetivos particulares:

Comprender:

- La participación de la materia orgánica en la estabilización de los agregados y la estructura del suelo.
- Los procesos bioquímicos del medio edáfico para la conservación y rehabilitación del suelo ante los retos del cambio climático, su capacidad de regulación de los gases de efecto de invernadero, polución y contaminación, y como hábitat de la biodiversidad.

- Las estrategias para la recarbonización en México.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas.	Prácticas
1	Introducción	10	10
	1.1 Ciclo del carbono 1.2 Mineralización-humificación 1.3 Reactividad de las sustancias húmicas en los ecosistemas		
2	2.1 Carbono orgánico, sustancias húmicas y nutrición	10	10
	2.1.1 Introducción a los ciclos biogeoquímicos - Nutrientes asociados a las sustancias húmicas. N, P y S totales en suelos		
	2.1.2 Fraccionamiento de las formas de carbono orgánico en suelos y agua		
	2.1.3 Estabilidad y almacenes de carbono en los ecosistemas		
	2.1.4 C orgánico mineralizable, nitrógeno mineralizable y su dinámica		
	2.1.5 Cantidad y distribución de los compuestos nitrogenados y edafodiversidad		
	2.1.6 Adsorción de nutrientes por los complejos organominerales		
	2.1.7 Sustancias húmicas acuáticas		
	2.2 Enmiendas orgánicas		
	2.2.1 Compostaje, vermicompostaje		
3	2.2.2 Abonos verdes, biochar, digestatos y black carbon		
	2.2.3 Lodos residuales		
	2.2.4 Recarbonización		
	3 Materia orgánica y los objetivos del desarrollo sostenible	12	12
	3.1 Niveles críticos de la materia orgánica del suelo.		
	3.1.1 Propiedades e indicadores		
	3.1.2 Sostenibilidad de la materia orgánica del suelo, manejo en agroecosistemas		
	3.1.3 El papel de la calidad de los residuos orgánicos en el secuestro de C y en la reserva de N		
	3.1.4 El papel de la materia orgánica del suelo y de las enmiendas orgánicas en la sostenibilidad de los ciclos de los nutrimentos biógenos		
	3.1.5 Contribución de los agregados del suelo al secuestro de carbono y a los flujos fase sólida-líquida		
3.1.6 Manejo sostenible de la materia orgánica y biodiversidad en suelos			
3.2 Sorción y biodegradación de contaminantes orgánicos en suelos			
3.3 Las sustancias húmicas y el cambio climático global			
Subtotales		32	32
Totales		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Ghabbour, EA y Davies, G. (eds) 2005. Humic substances. Molecular details and applications in land and water conservation. Taylor and Francis Books, Inc. UK. 268 p. - FAO, 2019. La contaminación del suelo. Una realidad oculta. Roma, It. - FAO. 2020. A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV Protocol. Rome. https://doi.org/10.4060/cb0509en - Haider, K y Schäffer, A. 2009. Soil Biochemistry. CRC Press, USA. - Hartemink, EA y McSweeney K. (eds.) 2014. Soil carbon. Springer, IUSS, USA. - Lal, R, Cerri, CC, Bernoux, M, Etchevers, J y Cerri, E (eds). 2006. Carbon sequestration in soils of Latin America, Food Products Press, NY, 554 p. - Lal, R, Lorenz, K, Hüttl, RF, Schneider, BU y von Braun, J (eds). 2013. Ecosystem services and carbon sequestration in the biosphere. IASS Postdam, Springer, London, 464 p. - Lorenz, K. & Lal, R., eds. 2018. Carbon Sequestration in Agricultural Ecosystems. Springer International Publishing. 	
Videos: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=2xgl<sup>8</sup>dLMsII">https://www.youtube.com/watch?v=2xgl⁸dLMsII https://www.youtube.com/watch?v=CR3FaKyKzWA	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Berg, B y Laskowski, R. 2006. Litter decomposition: a guide to carbon and nutrient turnover. Elsevier, Amsterdam. 421 p. - Brevik EC y Burgess LC. (eds.) 2013. Soils and human health. CRC Press, USA. - Clapp, CE, Hayes, MHB, Senesi, N, Bloom, PR y Jardine, PM (eds) 2001. Humic substances and chemical contaminants. SSSA, WI, USA. - Hessen, DO, Tranvik, LJ. (eds) 1998. Aquatic Humic Substances. Ecology and Biogeochemistry. Ecological Studies 133, Springer, Berlin, 346 p. - Lal, R. y Stewart, B.A. 2021. Urban soils. CRC Press. - Pinton, R, Varanini, Z y Nannipieri, P. (eds) 2001. The rhizosphere. Biochemistry and organic substances at the soil plant interface. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. - Tabatabai, MA y Sparks, DL. (eds) 2005. Chemical processes in soils. No. 8 SSSA Book Series. SSSA, Inc, Madison WI, USA. 	

- Violante, A, Huang, PM, Bollag, J-M y Gianfreda (eds) 2001. Soil mineral-organic matter-microorganism interactions and ecosystem health. Developments in Soil Sci 28A, Elsevier, The Netherlands.
- Weaver, RW, Angle, S, Bottomley, P, Bezdicek, D, Smith, S, Tabatabai, A y Wollum, A. (eds.). 1994. Methods of Soil Analysis: Microbial and Biochemical Properties. No 5. in the SSSA Book Series, Publ. SSSA, 1121 p.

Algunas revistas de consulta:

- Soil Biology and Biochemistry
- Biogeochemistry
- BioCycle
- Catena
- Compost Science & Utilization
- European Journal of Soil Science
- Geoderma
- Plant and Soil
- Soil Science and Plant Nutrition
- Soil Science
- Soil Science Society of America Journal
- Spanish Journal of Soil Science
- Water, Air and Soil Pollution
- Wetlands



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Mecánica del medio continuo

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Reología de materiales geológicos	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Plantear y estudiar los elementos de la mecánica del continuo.

Objetivos particulares:

- Estudiar los elementos Deformación y Movimiento;
- Comprender los principios de conservación y balance;
- Entender la constitutividad de materiales.
- Realizar aplicaciones a sistemas de ciencias de la Tierra.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre
--------	------------------	----------------

		Teóricas	Prácticas.
1	Introducción	2	0
2	Preliminares Matemáticos:	4	0
3	Cinemática	4	0
	3.1 Deformación 3.2 Movimiento		
4	Masa y Momentum	4	0
	4.1 Principio de conservación de masa 4.2 Momentum lineal y angular		
5	Fuerza	4	0
	5.1 Fuerza, esfuerzo 5.2 Principios de Balance de momentum lineal y angular		
6	Constitutividad de Materiales	8	0
	6.1 Teoría constitutiva		
	6.2 Fluidos no viscosos 6.3 Fluidos elásticos		
7	Fluidos Newtonianos	8	0
	7.1 Modelo de Navier-Stokes 7.2 Modelo de Stokes		
8	Elasticidad Finita	8	0
	8.1 El esfuerzo de Piola-Kirchhoff 8.2 Materiales hiperelásticos		
9	Elasticidad Lineal	22	0
	9.1 Modelo de difusión mixto con control distribuido		
	9.2 Modelo de difusión no lineal con restricciones internas		
	9.3 Flujo incompresible de Darcy en medios porosos		
	9.4 Transporte de contaminantes en flujos en el subsuelo		
	9.5 Modelo evolutivo mixto dual de flujo compresible de Darcy		
	9.6 Flujos bifásicos composicional en el subsuelo		
	9.7 Flujos multifásicos composicional en el subsuelo		
	9.8 Problemas cuasiestáticos evolutivos elastoviscoplasticos		
	9.9 Problema de Signorini de contacto unilateral entre sólidos elásticos		
	9.10 Modelos de propagación de ondas y elastodinámica		
	9.11 Modelos de la atmósfera		
	9.12 Ecuaciones primitivas del océano		
9.13 Problemas de magnetohidrodinámica			
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()

Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			

Bibliografía básica
- Gurtin, M.E., An introduction to Continuum Mechanics, Academic Press, San Diego, 1981.
Bibliografía complementaria
- Temam, R., Miranville, A., Mathematical Modeling in Continuum Mechanics, Cambridge University Press, Cambridge, 2000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Mecánica de Sólidos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Sismología Deformación de la litósfera Reología de materiales geológicos Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación)	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X) Reología	Ninguna ()

Objetivo general:

- Comprender los conceptos de esfuerzo, deformación, elasticidad, plasticidad, fragilidad, fricción, flujo, viscosidad y con las relaciones entre éstos.
- Aplicar los conceptos en problemas específicos de las Ciencias de la Tierra, en diferentes escalas.
- Entender los métodos más modernos de medición de esfuerzos y deformación en laboratorio y en el campo.

<ul style="list-style-type: none"> - Comprender las herramientas numéricas (elemento finito), experimentales (modelado analógico de la deformación) y de ensayos de laboratorio (mecánica de rocas y suelos, procesos físicos en geomateriales) de utilidad para la solución de problemas de mecánica de sólidos y otras áreas de las Ciencias de la Tierra.
<p>Objetivos particulares:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisar los conceptos básicos de mecánica de sólidos y el comportamiento mecánico de los materiales terrestres - Reforzar y profundizar en los conceptos de esfuerzo y deformación - Conocer las ecuaciones constitutivas que describen el comportamiento mecánico de los materiales terrestres, elasticidad, plasticidad y viscosidad - Realizar experimentos físicos

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	8	0
	1.1 Revisión de los fundamentos de Mecánica: Escalares, vectores y tensores 1.1.1. Estática: Fuerza, Momento de fuerza. Diagramas de cuerpo libre 1.1.2 Principio de homogeneidad dimensional y tensorial 1.2. Ecuaciones constitutivas: Cinemática y Dinámica 1.2.1. Cuerpos rígidos y deformables 1.2.2. Descripción Lagrangiana y Euleriana 1.2.3. Nociones de deformación, cedencia, fatiga y fractura 1.2.4. Comportamiento mecánico de materiales geológicos diversos 1.3 Breve revisión de las aplicaciones de la mecánica de sólidos y reología en Ciencias de la Tierra 1.3.1 Discusión. Comparación entre Mecánica de rocas, suelos, resistencia de materiales, propagación elástica de la onda sísmica, reología		
2	Esfuerzo, deformación y distorsión en sólidos	12	4
	2.1. Ideas Básicas sobre la deformación: definición de componentes de deformación y de distorsión 2.1.1. Componentes de deformación asociados a ejes arbitrarios 2.1.2. Medición de la Deformación: relación entre deformación y desplazamiento en el plano de deformación. Ejemplos en modelos analógicos. 2.1.3. Elipsoide y Círculo de Mohr de deformación 2.1.4. Rosetas de deformación y análisis avanzado de la deformación 2.1.5. El Tensor de deformación 2.2. El tensor de esfuerzos		

	<p>2.2.1. Ecuaciones de equilibrio</p> <p>2.2.2. Fuerzas de cuerpo y de superficie</p> <p>2.2.3. Componentes de esfuerzo asociados a planos de esfuerzo, Fórmula de Cauchy</p> <p>2.2.4. Esfuerzo isotrópico y desviador; ejes principales y esfuerzos principales; la elipsoide de esfuerzos de Lamé</p> <p>2.2.5. Esfuerzos máximos de cizalla y el Círculo de Mohr</p> <p>2.2.6. Presión litostática</p> <p>2.2.7. Medición de Esfuerzo</p> <p>2.3. Esfuerzo y deformación uniaxial</p> <p>2.4. Esfuerzo y deformación planos</p> <p>2.5. Cizalla pura y simple</p>		
3	<p>Relaciones Esfuerzo-Deformación: Elasticidad</p> <hr/> <p>3.1 Introducción ¿El esfuerzo genera deformación o la deformación genera esfuerzo?</p> <p>3.2. Elasticidad, homogeneidad e isotropía</p> <p>3.2.1. Conceptos básicos de Elasticidad</p> <p>3.2.2. Ley de Hooke</p> <p>3.2.3. Módulos Elásticos</p> <p>3.3. Teoremas de Energía Elástica</p> <p>3.3.1. Principios de trabajo, trabajo virtual y energía potencial estacionaria</p> <p>3.3.2. Teorema de Castigliano de resistencia de materiales elásticos</p> <p>3.4. Soluciones al problema de elasticidad</p> <p>3.4.1. Condiciones de frontera, Principio de Saint Venant</p>	10	0
4	<p>Relaciones Esfuerzo-Deformación: Plasticidad, resistencia y fractura</p> <hr/> <p>4.1. El factor tiempo en las pruebas de propiedades mecánicas. Plasticidad</p> <p>4.2. Criterios de cedencia y fractura</p> <p>4.3. Fatiga y fluencia (creep)</p> <p>4.4. Fricción</p> <p>4.5. Criterios empíricos de fallamiento para fractura por cizalla</p> <p>4.6. Teoría de fallamiento de Anderson y modelo de adherencia-deslizamiento (Stick-Slip)</p> <p>4.7. La influencia de la presión de poro</p>	6	6
5	<p>Relaciones Esfuerzo-Deformación: Plasticidad y viscosidad</p> <hr/> <p>5.1. Flujo, Tasa de deformación y viscosidad</p> <p>5.1.1. Viscoelasticidad</p> <p>5.1.2. Tensor de tasa de deformación</p> <p>5.1.3. Ecuaciones constitutivas para la viscosidad newtoniana</p> <p>5.1.4. Ecuación de conservación de Navier-Stokes</p>	6	6

	5.1.5. Viscosidad no newtoniana y Power-Law creep		
6	Métodos y aplicaciones de la Mecánica de Sólidos en Ciencias de la Tierra		
	6.1. Métodos Computacionales: Introducción al Método del Elemento Finito, Introducción a los Modelos de Automatas Celulares y otros modelos	6	0
	6.2. Métodos experimentales		
	6.2.1. Modelado Analógico de la deformación		
	6.2.2. Mecánica de medios granulares (suelos)		
	6.2.3. Mecánica de rocas (triaxial)		
	Subtotales	48	16
	Total		64

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Aydan, O. 2016. Time-Dependency in Rock Mechanics and Rock Engineering, 1st Edition - Fossen, H. 2016: Structural geology. 2nd edition. Cambridge University Press, 510 pp. - Jaeger, J.C., Cook, N. G. W., Zimmerman, R. 2007. Fundamentals of Rock Mechanics, 4th Edition. Wiley-Blackwell, 488 Pages, ISBN: 978-0-632-05759-7 - Turcotte, D. L. and Schubert, G. 2002. Geodynamics 2nd Edition. Applications
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - First Published eBook, CRC Press, 260 pages. https://doi.org/10.1201/9781315375151 - Davis R.O., and Selvadurai, A.P.S. 1996. Elasticity and Geomechanics. Cambridge University Press. - Hoek, Evert. 2000 (edition 2007). Practical Rock Engineering Rockscience. Notes - Persson, B. N. J. 1998 (edition 2002). Sliding Friction. Physical Principles and Applications. Nano Science and Technology. Springer. - Pollard, D., & Fletcher, R. 2005. Fundamentals of Structural Geology. Cambridge University Press. - Ramberg, Hans. 1981. Gravity, Deformation and the Earth`s crust. Academic Press. - Ranalli, G. 1987. Rheology of the Earth, Deformation and flow processes in geophysics and geodynamics, Allen & Unwin, Boston.

- Scholz, C. H. 2002. The mechanics of earthquakes and faulting. Second Edition. Cambridge University Press, 471 pages, ISBN 0521655404
- Stein Seth & Michael Wysession. 2002. An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure Wiley-Blackwell.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Metalogenia de México

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Ofrecer un panorama general sobre la evolución metalogenética de México, en conjunción con los fenómenos geológicos a gran escala a los cuales se asocia, y en base a modelos genéticos actuales.

Objetivos particulares:

- Caracterizar la evolución metalogenética de México en el contexto de la Cordillera Occidental de Norteamérica.
- Caracterizar los fenómenos geológicos responsables de la evolución metalogenética de México.
- Caracterizar los modelos genéticos a los que la metalogenia de México se puede asociar, así como sus posibles interrelaciones.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	<p>Tipologías de yacimientos minerales presentes en México</p> <p>1.1. Depósitos asociados a magmatismo ultramáfico-máfico 1.2. Sulfuros masivos vulcanogénicos (VMS) 1.3. Pórfidos metalíferos 1.4. Skarns de sulfuros 1.5. Epitermales 1.6. Otros depósitos hidrotermales someros subaéreos 1.7. Clan de los IOCG 1.8. Depósitos hidrotermales de Sn en rocas félsicas ricas en F 1.9. Depósitos hidrotermales de U-Au en rocas félsicas 1.10. Pegmatitas 1.11. Carbonatitas y depósitos asociados 1.12. Oro orogénico 1.13. Greisen 1.14. Skarns de minerales industriales 1.15. Depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) y asociados 1.16. Depósitos asociados a lechos rojos 1.17. Depósitos sedimentario-exhalativos (SEDEX) 1.18. Depósitos submarinos someros a subaéreos, asociados a extensión cortical 1.19. Fosforitas sedimentarias 1.20. Placeres 1.21. Gossan y enriquecimiento supergénico 1.22. Lateritas y bauxitas 1.23. Evaporitas 1.24. Modelos genéticos controversiales</p>	25	0
2	<p>Relaciones entre diversas tipologías.</p> <p>2.1. Asociaciones semi-regionales hasta escala de depósito 2.2. Tipos de sobreimposición de depósitos minerales 2.3. Preconcentraciones o herencia metalogénica 2.4. Temporalidad entre depósitos y los eventos geológicos de los que derivan 2.5. Tipos de zonas de falla favorables a la metalogénesis</p>	14	0
3	<p>Provincias y épocas metalogenéticas de México</p> <p>3.1. Metalogenia del Proterozoico y el Paleozoico. 3.2. El Dominio del Pacífico 3.2.1. Evolución tectonomagmática y orogénica del margen Pacífico 3.2.2. Depósitos del Triásico al Jurásico inferior 3.2.3. Depósitos del Jurásico superior al Cretácico inferior 3.2.4. Depósitos del Cretácico superior al Paleoceno 3.2.5. Magmatismo del Cenozoico 3.2.6. Depósitos del Eoceno 3.2.7. Depósitos del Oligoceno 3.2.8. Depósitos del Mioceno temprano</p>	20	0

	3.2.9. Depósitos del Mioceno tardío al Holoceno 3.2.10. Depósitos del Golfo de California		
	3.3. El Dominio del Golfo de México 3.3.1. Ruptura de Pangea, evolución del Golfo de México, y orogénesis 3.3.2. Estructura de las cuencas sedimentarias marginales epicontinentales 3.3.3. Depósitos minerales asociados a la evolución del Golfo de México		
4	Sumario de la evolución tectonomagmática y metalogenética de México, como parte de la cordillera occidental norteamericana	5	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Experto en alguna de las siguientes líneas de investigación: Yacimientos minerales, Metalogenia.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Camprubí, A., 2009. Major metallogenic provinces and epochs of Mexico. SGA News, v. 25, p. 1-21. - Camprubí, A., 2013. Tectonic and metallogenic history of Mexico. In: Colpron, M., Bissig, T., Rusk, B.G., Thompson, J.F.H., (eds.), Tectonics, metallogeny, and discovery: the North American Cordillera and similar accretionary settings, Society of Economic Geologists Special Publication, v. 17, p. 201-243. - Camprubí, A., 2017. The metallogenic evolution in Mexico during the Mesozoic, and its bearing in the Cordillera of Western North America. Ore Geology Reviews, v. 81 (P3), p. 1193-1214. - Centeno-García, E., 2017. Mesozoic tectono-magmatic evolution of Mexico: An overview. Ore Geology Reviews, v. 81 (P3), p. 1035-1052. - Clark, K.F., Foster, C.T., Damon, P.E., 1982. Cenozoic mineral deposits and subduction-related magmatic arcs in Mexico. Geological Society of America Bulletin, v. 93, p. 533-544. - Clark, K.F., Fitch, D.C., 2009. Evolución de depósitos metálicos en tiempo y espacio en México, in Clark, K.F., Salas-Pizá, G., Cubillas-Estrada, R., eds., Geología

Bibliografía complementaria

YACIMIENTOS MINERALES:

- Camprubí, A., Albinson, T., 2006. Depósitos epitermales en México: actualización de su conocimiento y reclasificación empírica. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 58 (1), p. 27-81.
- Camprubí, A., Albinson, T., 2007. Epithermal deposits in México – an update of current knowledge, and an empirical reclassification. In: Alaniz-Álvarez, S.A., Nieto-Samaniego, A.F. (eds.), Geology of México: Celebrating the Centenary of the Geological Society of México, The Geological Society of America Special Paper, v. 422, p. 377-415.
- Camprubí, A., González-Partida, E., 2017. Mesozoic magmatic-hydrothermal iron oxide deposits (IOCG 'clan') in Mexico. Ore Geology Reviews, v. 81 (P3), p. 1084-1095.
- Camprubí, A., González-Partida, E., Torró, L., Alfonso, P., Miranda-Gasca, M.A., Martini, M., Canet, C., González-Sánchez, F., 2017. Mesozoic volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits in Mexico. Ore Geology Reviews, v. 81 (P3), p. 1066-1083.
- Canet, C., Prol-Ledesma, R.M., 2005. Procesos de mineralización en manantiales hidrotermales submarinos someros, ejemplos en México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 58, p. 83-102.
- Canet, C., Anadón, P., González-Partida, E., Alfonso, P., Rajabi, A., Pérez-Segura, E., Alba-Aldave, L.A., 2014. Paleozoic bedded barite deposits from Sonora (NW Mexico): Evidence for a hydrocarbon seep environment of formation. Ore Geology Reviews, v. 56, p. 292-300.
- González-Sánchez, F., Camprubí, A., González-Partida, E., Puente-Solís, R., Canet, C., Centeno-García, E., Atudorei, V., 2009. Regional stratigraphy and distribution of epigenetic stratabound celestine, fluorite, barite, and Zn-Pb deposits in the MVT province of Northeastern Mexico. Mineralium Deposita, v. 44, p. 343-361.
- González-Sánchez, F., Puente-Solís, R., González-Partida, E., Camprubí, A., 2007. Estratigrafía del Noreste de México y su relación con los yacimientos estratoligados de fluorita, barita, celestina y Zn-Pb. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 59 (1), p. 43-62.
- Izaguirre, A., Camprubí, A., Iriondo, A., 2017. Mesozoic orogenic gold deposits in Mexico. Ore Geology Reviews, v. 81 (P3), p. 1172-1183.
- Izaguirre, A., Iriondo, A., Kunk, M.J., McAleer, R.J., Atkinson, W.W. Jr., Martínez-Torres, L.M., 2017. Tectonic framework for late Cretaceous to Eocene quartz-gold vein mineralization from the Caborca orogenic gold belt in Northwestern Mexico. Economic Geology, v. 112, p. 1509-1529.
- Mortensen, J.K., Hall, B.V., Bissig, T., Friedman, R.M., Danielson, T., Oliver, J., Rhys, D.A., Ross, K.V., Gabites, J.E., 2008. Age and paleotectonic setting of volcanogenic massive sulfide deposits in the Guerrero Terrane of Central Mexico: constraints from U-Pb age and Pb isotope studies. Economic Geology, v. 103, p. 117-140.
- Ortiz-Hernández, L.E., Escamilla-Casas, J.C., Flores-Castro, K., Ramírez-Cardona, M., Acevedo-Sandoval, O., 2005. Características geológicas y potencial metalogenético de los principales complejos ultramáficos-máficos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 58, p. 161-181.
- Valencia-Moreno, M., Camprubí, A., Ochoa-Landín, L., Calmus, T., Mendivil-Quijada, H., 2017. Latest Cretaceous-early Paleogene "boom" of porphyry Cu mineralization associated with the Laramide magmatic arc of Mexico. Ore Geology Reviews, v. 81 (P3), p. 1113-1124.

GEOLOGÍA REGIONAL:

- Carciumaru, D., Ortega, R., 2008, Geologic structure of the northern margin of the Chihuahua trough: Evidence for controlled deformation during Laramide Orogeny. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v.60, p. 43-69.
- Centeno-García, E., Guerrero-Suastegui, M., Talavera-Mendoza, O., 2008. The Guerrero composite terrane of western Mexico: collision and subsequent rifting in a suprasubduction zone. *Geological Society of America Special Paper*, v. 436, p. 279-308.
- Centeno-García, E., Busby, C., Busby, M., Gehrels, G., 2011. Evolution of the Guerrero composite terrane along the Mexican margin, from extensional fringing arc to contractional continental arc. *Geological Society of America Bulletin*, v. 123, p. 1776-1797.
- Ferrari, L., Valencia-Moreno, M., Bryan, S., 2005. Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 57, p. 343-378.
- Fitz-Díaz, E., Lawton, T.F., Juárez-Arriaga, E., Chávez-Cabello, G., 2018. The Cretaceous-Paleogene Mexican orogen: Structure, basin development, magmatism and tectonics. *Earth-Science Reviews*, v. 183, p.
- Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, M.T., Ferrari, L., 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 57, p.
- Gómez-Tuena, A., Mori, L., Straub, S.M., 2018. Geochemical and petrological insights into the tectonic origin of the Transmexican Volcanic Belt. *Earth-Science Reviews*, v. 183, p. 153-181.
- Martini, M., Ortega-Gutiérrez, F., 2018. Tectono-stratigraphic evolution of eastern Mexico during the break-up of Pangea: A review. *Earth-Science Reviews*, v. 183, p. 38-55.
- Morán-Zenteno, D.J., Martiny, B.M., Solari, L., Mori, L., Luna-González, L., González-Torres, E.A., 2018. Cenozoic magmatism of the Sierra Madre del Sur and tectonic truncation of the Pacific margin of southern Mexico. *Earth-Science Reviews*, v. 183, p. 85-114.
- Nieto-Samaniego, A.F., Alaniz-Álvarez, S.A., Camprubí, A., 2005. La Mesa Central de México: estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 57 (3), p. 285-318.
- Ortega-Gutiérrez, F., Elías-Herrera, M., Morán-Zenteno, D.J., Solari, L., Luna-González, L., 2018. The pre-Mesozoic metamorphic basement of Mexico, 1.5 billion years of crustal evolution. *Earth-Science Reviews*, v. 183, p. 2-37.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Meteorítica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias Planetarias Peligros y riesgos del espacio exterior	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Mineralogía, o Geoquímica, o Geoquímica Isotópica
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender la naturaleza de los meteoritos, componentes y significado de los procesos tempranos del sistema solar en donde se formaron. Al término del curso el alumnado tendrá la capacidad de caracterizar los grupos de meteoritos más importantes y la interpretación básica de su petrología.

Objetivos particulares:

- Se revisarán los aspectos básicos de los componentes de los meteoritos
- Se verá la clasificación general de los meteoritos
- Se realizarán prácticas al final de la exposición de cada grupo de meteoritos

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción a la meteorítica	2	2
	1.1 Historia de la meteorítica 1.2 Minerales en meteoritos 1.3 Clasificación general de meteoritos		
2	Meteoritos sin diferenciar: Condritas y acondritas primitivas	10	10
	2.1 Condritas 2.2 Componentes de condritas y significado genético 2.2.1 Clases de condritas 2.2.2 Metamorfismo térmico 2.2.3. Metamorfismo por impacto 2.2.4 Intemperismo planetario y terrestre 2.3 Asteroides parentales		
3	Meteoritos parcialmente fundidos: acondritas primitivas	5	5
	3.1 Acondritas primitivas 3.2 Acapulcoitas y lodranitas 3.2.1 Clasificación textural y química 3.3 Asteroides parentales		
4	Meteoritos diferenciados: Acondritas pétreas asteroidales y planetarias	5	5
	4.1 Acondritas asteroidales 4.1.1 Angritas y aubritas 4.1.2 Grupo de Vesta: howarditas, eucritas y diogenitas 4.2 Acondritas pétreas planetarias 4.2.1 Lunares 4.2.2 Marcianas		
5	Meteoritos diferenciados: Acondritas de roca y hierro o metálico pétreas	5	5
	5.1 Pallasitas 5.2 Mesosideritas 5.3 Asteroides parentales		
6	Meteoritos diferenciados: Acondritas de hierro o metálicos	5	5
	6.1 Clasificación textural 6.2 Clasificación química 6.3 Asteroides parentales		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	(x)
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)		

Otras (especificar)	()	Control de lecturas	(x)
		Videos	(x)
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.

Publicaciones en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Elkins-Tanton L. T. y Weiss B. P. (2017). Planetesimals: Early differentiation and consequences for planets: Cambridge University Press, 381 p. ISBN 978-1-107-11848-5
- Grady M., Pratesi G. y Moggi Cecchi V. (2014), Atlas of meteorites: Cambridge University Press, U. K., 373 p.
- Varela M. E. 2015. Meteoritos: restos rocosos del Sistema Solar primitivo. Vázquez Mazzini Editores, Argentina.

Bibliografía complementaria

- Baldro J. y Walter M. (2015). The Early Earth. Accretion and differentiation. American Geophysical Union and John Wiley and Sons, Inc. Geophysical Monograph 212.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Meteorología general

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campos de conocimiento y áreas de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación) Meteorología y oceanografía física Fisicoquímica y composición atmosférica Física de nubes y aerosol atmosférico	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación.

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x) Evaluación de riesgo por contaminantes atmosféricos, o Interacción aerosol-nubes, o Meteorología tropical	Ninguna ()

Objetivo general:

- Aprender los conceptos básicos de meteorología y el análisis meteorológico.

Objetivos particulares:

- Identificar la estructura de la atmósfera, los procesos meteorológicos y sus determinantes.
- Identificar los principales fenómenos meteorológicos que afectan a México.
- Realizar pronósticos meteorológicos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas.
1	Estructura de la atmósfera y sus diferentes escalas	4	0
	1.1. Las capas principales de la atmósfera. 1.2. Estructura del movimiento atmosférico de gran escala.		
2	Radiación solar y terrestre	4	0
	2.1. Radiación solar y terrestre. 2.2. Emisión, absorción y reflexión. 2.3. Balance radiativo en la atmósfera. 2.4. Comportamiento radiativo de gases y aerosoles.		
3	Conceptos básicos del movimiento de la atmósfera	8	0
	3.1. Conceptos de convergencia, divergencia y vorticidad. 3.2. Movimientos verticales de la atmósfera. 3.3. Concepto del geopotencial de la atmósfera y el espesor de una capa atmosférica. 3.4. Curvatura y cizalla. 3.5. Advección de la temperatura.		
4	Ecuaciones gobernantes de la atmósfera	6	0
	4.1. Ecuación de conservación de momento en la atmósfera. 4.2. Ecuación de continuidad en la atmósfera. 4.3. Ecuación de conservación de energía en la atmósfera. 4.4. Ecuación del gas ideal.		
5	Movimientos de escala sinóptica	6	0
	5.1. Aproximación geostrófica. 5.2. Ecuación de tendencia. 5.3. Velocidad vertical. 5.4. Ecuación omega. 5.5. Vorticidad potencial.		
6	Corriente en chorro, ciclones, anticiclones y frentes atmosféricos	6	0
	6.1. Ciclones y anticiclones. 6.2. Ciclogénesis extratropical. 6.3. Tipos de frentes. 6.4. Formación de la corriente en chorro por medio del balance de momento y del viento térmico. 6.5. Relación entre frentes y la corriente de chorro de latitudes medias.		

7	Patrones básicos de ondas en niveles altos		
	7.1. Vaguadas con inclinación positiva. 7.2. Vaguadas con inclinación negativa. 7.3. Flujo zonal. 7.4. Bajas segregadas. 7.5. Patrones de bloqueo (rex y omega).	6	0
8	Estabilidad Atmosférica		
	8.1. Atmósfera estable. 8.2. Atmósfera neutra. 8.3. Atmósfera inestable. 8.4. Atmósfera condicionalmente inestable. 8.5. Gradiente adiabático seco y gradiente adiabático húmedo. 8.6. Definición de CAPE y CIN.	8	0
9	Diagramas termodinámicos		
	9.1. Diagrama Skew-T, Log P. 9.2. Obtención del perfil atmosférico en una estación meteorológica. 9.3. Determinación del viento a diferentes niveles. 9.4. Determinación de humedad relativa, razón de mezcla, nivel de convección libre y nivel de equilibrio.	6	0
10	Fenómenos tropicales y de mesoescala que afectan a México		
	10.1. Monzón de Norteamérica. 10.2. Ciclones tropicales. 10.3. Ondas del este. 10.4. Sistemas convectivos de mesoescala. 10.5. Tornados. 10.6. Interpretación de mapas sinópticos. 10.7. Análisis de fenómenos meteorológicos usando isotermas, isobaras, isoye	6	0
11	Pronóstico meteorológico		
	11.1. Modelos regionales y globales. 11.2. Determinación de las condiciones iniciales para los pronósticos por computadora. 11.3. Predictibilidad de la atmósfera: límites de la predictibilidad de la atmósfera tropical y de latitudes medias. 11.4. Fuentes	4	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Seminarios	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()		

Otras (especificar)	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en la temática del curso			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Kalnay E., 2003. Atmospheric modeling, data assimilation and predictability. Cambridge University Press. - Lackmann G., 2012. Midlatitude Synoptic Meteorology. American Meteorological Society. - Markowski P. and Richardson Y., 2010. Mesoscale Meteorology in Midlatitudes. Wiley & Sons, UK 	
Bibliografía complementaria	
<p>Artículos recientes publicados en revistas especializadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ackerman, S. and Knox, J., 2007, Meteorology: Understanding the Atmosphere. Thomson Brooks/Cole, 502 p. - Holton, J. and Hakim G. J., 2013, An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press, 532 p. - Ahrens, C. D., 2006, Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment: Workbook and Study Guide. Cengage Learning, 230 p. - Ledesma-Jimeno, M., 2011, Principios de meteorología y climatología. Editorial Paraninfo, 531 p. <p>Revistas electrónicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Meteorological Applications. - Meteorology and Atmospheric Physics. - Journal of Meteorological Research. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Meteorología Tropical

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Meteorología y oceanografía física	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)		Meteorología General	
	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Comprender los mecanismos básicos en la dinámica de la atmósfera tropical, considerando aspectos teóricos y observacionales, de forma que se establezca una forma de preparar y aprovechar información meteorológica y climática de regiones como México.

Objetivos particulares:

- Identificar los principios físicos fundamentales con los que se explican los principales procesos que determinan el tiempo y el clima en los trópicos
- Entender las bases en que se sustentan los modelos de diagnóstico y pronóstico del tiempo y el clima cuando se trata del caso de los trópicos
- Identificar las principales diferencias entre la dinámica atmosférica de los trópicos y las latitudes medias.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	La estructura de la atmósfera tropical: importancia de los trópicos en el balance energético	8	0
	1.1 La estructura de la atmósfera tropical 1.2 Balances radiativos globales 1.3 Circulaciones atmosféricas dominantes en los trópicos 1.4 Mecanismos básicos de circulación de la atmósfera 1.5 El papel de los trópicos en la circulación general de la atmósfera		
2	Ecuaciones básicas para la descripción de movimientos en la atmósfera	8	0
	2.1 La ecuación de movimiento 2.2 La ecuación de conservación de masa 2.3 La 1ª Ley de la Termodinámica 2.4 la ecuación de Clausius Clapeyron		
3	Estabilidad atmosférica y convección en los trópicos	8	0
	3.1 Condiciones meteorológicas medias de superficie 3.2 Estabilidad atmosférica y modelo de inestabilidad condicional de la primera clase 3.3 Análisis de termodiagramas y CAPE 3.4 La ecuación de Clausius-Clapeyron y las albercas de agua caliente 3.5 Otros modelos de convección en los trópicos		
4	La dinámica atmosférica en los trópicos	12	0
	4.1 Comparación de circulaciones en los trópicos y las latitudes medias 4.2 Modelo de aguas someras. La aproximación del plano eta ecuatorial 4.3 Dinámica de las ondas ecuatoriales atrapadas: Kelvin, Rossby gravedad mezcladas, Rossby. 4.4 El modelo de aguas someras de Gill 4.5 Dinámica de El Niño/Oscilación del Sur. La Oscilación de Madden – Julian 4.6 La canícula		
5	Ondas del este y huracanes.	8	0
	5.1 Inestabilidad Barotrópica 5.2 Las ondas del este 5.3 Ondas del este y ciclones tropicales 5.4 Dinámica de los ciclones tropicales		
6	La variabilidad del clima en los trópicos	12	0

	6.1 Los Monzones 6.2 El Monzón de la India. EL Monzón de África 6.3 El Monzón de Norte América 6.4 Periodos activos e inactivos 6.5 Variabilidad interanual del clima		
7	Usos de la información climática en los trópicos	8	0
	7.1 El riesgo climático en la agricultura		
	7.2 Usos del diagnóstico y pronóstico climáticos		
	7.3 Gestión de riesgo climático 7.4 Adaptación al cambio climático		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Conocimientos del campo de la meteorología tropical, incluyendo obra publicada en alguno de los campos del contenido temático.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Holton, J.R, 1979: An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press. 2nd Ed. Pp 391. - Wallace J.M. and Hobbs, P.V., 2006: Atmospheric Science, An introductory Survey. Academic Press. 2006 - Peixoto, J. and A. Oort, 1992: Physics of Climate. Pp 520- Ed. American Institute of Physics. NY. - Curry J. and Webster, P., 1999: Thermodynamics of atmospheres and Oceans. International Geophysical Series. Vol. 65. - Ledesma-Jimeno, M., 2011, Principios de meteorología y climatología. Editorial Paraninfo, 531 p.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Some simple solutions for heat induced tropical circulation - AE Gill - Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1980 -

- Quasi-geostrophic motions in the equatorial area
- T Matsuno - Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 1966
- The midsummer drought over Mexico and Central America
- V Magaña, JA Amador, S Medina - Journal of Climate, 1999



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Métodos aplicados al estudio de la dinámica de la superficie terrestre

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geomorfología Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación)	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Geomorfología
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Introducir los métodos modernos aplicados al estudio de la dinámica superficial terrestre, con particular énfasis en: (1) el análisis cuantitativo del relieve, (2) la aplicación de métodos de simulación de procesos fluviales, (3) el uso de métodos geocronológicos absolutos y relativos, y (4) la interpretación de datos y resultados para comprender la dinámica superficial terrestre por procesos fluviales, erosivos y de ladera.

Objetivos particulares:

- Entender los métodos de análisis cuantitativo (morfometría) orientado al análisis de problemas geomorfológicos.

- Entender los métodos de análisis espacial de alta resolución, sus ventajas y desventajas en el análisis de la dinámica superficial.
- Entender programas de simulación de procesos fluviales.
- Introducir los principales métodos geocronológicos utilizados en el análisis de procesos superficiales.
- Comprender técnicas de luminiscencia ópticamente estimulada y dendrogeomorfología.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	12	0
	1.1 La dinámica superficial y la evolución del relieve 1.2 Principales métodos geocronológicos 1.3 Introducción a la dendrogeomorfología 1.4 Introducción a los procesos fluviales		
2	Métodos geocronológicos en los estudios de la dinámica superficial terrestre	12	14
	2.1 Principios y aplicaciones de la Luminiscencia Ópticamente Estimulada 2.2 Principios y aplicaciones del ¹³⁷ Cs 2.3 Fechamiento de procesos por medio de la dendrogeomorfología		
3	Métodos analíticos interpretativos	8	18
	3.1 Simulación de inundaciones por lahares con el programa LAHARZ 3.2 Simulación de inundaciones con el programa iRIC 3.3 Recolección de muestras para el análisis de ¹³⁷ Cs 3.4 Recolección de muestras para el análisis de la Luminiscencia Ópticamente Estimulada 3.5 Recolección de muestras para el análisis dendrogeomorfológico.		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en áreas afines al tema del curso.

- Geomorfología
- Geocronología del cuaternario
- Dendrogeomorfología

Bibliografía básica

- Aitken, M. J. 1995. Thermoluminescence dating: past progress and future trends. *Nuclear Tracks* 10: 3–6.
- Aitken, M. J. 1998. *An Introduction to Optical Dating. The Dating of Quaternary Sediments by the Use of Photon Stimulated Luminescence*. New York: Oxford University Press.
- Alestalo, J. 1971. Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. *Fennia* 105: 1–139.
- Knighton, D., 1998, *Fluvial Form and Processes: A New Perspective*, Routledge, New York, 377 p.
- Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Oxford, UK, John Wiley & Sons.
- Westoby, M., Brasington, J., Glasser N., Hambrey, M., Reynolds, J., 2012, Structure-from-Motion photogrammetry: a novel, low-cost tool for geomorphological applications. *Geomorphology*, 179: 300–314.

Bibliografía complementaria

- Bollschweiler, M. 2007. Spatial and temporal occurrence of past debris flows in the Valais Alps-results from tree-ring analysis. PhD thesis. Departamento de Geociencias, Universidad de Friburgo, Suiza. 182 pp.
- Bollschweiler, M., Stoffel, M. y Scheuwly, D. 2008a. Dynamics in debris-flow activity on a forested cone: A case study using different dendroecological approaches. *Catena* 72: 67-78.
- Bollschweiler, M., Stoffel, M. y Schneuwly, D. 2008b. Traumatic resin ducts in Larix deciduas stems impacted by debris flows. *Tree Physiology* 28: 255-263.
- Bollschweiler, M., Stoffel, M., Ehmisch, M., Monbaron, M. 2007. Reconstructing spatiotemporal patterns of debris flow activity using dendrogeomorphological methods. *Geomorphology* 84: 337-351.
- Bollschweiler, M., Stoffel, M., Vázquez-Selem, L., Palacios, D., 2010. Tree-ring reconstruction of past lahar activity at Popocatepetl volcano, México. *The Holocene* 20: 265-274.
- Huntley DJ, Godfrey-Smith DI, Thewalt MLW. 1985. Optical dating of sediments. *Nature* 313: 105–107.
- Iverson, R.M., Schilling, S.P., Vallance, J.W., 1998. Objective delineation of lahar inundation hazard zones. *GSA Bulletin* 100: 972-984.
- Montgomery, D., Buffington, J., Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *GSA Bulletin* 109: 596-611.
- Muñoz-Salinas, E., Bishop, P., Sanderson, D., & Zamorano, J-J. 2011. Interpreting luminescence data from a portable OSL reader: three case studies in fluvial settings. *Earth Surface Processes and Landforms* 36: 651-660.
- Muñoz-Salinas, E., & Castillo, M., 2013. Sediment and water discharge assessment on Santiago and Pánuco Rivers (Central Mexico): The importance of topographic and climatic factors. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 95: 171-183.
- Muñoz-Salinas, E., Bishop, P., Sanderson, D., & Kinnaird, T. 2014. Using OSL to assess hypotheses related to the impacts of land use change with the early nineteenth century arrival of Europeans in south-eastern Australia: An exploratory

case study from Grabben Gullen Creek, New South Wales. *Earth Surface Processes and Landforms* (published online).

- Murray, A.S. & Roberts, R.G., 1998. Measurement of the equivalent dose in quartz using a regenerative-dose single aliquot protocol. *Radiation Measurements* 29: 503-515.
- Murray, A.S., & Wintle, A.G. 2000. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements* 32: 57-73.
- Sanderson, D.C.W., & Murphy, S. 2010. Using simple portable OSL measurements and laboratory characterization to help understand complex and heterogeneous sediment sequences for luminescence dating. *Quaternary Geochronology* 5: 1–7.
- Schilling, S.P., 1998. LAHARZ; GIS programs for automated mapping of lahar inundation hazard zones. U.S. Geological Survey Open-File Report: 98-638.
- Tarolli, P., 2014, High-resolution topography for understanding Earth surface processes: Opportunities and challenges. *Geomorphology*, 216: 295–312.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Métodos de Datación para el Cuaternario

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los fundamentos, aplicaciones, ventajas y limitaciones de diversos métodos de datación aplicables al Cuaternario.

Objetivos particulares:

- Discernir entre métodos de datación o la combinación de varios de ellos, para establecer la cronología adecuada de un determinado contexto.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas Semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción y clasificación de los métodos de datación	4	0

	1.1 Definiciones 1.2 Clasificación por tipo de método y tipo de resultado 1.3 Datación relativa 1.4 Datación numérica 1.5 Precisión y exactitud en el contexto de datación		
2	Métodos de datación relativa 2.1 Estratigrafía 2.2 Hidratación de obsidiana 2.3 Otros métodos relativos	4	0
3	Datación numérica: métodos siderales 3.1 Dendrocronología 3.2 Sedimentos varvados	4	0
4	Introducción a métodos isotópicos 4.1 Conceptos básicos de estructura atómica 4.2 Decaimiento radiactivo y datación	4	0
5	Métodos isotópicos 5.1 Radiocarbono 5.2 Plomo 210 5.3 Desequilibrio en la serie del Uranio 238 5.4 Potasio/Argón y Argón/Argón 5.5 Isótopos Cosmogénicos	38	0
6	Métodos radiogénicos 6.1 Termoluminiscencia 6.2 Luminiscencia ópticamente estimulada	6	0
7	Métodos de correlación 7.1 Paleomagnetismo 7.2 Arqueomagnetismo	4	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes sobre el tema dl curso.			

Bibliografía básica

- Stratton Noller J., Sowers J.M., Lettis W.R. (Editores). Quaternary Geochronology: methods and applications. Washington D.C.: American Geophysical Union, 2000. 582 p.
- Walker M.J. Quaternary dating methods. Chichester: J Wiley, 2005. 286 p.
- Preusser F, Hajdas I, Ivy-Ochs S. Recent progress in Quaternary dating methods. Quaternary Science Journal, Volume 57 (1/2), 2008.
- Reiners P.W., Carlson R.W., Renne P.R., et. al. Geochronology and Thermochronology. Hoboken: American Geophysical Union – J Wiley and Sons, 2018. 482 p.

Bibliografía complementaria

- Radiocarbon, Universidad de Arizona.
- Quaternary Geochronology, Elsevier.
- Quaternary Science Reviews, Elsevier.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Métodos de Descomposición de Dominio para Ecuaciones Diferenciales Parciales

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Estudiar los principales Métodos de Descomposición de Dominio (Domain Decomposition Methods, DDM) para resolver Ecuaciones Diferenciales Parciales Lineales.

Objetivos particulares:

- Estudiar el Complemento de Schur, del Método Balancing Domain Decomposition (BDDC), Método Enhanced Derived Vector Space (EDVS) y Métodos de Descomposición de Dominio para Ecuaciones Parabólicas.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas
--------	------------------	-------

		semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	0
2	Repaso de Ecuaciones Diferenciales Parciales	8	0
	2.1 Ecuaciones diferenciales importantes de la Predicción Científica - Transporte de solutos por fluidos libres y en medios porosos - Flujo de fluidos en medios porosos - Dinámica de fluidos y de sólidos 2.2 Discretización y métodos numéricos - FDM: Método de Diferencias Finitas - FEM: Método de Elementos Finitos		
3	Métodos de Subestructuración y Complemento de Schur	10	6
	3.1 Complemento de Schur 3.2 Precondicionadores - En dos dimensiones - En tres dimensiones 3.3 Precondicionadores tipos Neumann-Neumann y de Balance 3.4 Implementación y cuestiones relacionadas 3.5 Resultados teóricos		
4	Métodos Directos e Indirectos	8	0
	4.1 BDDC 4.2 Multiplicadores de Lagrange y FETI		
5	Métodos en el Espacio Derivado (de Ismael Herrera R.)	10	6
	5.1 El Espacio de los Vectores Derivados (DVS) 5.2 Formulación de problemas de descomposición de dominio en el DVS 5.3 La aplicación DVS		
6	Métodos de Descomposición de Dominio (DDM) para Ecuaciones Parabólicas	10	4
	6.1 Semidiscretización de la ecuación del calor 6.2 Generalización al transporte difusivo 6.3 Aplicación de DDM		
Subtotales		48	16
Totales		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente
Perfil profesiográfico docente
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Mathew Tarek. "Domain Decomposition Methods for the Numerical Solution of Partial Differential Equations", Ed. Springer-Verlag. 2008. - Andrea Toselli, Olof Widlund. "Domain Decomposition Methods - Algorithms and Theory". Ed. Springer-Verlag. 2005. - Barry Smith, Petter Bjorstad, William Gropp. "Domain Decomposition: Parallel Multilevel Methods for Elliptic Partial Differential Equations". Ed. Cambridge University Press. 1996. - Ismael Herrera, et al. "Nonoverlapping Discretization Methods for Partial Differential Equations", Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com), 2014, DOI: 10.1002/num.21852
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Proceedings en el sitio oficial de "Domain Decomposition Methods": http://www.ddm.org - Alfio Quarteroni, Alberto Valli. "Domain Decomposition Methods for Partial Differential Equations", Clarendon Press, Oxford, 1999.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Métodos electromagnéticos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Exploración geofísica de la Tierra sólida y de la corteza oceánica Exploración geofísica aplicada a la caracterización y evaluación de yacimientos Exploración geofísica de la superficie terrestre	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Métodos Geofísicos de Exploración	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los conceptos fundamentales de los métodos eléctricos y electromagnéticos dentro del campo de la exploración geofísica.

Objetivos particulares:

- Estudiar a detalle las propiedades electromagnéticas del subsuelo, así como su interacción ante la presencia de campos externos.
- Revisar las técnicas de adquisición y procesamiento de datos eléctricos y electromagnéticos aplicados a la exploración geofísica.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas.
1	Principios de electricidad y magnetismo	4	0
	1.1 Ecuaciones de Maxwell 1.2 Relaciones Constitutivas 1.3 Concepto de onda plana 1.4 Solución de la ecuación de onda 1.5 Simplificación de modelos		
2	Propiedades electromagnéticas en materiales	4	0
	2.1 Tipos de conducción 2.2 Propiedades electromagnéticas 2.3 Concepto de resistividad aparente		
3	Métodos de prospección de corriente continua	12	4
	3.1 Conceptos básicos 3.2 Instrumentación y técnicas de campo 3.3 Arreglos electródicos 3.4 Sondeos eléctricos verticales 3.5 Tomografías 2D y 3D 3.6 Procesamiento, Inversión y Modelación de Datos		
4	Métodos de polarización inducida y potencial espontáneo	6	2
	4.1 Procesamiento, Inversión y Modelación de Datos 4.2 Teorías macro y microscópicas 4.3 Métodos de potencial espontáneo 4.4 Instrumentación para polarización inducida y técnicas de campo 4.5 Procesamiento, Inversión y Modelado de Datos		
5	Método Electromagnético en el dominio de la frecuencia	4	2
	5.1 Principios básicos 5.2 Tipos de Fuentes 5.3 Arreglos Comunes 5.4 Procesamiento, Inversión y Modelación de Datos		
6	Método Electromagnético en el dominio del tiempo	6	4
	6.1 Principios básicos 6.2 Arreglos Comunes 6.3 Procesamiento, Inversión y Modelado de Datos		
7	Método Magnetotelúrico	6	2
	7.1 Principios básicos 7.2 Instrumentación 7.3 Procesamiento de datos 7.4 Análisis dimensional y direccional 7.5 Modelado e interpretación		
8	Radar de Penetración Terrestre	6	2
	8.1 Principios básicos 8.2 Instrumentación y técnicas de campo 8.3 Procesamiento de datos, modelado e interpretación		
Subtotales		48	16
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (Asistencia)	(x)	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Keller and Frischnecht. 1966. Electrical methods in geophysical prospecting. Pergamon Press.
- Orellana. 1972. Prospección eléctrica en corriente directa. Paraninfo; Madrid, España 523 p.
- Reynolds, J. M., 2011. An introduction to applied and environmental geophysics. 2nd Edition, Wiley-Blackwell, 696 pp.
- Everett, M. E., 2013. Near-Surface Applied Geophysics. Cambridge University Press.
- Koefoed. 1979. Resistivity sounding measurements. Elsevier.
- Lowrie William, 2007. Fundamentals of Geophysics Second Edition. Cambridge University Press.
- Lowrie William, 2011. A Student's Guide to Geophysical Equations. Cambridge University Press.
- Nabighian, M. N. (ed.), 1991. Electromagnetic Methods in Applied Geophysics. Vol. 1&2. Society of Exploration Geophysicists. USA.

Bibliografía complementaria

- Ulriksen, C.P. 1982. Application of Impulse Radar to Civil Engineering. Geophysical Survey Systems, Inc., USA.
- Zhdanov, M.S. and Keller, G.V., 1994. The geoelectrical methods in geophysical exploration. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Butler, D. K. (Ed.), 2005. Near-Surface Geophysics Investigations in Geophysics. Society of Exploration Geophysicists 13
- Simpson, F. and Bahr, K., 2005. Practical magnetotellurics. Cambridge University Press.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Métodos geofísicos de exploración

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para: Exploración geofísica de la Tierra sólida y de la corteza oceánica Yacimientos geotérmicos Exploración geofísica aplicada a la caracterización y evaluación de yacimientos Exploración geofísica de la superficie terrestre Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación)	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas:3	Teóricas: 48	
		Prácticas:1	Prácticas: 16	
		Total:4	Total: 64	
Seriación				
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (X)	Ninguna ()	
		Métodos electromagnéticos		
Objetivo general:				
- Comprender y manejar los fundamentos de los principales métodos de exploración geofísica y aplicarlos en problemas geofísicos.				

Objetivos particulares:

- Comprender los principios de la gravimetría, magnetometría, sísmica de reflexión, métodos eléctricos y electromagnéticos.
- Instruirse en la adquisición de datos utilizando métodos geofísicos de exploración

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Gravimetría 1.1 El campo gravitacional terrestre. 1.2 Ecuaciones fundamentales y fórmula de gravedad. 1.3 Concepto de gravedad observada. 1.4 Correcciones de la gravedad observada. 1.5 Anomalías gravimétricas. 1.6 Gravímetros. 1.7 Interpretación de anomalías gravimétricas	8	4
2	Magnetometría 2.1 El campo magnético terrestre. 2.2 Elementos de teoría electromagnética 2.3 Ecuaciones fundamentales del campo magnético terrestre 2.4 Anomalía magnética. 2.5 Fundamentos de la exploración magnética. 2.6 Corrección de datos magnéticos 2.7 Interpretación de anomalías magnéticas.	8	4
3	Sísmica de reflexión 3.1 Ecuaciones básicas para las ondas elásticas. 3.2 Ondas de cuerpo y superficiales. 3.3 Factores que afectan la velocidad de las ondas. 3.4 Adquisición de datos de reflexión sísmica. 3.5 Conceptos básicos de procesamiento de datos sísmicos.	8	4
4	Métodos eléctricos 4.1 Ecuaciones fundamentales. 4.2 Propiedades eléctricas de las rocas. 4.3 Métodos eléctricos: Potencial natural, Sondeo eléctrico vertical (SEV), Tomografía eléctrica. Equipos de medición. Interpretación y modelos de datos de resistividad.	12	2
5	Métodos electromagnéticos 5.1 Ecuaciones fundamentales. 5.2 Métodos transitorios electromagnéticos, electromagnéticos y (radar de penetración terrestre) GPR 5.3 Equipos de medición. 5.4 Paquetes comerciales de procesamiento.	12	2
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en foros	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras: (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			
Experiencia mínima de tres años en el tema.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Dobrin, M.B.: Introduction to geophysical prospecting, Mc.Graw-Hill Book Co., 3a. ed. New York, USA., 1976 - Grant, F.S. y West, G.F., Interpretation Theory In Applied Geophysics, Mc Graill Book Co., New York, USA., 1965 - Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. Y Keys, D.A., Applied Geophysics, Cambridge University Press, 2 Ed. London, Inglaterra, 1990 - Lowrie William, 2007. Fundamentals Of Geophysics Second Edition. Cambridge University Press. - Lowrie William, 2011. A Student's Guide To Geophysical Equations. Cambridge University Press. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Blakely, R., Potential Thoery In Gravity And Magnetic Problems, Cambridge University Press, New York, E.E.U.U., 1995 - Mironov, V., Curso De Prospección Gravimétrica, Ed. Reverte, Barcelona, España 1977 - Nettleton, L.L. Gravity And Magnetics In Oil Prospecting, Mc Graw-Hill Book Co., New York, Ee.Uu., 1976logachey, A.A. Y Zajarov, V.P. Exploración Magnética, Ed Reverté, Barcelona, España, 1980 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Métodos Instrumentales de Análisis Geoquímico

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Vulcanología Petrología ígnea y metamórfica Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender las técnicas analíticas instrumentales más usadas en Geoquímica.

Objetivos particulares:

- Revisar las ideas básicas de estadística y tratamiento de datos.
- Entender cómo funciona la propagación de errores en los datos analíticos.
- Obtener la capacidad de evaluar que método o métodos son los más apropiados para resolver un determinado problema analítico en Ciencias de la Tierra.
- Alcanzar los conocimientos suficientes para valorar críticamente los datos obtenidos personalmente o los de la bibliografía.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas
--------	------------------	-------

		semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	4	0
	1.1 El origen de los elementos 1.2 La estructura del átomo y la radiactividad 1.3 Geoquímica de la corteza continental y el manto		
2	Cálculo de errores	6	0
	2.1 Unidades de medición 2.2 Conceptos de precisión y exactitud 2.3 Conceptos básicos de estadística		
3	La geoquímica analítica	6	0
	3.1 Señal y ruido 3.2 Tecnología del vacío 3.3 Algunos conceptos de electrónica e informática		
4	La geoquímica analítica	6	0
	4.1 Muestreo 4.2 Preparación de muestras 4.3 Técnicas de disolución de rocas y minerales		
5	Los métodos de espectroscopia óptica	6	0
	5.1 Fundamentos de los espectros de emisión y absorción 5.2 Instrumentos ópticos		
6	Los métodos de espectrometría de masas	6	0
	6.1 Introducción a la espectrometría de masas 6.2 Tipos de analizadores y detectores		
7	Los instrumentos principales de la geoquímica	14	16
	7.1 Emisión de flama, absorción atómica, ICP-OES, Raman, infrarrojo, LIBS 7.2 ICP-MS, ICP-MS de alta resolución, LA-ICP-MS, SIMS 7.3 TIMS, isótopos estables y gases nobles 7.4 Métodos de rayos X: fluorescencia y difracción 7.5 Microscopía y microsonda electrónica 7.6 Comparación entre métodos		
Subtotales		48	16
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.

Experiencia en análisis geoquímicos.

Bibliografía básica

- Benninghoven A, Rudenauer FG, Werner HW 1987. Secondary Ion Mass Spectrometry: Basic Concepts, Instrumental Aspects, Applications and Trends. Chemical Analysis, Vol 86. John Wiley & Sons.
- Colthup NB, Daly LH, Wiberley SE. 1990. Introduction to Infrared and Raman Spectroscopy. Academic Press.
- Hill SJ (Ed), 2000. ICP Spectrometry and Its Applications Sheffield Academic Press, 320 p.
- Hoffmann E De, Charette J, Stroobant V, Trottier J, 1996. Mass Spectrometry: Principles and Applications John Wiley & Sons, 352 p.
- Jenkins R, 1999. X-Ray Fluorescence Spectrometry. Chemical Analysis: A Series of Monographs on Analytical Chemistry and Its Applications, Vol 152. John Wiley & Son Ltd, 254 p.
- Lachance GR, Claisse F, Chessin H, 1995. Quantitative X-Ray Fluorescence Analysis: Theory and Application. John Wiley & Son Ltd, 424 p
- Monaco HL, Viterbo D, Scordari F, Giacobozzo C (Ed), 1992. Fundamentals of Crystallography. International Union of Crystallography. Oxford Univ Press Book Series, No. 2, 654 p.
- Potts PJ, 1987. A Handbook of Silicate Rock Analysis. Blackie, 622 p.
- Skoog DA, Leary JJ (1999) Análisis instrumental. McGraw Hill, México, 935 pp.
- Willard HH, Merritt LL, Dean JA, Settle FA (1991). Métodos instrumentales de análisis. Grupo editorial Iberoamericana. México, 879 pp.

Bibliografía complementaria

Las siguientes revistas contienen habitualmente artículos sobre técnicas analíticas aplicadas a Ciencias de la Tierra: Chemical Geology, Earth and Planetary Science Letters, Geochimica et Cosmochimica Acta, Journal of X-ray Spectrometry, Journal of Analytical Atomic Spectrometry, Geostandards and Geoanalytical Research, Analytica Chimica Acta.

Muchas otras revistas tienen artículos con aplicaciones, aunque normalmente no describen técnicas analíticas nuevas: Economic Geology, Geology, International Journal of Earth Sciences, Mineralium Deposita, Journal of Petrology, Applied Geochemistry, Gondwana Research, etc.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Métodos numéricos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Exploración geofísica aplicada a la caracterización y evaluación de yacimientos Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra Procesamiento y análisis de datos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Practica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64
Seriación				
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Objetivo general:				
<ul style="list-style-type: none"> - Comprender y manejar las herramientas básicas de los métodos numéricos para que pueda programar algoritmos que le permitan resolver problemas geofísicos. 				
Objetivos particulares:				
<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar algoritmos computacionales en Matlab - Aplicar los algoritmos para solución de sistemas de ecuaciones - Desarrollar habilidades en la programación de los métodos numéricos. 				

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Álgebra lineal	6	2
	1.1 Vectores y matrices 1.2 Normas numéricas de los espacios vectoriales, espacios y subespacios vectoriales 1.3 Base, norma matricial, equivalencia de normas 1.4 Condicionamiento de una matriz 1.5 Valores y vectores propios de una matriz		
2	Métodos exactos de solución de sistemas de ecuaciones lineales	6	2
	2.1 Regla de Cramer 2.2 Factorización LU y Cholesky 2.3 Método de Gauss 2.4 Factorización QR, Givens y Householder		
3	Métodos iterativos de solución de sistemas de ecuaciones lineales	7	2
	3.1 Métodos iterativos de Jacobi y de Gauss-Seidel 3.2 Relajación, Richardson, de gradientes conjugados		
4	Ecuaciones y sistemas no lineales	7	2
	4.1 Resolución de una ecuación entera, de una ecuación cualquiera 4.2 Métodos iterativos, 4.3 Método Newton-Raphson		
5	Interpolación y aproximación	8	2
	5.1 Interpolación polinomial de Lagrange, Newton, Legendre, Taylor 5.2 Mejor aproximación en media cuadrática 5.3 Polinomios ortogonales de Tchebychev, Legendre 5.4 Integración polinomial, integrales singulares		
6	Ecuaciones y sistemas diferenciales ordinarias EDO	6	2
	6.1 Ecuación diferencial de primer orden 6.2 Métodos explícitos, métodos implícitos, métodos multipasos 6.3 Sistema de EDOs 6.4 Estabilidad, consistencia y convergencia de algoritmos numéricos		
7	Ecuaciones diferenciales parciales (EDP)	8	4
	7.1 Ecuación diferencial de segundo orden EDP 7.2 Problemas estacionarios: Introducción a los métodos de diferencias finitas y elementos finitos, de colocación, variacional y Galerkin 7.3 Problemas No estacionarios (Transitorios) Introducción a los métodos de diferencias finitas y elementos finitos 7.4 Métodos de Euler, Crank Nickolson		
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado concluidos con especialización en modelación numérica			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Nakamura S. Métodos numéricos aplicados con software. Ed. Prentice-Hall Hispanoamerica S.A. 1992. - Mathews, J.H. and K.D. Fink. Métodos numéricos con Matlab. 3ra. Edición, Ed. Prentice-Hall, Madrid, 2000. 734pp. - Burden. Numerical analysis, Prindle, Weber & Schmidt - Durrant D.R., Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer, NY, 1999. - Skiba Yu.N., Métodos y Esquemas Numéricos: Un Análisis Computacional. DGPYFE, UNAM, México, 2005 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Strang G., 1986. Introduction to applied mathematics. Ed. Wellesles-Cambridge. 758 p. - Press, W.H., Flannery B.P., Teukolsky S.A., Vetterling W.T., 1986. Numerical Recipes. The art of scientific computing. Ed. Cambridge University Press. Cambridge, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney. 818 p. - Randall J. LeVeque. Finite difference methods for differential equations: Steady-State and Time-Dependent Problems. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2007. - Golub G. & J.M. Ortega, Scientific Computing and Differential Equations. Acad. Press, NY, 1992. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Microbiología Ambiental y Biorremediación

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento, Recomendada para para las áreas de profundización: Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (contaminación)	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2.5	Teóricas: 40	
		Prácticas: 1.5	Prácticas: 24	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender la importancia y diversidad de los microorganismos que se encuentran en los diferentes hábitats (terrestres, acuáticos y atmosféricos); así como su interacción con el ambiente y su papel en los procesos de biorremediación.

Objetivos particulares:

- Entender los principios básicos de la microbiología ambiental y los procesos celulares.

- Revisar los conceptos generales de contaminación y biorremediación, y comprender a los sistemas planetarios en el contexto de la contaminación-biorremediación actual.
- Entender los métodos de detección e identificación de microorganismos en muestras ambientales, y practicar algunos de ellos en el laboratorio.
- Discutir las técnicas de biorremediación más empleadas en campo y ver casos de estudio.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	1 Conceptos básicos de microbiología 1.1 Introducción a la microbiología ambiental 1.2 Clasificación de los microorganismos: sistemas eucariontes y procariontes 1.3 Procesos celulares para la generación de energía y bioenergética 1.4 Mecanismos asimilatorios y no asimilatorios 1.5 Procesos biogeoquímicos, obtención y ciclaje de nutrientes (C, N, S, Fe, Mn, etc.) 1.6 Mecanismos de resistencia, detoxificación y transformación 1.7 Procesos de interacción metal-microorganismos (sorción, quelación, bioprecipitación, bioacumulación, etc.)	10	6
2	2 Contaminación en el antropoceno 2.1 Contaminantes, definición, tipos y clasificaciones 2.2 Principios de biorremediación 2.3 Sistemas planetarios y su problemática en el contexto de la contaminación-biorremediación 2.3.1 Sistemas acuáticos 2.3.2 Sistemas terrestres 2.3.3 Sistemas atmosféricos 2.3.4 Ambientes extremos 2.4 Diversidad microbiana y su dinámica ante efectores ambientales y/o antrópicos	10	6
3	3 Detección e identificación de microorganismos en muestras ambientales 3.1 Colecta y procesamiento de muestras ambientales 3.2 Aislamiento y conteo por métodos de cultivo 3.3 Métodos fisiológicos de detección e identificación 3.4 Extracción y manipulación de ácidos nucleicos 3.5 Reacción en cadena de la polimerasa 3.6 Bibliotecas genómicas 3.7 Secuenciación de DNA 3.8 Citogenética molecular	10	6
4	4 Técnicas de biorremediación	10	6

4.1 Técnicas de Biorremediación 4.1.1 En el sitio (<i>in situ</i>): atenuación natural, bioestimulación, bioaumentación (organismos genéticamente modificados y cepas aisladas), bioaspersión, bioventeo, fitorremediación (rizodegradación), bioslurping, etc 4.1.2 <i>Ex situ</i> : biolabranza, composteo, biopilas, biorreactores 4.2 Casos de estudio		
Subtotales	40	24
Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	(x)
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Arora N (2013) Plant Microbe Symbiosis: Fundamentals and Advances. First Edition. Springer. - Bitton G (2011) Wastewater microbiology. Hoboken, New Jersey, Wiley-Liss. - Brock TD (1994) Biology of microorganisms. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall. - Ehrlich HL (2002) Geomicrobiology. New York, M. Dekker. - Knoll AH, Canfield DE, Konhauser K (2012) Fundamentals of geobiology. Chichester, West Sussex, Wiley-Blackwell. - Singh SN, Tripathi RD (2007) Environmental bioremediation technologies. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag, 2007. - Singh A, Ward OP (2004) Applied bioremediation and phytoremediation. Berlin, Springer Verlag. - Okafor N (2007) Modern industrial microbiology and biotechnology. Enfield, New Hampshire, Science. - Pepper, I. L., Gerba, C. P., & Gentry, T. J. (2014). Environmental Microbiology: Third Edition. Elsevier Inc.
Bibliografía complementaria

- Anjum, N.A., M.E. Pereira, I. Ahmad, A.C. Duarte, S. Umar y N.A. Khan (Editors). 2012. *Phytotechnologies: remediation of environmental contaminants*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL. 617 p.
- Atlas R. M. 2005. *Handbook for environmental microbiology*. Taylor & Francis, New York, p. 664.
- Choudhary D. K. Tuteja N. A. V., 2016. *Plant-Microbe Interaction: an approach to sustainable agriculture*. Springer Nature Singapore Pte Ltd., p. 509.
- Madigan, M.T. Martinko, J.M. & Parker J. (2004). *Biología de los microorganismos* (Brock). Pearson Prentice Hall. Madrid.
-
- Artículos de discusión y revisión en clase
- Allison SD, Martiny JBH (2008) Resistance, resilience, and redundancy in microbial communities. *P Natl Acad Sci Usa* 105:11512–11519. doi: 10.1073/pnas.0801925105
- Bardgett RD, Freeman C, Ostle NJ (2008) Microbial contributions to climate change through carbon cycle feedbacks. *ISME J* 2:805–814. doi: 10.1038/ismej.2008.58
- Buesseler KO, Jayne SR, Fisher NS, et al (2012) Fukushima-derived radionuclides in the ocean and biota off Japan. *P Natl Acad Sci Usa* 109:5984–5988.
- Cabrol L, Malhautier L (2011) Integrating microbial ecology in bioprocess understanding: the case of gas biofiltration. *Appl Microbiol Biotechnol* 90:837–849.
- Canfield DE, Glazer AN, Falkowski PG (2010) The Evolution and Future of Earth's Nitrogen Cycle. *Science* 330:192–196. doi: 10.1126/science.1186120
- Chaudhry Q, Blom-Zandstra M, Gupta SK, Joner E (2004) Utilising the Synergy between Plants and Rhizosphere Microorganisms to Enhance Breakdown of Organic Pollutants in the Environment (15 pp). *Env Sci Poll Res Int* 12:34–48.
- Chorover J, Kretzschmar R, Garcia-Pichel F, Sparks DL (2007) Soil biogeochemical processes within the Critical Zone. *Elements* 3:321–326.
- Das S, Dash HR (2014) 1. *Microbial Bioremediation: A Potential Tool for Restoration of Contaminated Areas*. Elsevier Inc.
- Dojka MA, Hugenholtz P, Haack SK, Pace NR (1998) Microbial diversity in a hydrocarbon- and chlorinated-solvent-contaminated aquifer undergoing intrinsic bioremediation. *Applied and Environmental Microbiology* 64:3869–3877.
- Fenner K, Canonica S, Wackett LP, Elsner M (2013) Evaluating pesticide degradation in the environment: blind spots and emerging opportunities. *Science* 341:752–758. doi: 10.1126/science.1236281
- Gerhardt KE, Huang X-D, Glick BR, Greenberg BM (2009) Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges. *Plant Science* 176:20–30. doi: 10.1016/j.plantsci.2008.09.014
- Griffiths BS, Philippot L (2013) Insights into the resistance and resilience of the soil microbial community. *FEMS microbiology reviews* 37:112–129.
- Hemme CL, Tu Q, Shi Z, et al (2015) Comparative metagenomics reveals impact of contaminants on groundwater microbiomes. *Frontiers in microbiology* 6:578–12. doi: 10.3389/fmicb.2015.01205
- Jechalke S, Focks A, Rosendahl I, et al (2014a) Structural and functional response of the soil bacterial community to application of manure from difloxacin-treated pigs. *Fems Microbiol Ecol* 87:78–88.
- Jechalke S, Heuer H, Siemens J, et al (2014b) Fate and effects of veterinary antibiotics in soil. *Trends in Microbiology* 22:536–545.
- Kirschke S, Bousquet P, Ciais P, et al (2013) Three decades of global methane sources and sinks. *Nature Publishing Group* 6:813–823.
- Lancaster WA, Menon AL, Scott I, et al (2014) Metallomics of two microorganisms relevant to heavy metal bioremediation reveal fundamental differences in metal assimilation and utilization. *Metallomics* 6:1004–10.
- Leson G, Winer AM (1991) Biofiltration: An Innovative Air Pollution Control Technology For VOC Emissions. *Journal of the Air & Waste Management Association* 41:1045–1054.

- Logan BE (2009) Exoelectrogenic bacteria that power microbial fuel cells. *Nat Rev Microbiol* 7:375–381. doi: 10.1038/nrmicro2113
- Nikel PI, Silva-Rocha R, Benedetti I, de Lorenzo V (2014) The private life of environmental bacteria: pollutant biodegradation at the single cell level. *Environ Microbiol* 16:628–642.
- Rabaey K, Verstraete W (2005) Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation. *Trends in Biotechnology* 23:291–298.
- Ron EZ, Rosenberg E (2014) Enhanced bioremediation of oil spills in the sea. *Current opinion in biotechnology* 27:191–194.
- Sitte J, Löffler S, Burkhardt E-M, et al (2015) Metals other than uranium affected microbial community composition in a historical uranium-mining site. *Env Sci Poll Res Int* 22:19326–19341.
- Smith MB, Rocha AM, Smillie CS, et al (2015) Natural Bacterial Communities Serve as Quantitative Geochemical Biosensors. *MBio* 6:e00326–15–13.
- Torsvik V (2002) Prokaryotic Diversity--Magnitude, Dynamics, and Controlling Factors. *Science* 296:1064–1066. doi: 10.1126/science.1071698
- Udikovic-Kolic N, Wichmann F, Broderick NA, Handelsman J (2014) Bloom of resident antibiotic-resistant bacteria in soil following manure fertilization. *P Natl Acad Sci Usa* 111:15202–15207.
- van der Meer JR (2006) Environmental pollution promotes selection of microbial degradation pathways. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4:35–42.
- Vera M, Schippers A, Sand W (2013) Progress in bioleaching: fundamentals and mechanisms of bacterial metal sulfide oxidation—part A. *Appl Microbiol Biotechnol* 97:7529–7541.
- Wan C-Y, De Wever H, Diels L, et al (2011) Biodiversity and population dynamics of microorganisms in a full-scale membrane bioreactor for municipal wastewater treatment. *Water Research* 45:1129–1138.
- Weyens N, van der Lelie D, Taghavi S, et al (2009a) Exploiting plant–microbe partnerships to improve biomass production and remediation. *Trends in Biotechnology* 27:591–598.
- Weyens N, van der Lelie D, Taghavi S, Vangronsveld J (2009b) Phytoremediation: plant–endophyte partnerships take the challenge. *Current opinion in biotechnology* 20:248–254.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Microbiología de la atmósfera

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y áreas de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para para las áreas de profundización: Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera Calidad del aire y salud	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Introducir a las Ciencias ambientales relacionadas con la atmósfera.

Objetivos particulares:

- Mostrar la relación entre las partículas de origen biológicas (bioaerosoles), su relación con el entorno y su importancia para la salud de los ecosistemas y la salud humana.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas

1	Introducción a la aerobiología	6	0
	1.1. Historia de la Aerobiología 1.2. Concepto de Aerobiología		
2	La atmósfera como un ambiente	6	0
	2.1 La atmósfera y sus capas 2.2 La troposfera 2.3 La estratosfera 2.4 Circulación de la atmósfera		
3	Características Biol.. Procesos aerobiológicos: liberación dispersión, depositación y resuspensión de partículas. Importancia de los factores meteorológicos en relación a la aerobiología	6	0
	3.1 hongos 3.2 bacterias 3.3 granos de polen 3.4 virus 3.5 algas, protozoarios		
4	Aplicaciones de la Aerobiología	6	0
	4.1 Medicina 4.2 Agricultura 4.3 Biodeterioro 4.4 Ecología: Comprensión de la dinámica de poblaciones en ecosistemas. Manejo de ecosistemas impactados por la aerobiota.		
5	Sobrevivencia en la atmósfera	6	0
	5.1 Medidas de sobre vivencia 5.2 Viabilidad de los propágulos biológicos del aire.		
6	Variabilidad climática y aerobiología	6	0
	6.1 Asociaciones 6.2 efectos 6.3 Consecuencias		
7	Métodos de muestreo	6	0
	7.1 métodos de sedimentación gravimétrica. 7.2 muestreadores de impacto 7.3 muestreadores de succión 7.4 muestreadores de filtración 7.5 métodos inmunológicos 7.6 métodos contadores de partículas.		
8	Técnicas tradicionales de identificación y cuantificación de la microbiota colectada del aire. Práctica de laboratorio	6	0
	8.1 Muestreo de aeropartículas biológicas con diferentes muestreadores en ambientes extramuros/ intramuros. 8.2 Trabajo de laboratorio, observación y análisis de muestras en el microscopio.		
9	Nuevas técnicas de detección molecular de la aeromicrobiota	6	0
	9.1 Monitoreo y colecta de esporas		

	9.2 Rompimiento de la pared de las esporas 9.3 Extracción del ADN 9.4 Detección mediante la prueba PCR		
10	Investigaciones en ambientes intramuros	6	0
11	Redes de monitoreo aerobiológico en el mundo	4	0
	Subtotales	64	0
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Seminarios	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Gregory, P. 1973. Microbiology of the Atmosphere. 2a Edition. Halsted Press. New York, USA. 370 pp. - Mandrioli, P., Comtois, P., Levizzani, V. 1998. Methods in Aerobiology. Pitagora Editrice Bologna, Italia. 261 pp. - Rosas, I., Cravioto, A., Ezcurra, E. 2004. Microbiología ambiental. INE-Semarnat, México. 134 pp. - Atlas M.R. y Bartha R. 2002. Ecología microbiana y Micorbiología ambiental. 4 Ed. Pearson, Addison Wesley. México. 677 pp.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Isard, S., Gage, S. 2001. Flow of Life in the Atmosphere –An Airscape Approach to Understand Invasive Organisms-. Michigan State University Press, USA. 240 pp. - Edmonds, R. 1979. Aerobiology –The Ecological Systems Approach-. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. Pennsylvania, USA. 386 pp. - Herrera, T. y Ulloa, M. 1990. El Reino de los hongos. Micología básica y aplicada. UNAM Y Fondo de Cultura Económica. 1990. México. 552 pp. - Aira M.J., Jato, V e Iglesias I. Calidad del aire. Polen y esporas en la comunidad Gallega. Colección Técnica Medio Ambiente. Xunta de Galicia. España. 237 pp. - Ulloa, M. y Hanlin T.R.2006. Nuevo diccionario ilustrado de micología. APS Press, EUA.672 pp. - Irene de. La Serna Ramos & María Dolores Domínguez Santana. 2003.- Pólenes y esporas aerovagantes en Canarias: incidencia en alergias. Manual de identificación ilustrado para muestreos de aire. Materiales Didácticos Universitarios 18. Serie

Botánica 1. 248 pp. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.
Tenerife. Islas Canarias.

- Madigan, T. et al. 2003. Brock, Biology of microorganisms. Tenth Edition. Prentice Hall.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Micromorfología y Mineralogía de Suelos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para para las áreas de profundización: Ciencias del Suelo Estudios paleoambientales (Cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 1.5	Teóricas: 24	
		Prácticas: 2.5	Prácticas: 40	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Enseñar principios, herramientas metodológicas y terminología de micromorfología de suelos, realizar el diagnóstico de los componentes e identificar los procesos edafogénicos principales.

Objetivos particulares:

- Aprender el manejo de microscopio petrográfico, identificación de rasgos pedogenéticos, aprendizaje de técnicas de elaboración de láminas delgadas de suelos, manejo e interpretación de análisis de imagen.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre

		Teóricas	Prácticas
1	Principios conceptos y terminología de micromorfología	2.5	4
	1.1 Posición de micromorfología en la jerarquía de los métodos morfológicos		
2	1.2 Conceptos y términos principales	8	12
	Transformación de minerales en los sistemas edáficos		
	2.1 Minerales primarios de material parental – rocas y sedimentos más comunes		
	2.2 Procesos de intemperismo: factores y mecanismos		
	2.3 Minerales neofomados 1: arcilla		
	2.4 Minerales neofomados 2: óxidos e hidróxidos de Al, Fe, Mn		
3	2.5 Minerales neofomados 3: carbonatos	6	10
	2.6 Minerales neofomados 4: yeso y sales		
	Micromorfología de los procesos pedogenéticos		
	3.1 Transformación de los residuos orgánicos		
	3.2 Desarrollo de microestructura		
	3.3 Illuviación de arcilla		
4	3.4 Procesos reductomórficos	5	9
	3.5 Migración y acumulación de carbonatos		
	Aplicación de micromorfología a los estudios de pedogénesis natural		
	4.1 Síntesis de micromorfología de la secuencia zonal clásica		
	4.2 Desarrollo y evolución de los suelos volcánicos		
5	4.3 Pedogénesis en los geosistemas kársticos	2.5	5
	4.4 Pedogénesis incipiente en los paisajes extremos (desiertos, montañas altas, regiones polares)		
	Diagnóstico micromorfológico del impacto humano en suelos		
	5.1 Tecnosoles de los paisajes industriales mineros		
	5.2 Suelos y pedosedimentos antrópicos urbanos antiguos de las ciudades prehispanicas		
Subtotales		24	40
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en la materia.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none">- Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T., Babel, U.. (1985). Handbook for Soil Thin Section Description.: Waine Research Publications- Stoops, G. S., Vepraskas, M. J., & Jongmans, A. G. (Eds.) (2003). Guidelines for Analysis and description of soil and regolith thin sections. Soil Science Society of America.- Stoops G, Marcelino. V, Mees F, editors. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Amsterdam: Elsevier- Minerals in Soil Environments , 2nd Ed 1989.; Dixon , J.B. , Weed , S.B. , Eds.; Soil Science Society of America
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none">- Nicosia, C., Stoops, G. (Eds.) 2017 Archaeological Soil and Sediment Micromorphology. Chichester, UK: Willey Blackwell.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Mineralogía

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para para las áreas de profundización: Petrología ígnea y metamórfica Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2.5	Teóricas: 40
			Prácticas: 1.5	Prácticas: 24
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Petrología Metamórfica, o Petrología de rocas ígneas, o Meteorítica	

Objetivo general:

- Aprender por una parte a identificar (mineralogía determinativa), caracterizar (composición química, estructura, hábito cristalino) y clasificar (sistemática) minerales y por el otro aplicar ese conocimiento para entender la génesis de los materiales geológicos y también para resolver problemas de diferente índole (mineralogía aplicada) en otras disciplinas.

Objetivos particulares:

- Comprender las características (físicas, químicas y estructurales) y la clasificación actual de los minerales más importantes.
- Identificar minerales mediante muestras de mano y reconocer las paragénesis y el ambiente donde se formaron.

- Proporcionar al alumno conocimientos teóricos y prácticos sobre los métodos instrumentales (cualitativos y cuantitativos) más importantes de identificación y caracterización mineralógica.
- Relacionar las propiedades físicas y químicas de los minerales con su estructura.
- Entender la relación de la mineralogía con las otras disciplinas del área de Ciencias de la Tierra y de las Ciencia de los materiales.
- Proporcionar al alumno las herramientas básicas para cursar posteriormente de manera exitosa otras actividades académicas como la petrología o la geoquímica y vincular los conocimientos adquiridos en esta actividad académica con los que el alumno/a adquirió en actividades académicas anteriores como la geología general y la química.
- Utilizar a la mineralogía como herramienta de estudio en el área aplicada particular (edafología, minería, medio ambiente, arqueometría, geobiología...) de interés del alumno/a.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción: Definiciones básicas	2	0
2	Cristalografía 2.1 Introducción a la cristalografía (1 hT) 2.2 Cristalografía Geométrica (2hT + 3hP) 2.3 Cristalografía Química (2hT+1hP) 2.4 Cristalofísica (1hT) 2.5 Crecimiento Cristalino (1hT) 2.6 Estabilidad Mineral (1hT)	8	4
3	Propiedades de los minerales y métodos instrumentales de estudio e identificación 3.1. Propiedades físicas (ópticas, mecánicas, otras) (1hT + 2hP) 3.2. Mineralogía óptica (2hT + 2hP) 3.3. Cristalografía de Rayos X (3hT + 2hP) 3.4. Infrarrojo y Raman (2hT + 2hP) 3.5. Microscopía Electrónica y Microsonda electrónica (2hT + 1hP) 3.6. Análisis químico (1hT) 3.7. Inclusiones Fluidas (1hT)	12	9
4	Sistemática 4.1 <i>Silicatos</i> 4.1.1. Nesosilicatos 4.1.2. Ortosilicatos 4.1.3. Sorosilicatos 4.1.4. Ciclosilicatos 4.1.5. Inosilicatos 4.1.6. Filosilicatos 4.2 <i>No Silicatos</i> 4.2.1. Elementos nativos 4.2.2. Óxidos e Hidróxidos	12	6

	4.2.3. Sulfuros y Sulfosales 4.2.4. Haluros 4.2.5. Sulfatos 4.2.6. Carbonatos		
5	Asociaciones minerales (se puede ver juntamente con la sistemática o en forma práctica)		
	5.1. Minerales de rocas sedimentarias 5.2. Minerales de rocas plutónicas 5.3. Minerales de rocas volcánicas 5.4. Minerales de rocas metamórficas	6	0
6	Mineralogía aplicada (en esta parte el/la profesor/a presentará una introducción y permitirá a los/las alumnos/as estudiar y presentar de manera particular o colectiva un pequeño trabajo de investigación en una de estas áreas particulares. Los/las alumnos/as se basarán en la revisión de artículos científicos y utilizarán todos los conocimientos adquiridos durante el semestre)	0	5
	6.1. Minerales como materias primas 6.2. Minerales y medio ambiente 6.3. Minerales y salud (efectos benéficos y perjudiciales) 6.4. Mineralogía aplicada a la conservación del Patrimonio Arqueológico 6.5. Mineralogía aplicada al estudio de los recursos energéticos 6.6. Mineralogía y gemología 6.7. Mineralogía del sistema solar (incluyendo meteoritos) 6.8. Mineralogía de los cementos 6.9. Minerales de precipitación biogénica 6.10 Mineralogía de los suelos		
Subtotales		40	24
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica

- Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J., 2013, An Introduction to Rock-Forming Minerals, Prentice Hall, New Jersey, third edition. ISBN 978-0903056-27-4
- Klein, C., and Dutrow, B. 2007, Mineral Science, John Wiley & Sons, New York, 23 edition, ISBN- 13 978-0-471-72157-4.
- Nesse, W. D., 1999, Introduction to Mineralogy, Oxford University Press, New York.
- Nesse, W. D., 2004, Introduction to Optical Mineralogy, Oxford University Press, Oxford.
- Wenk, H.R., and Bulakh, A., 2011, Minerals Their Constitution and Origin. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-82238-1 & -7

Bibliografía complementaria

- Carretero, M.I., Pozo M., 2007, Mineralogía aplicada: salud y medio ambiente, Editorial Thomson. ISBN 978-84-9732-487-8
- Mukherjee, S., 2011, Applied Mineralogy: Applications in Industry and Environment. Elsevier. ISBN 978-94-007-1161-7 (HB).
- Murray, H.H. (Ed), 2006, Applied Clay Mineralogy Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite, and Common.
- Panczner, W. D., 1987, Minerals of Mexico, Van Nostrand, New York.
- Rautureau, M., de Sousa Figueiredo Gomes, C., Liewig, N., Katouzian-Safadi M., 2017, Clays and Health: Properties and Therapeutic Uses. Springer. ISBN 978-3-319-42883-3.
- Revista ELEMENTS (<http://elementsmagazine.org/>).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Modelación de aguas subterráneas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización: Todos los campos de conocimiento Recomendada para para las áreas de profundización: Hidrogeología Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Hidrodinámica subterránea	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Proporcionar los fundamentos teóricos y prácticos de la modelación de flujo de agua y transporte de solutos no reactivos en formaciones geológicas porosas.

Objetivos particulares:

- Comprender los elementos de un modelo conceptual hidrológico y cómo insertarlos en un modelo.
- Modelar el transporte de solutos no reactivos.
- Modelar el flujo y transporte en medio porosos no saturados.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas
--------	------------------	-------

		Teóricas	Prácticas
1	<p>Flujo subterráneo</p> <p>1.1 Elementos de un modelo conceptual hidrogeológico</p> <p>1.2 Ecuación de continuidad, flujo de agua subterránea</p> <p>1.3 Solución de la ecuación de flujo mediante diferencias finitas (esquemas explícitos, implícitos, mixtos; convergencia, estabilidad, errores)</p> <p>1.4 Introducción a MODFLOW</p> <p>1.5 Ejemplos de implementación en MODFLOW:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pozo en acuífero confinado: la solución de Theis (1) - Flujo en estado estacionario y balance de masa (4 y 5) - No unicidad durante la calibración de un modelo (6) - Consideraciones sobre discretización espacial y paso de tiempo (8) - Calibración y predicción, estado estacionario (9) - Calibración transitoria (10) - Representación de acuitardos y acuíferos semiconfinados (11 y 12) - Técnicas de solución y convergencia (13) 	24	0
2	<p>Transporte de solutos no reactivos en agua subterránea</p> <p>2.1 Difusión y dispersión en medios porosos</p> <p>2.2 Continuidad de masa - Ecuación de advección-dispersión (EAD); número de Péclet, transporte dominado por advección</p> <p>2.3 Transporte de un trazador: escala de columna y escala de campo (heterogeneidad)</p> <p>2.4 Solución de la EAD mediante diferencias finitas (convergencia, estabilidad, errores, oscilaciones no físicas, Péclet numérico)</p> <p>2.5 Solución de la EAD mediante el método de las características</p> <p>2.6 Solución de la EAD mediante métodos TVD (Total Variation Diminishing)</p> <p>2.7 Ejercicio con MT3DMS – Transporte de un trazador a diferentes Pe</p>	20	0
3	<p>Flujo de agua y transporte de solutos en la zona no saturada.</p> <p>3.1 Fundamentos de flujo de agua en la zona vadosa</p> <p>3.2 Ecuación de flujo de agua en la zona vadosa</p> <p>3.3 Solución de la ecuación de flujo mediante diferencias finitas; métodos iterativos para la solución numérica de ecuaciones no-lineales</p> <p>3.4 Ecuación de transporte de solutos en la zona vadosa</p> <p>3.5 Ejercicios de flujo de agua y transporte de solutos utilizando HYDRUS-1D</p>	20	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas	Evaluación del aprendizaje
-------------------------------	-----------------------------------

Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Anderson, Woessner, Hunt, 2015, Applied Groundwater Modeling, 2nd Edition Simulation of Flow and Advective Transport, Academic Press - Batu Vedat, 2005, Applied Flow and Solute Transport Modeling in Aquifers: Fundamental Principles and Analytical and Numerical Methods, CRC Press, Taylor & Francis Group - Andersen P.F., 1993, A manual of instructional problems for the USGS MODFLOW model, EPA/600/R-93/010. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Bailey, Ryan T., Katrin Bieger, Luke Flores, and Mark Tomer. "Evaluating the contribution of subsurface drainage to watershed water yield using SWAT+ with groundwater modeling." Science of The Total Environment 802 (2022): 149962. - Mohtashami, Ali, Seyed Arman Hashemi Monfared, Gholamreza Azizyan, and Abolfazl Akbarpour. "Application of Meshless local Petrov-Galerkin approach for steady state groundwater flow modeling." Water Supply (2022). - Jafarzadeh, Ahmad, Abbas Khashei-Siuki, and Mohsen Pourreza-Bilondi. "Performance assessment of model averaging techniques to reduce structural uncertainty of groundwater modeling." Water Resources Management 36, no. 1 (2022): 353-377. - <p>Revistas electrónicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Advances in Water Resources - Hydrogeology Journal - Groundwater - Journal of Hydrology 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Modelación geoquímica de fluidos hidrotermales

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos geotérmicos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Termodinámica aplicada a procesos geológicos
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Adquirir las herramientas necesarias para desarrollar y proponer modelos geoquímico-numéricos en la solución de problemas que incluyan la interacción agua-roca. Aprender a operar software especializado en modelación geoquímica.

Objetivos particulares:

- Comprender aspectos teóricos-prácticos para el análisis de sistemas hidrotermales mediante la construcción de modelos geoquímicos usando Phreeqc.
- Entender la estructura para la construcción de modelos, operaciones fundamentales y la interpretación de los datos de salida.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre

		Teóricas	Prácticas
1	1. Introducción a modelado geoquímico	4	0
	1.1 Conceptos generales 1.2 Fundamentos termodinámicos 1.3 Geoquimiometría en modelación geoquímica 1.4 Programas de modelación de hidrogeoquímica		
2	El programa Phreeqc	8	8
	2.1 Estructura Phreeqc para windows 2.2 Introducción a la modelación con Phreeqc 2.3 Modelación de procesos		
3	Preparación y construcción de modelos geoquímicos	8	8
	3.1 Datos requeridos para el desarrollo de modelos 3.2 Selección de modelos termodinámicos 3.3 Construcción de modelos 3.4 Interpretación de resultados		
4	Modelado geoquímico en la solución de problemas	8	8
	4.1 Sistema Litosfera-agua subterránea 4.2 Sistema atmósfera-agua subterránea-Litosfera 4.3 Sistema agua subterránea 4.4 Cinética		
5	Aplicaciones industriales	4	8
	5.1 Industria geotérmica 5.2 Minería		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Bundschuh J., and Zilberbrand Z. (2012). Geochemical modeling of groundwater, vadose, and geothermal systems. Leiden, The Netherlands CRC Press/Balkema, 305 p. - Bethke C.M. (2008). Geochemical and biochemical reaction modeling, Second edition, Cambridge University Press, 543 p.

<ul style="list-style-type: none"> - Merkel B.J, Planer-Friedrich B. (2005). Groundwater chemistry a practical guide to modeling of natural and contaminated aquatic system, Edited by Darrell Kirk Nordstrom, Springer, 200 p. - Zhu Chen, Anderson Greg, (2002). Environmental Applications of Geochemical Modeling. Cambridge University Press, 299 p.
<p>Bibliografia complementaria</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Appelo C.A.J., Postma, D., 1993. Geochemistry, groundwater and pollution, Balkema Publisher, Rotterdam, Netherlands, 535 p. - Drever, J.I., 1982. The geochemistry of natural waters. Second edition, Prentice Hall, Inc.437 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Modelación matemática y computacional de sistemas terrestres I

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación) Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria (x)	Indicativa ()	Ninguna ()
	Modelación matemática y computacional de sistemas terrestres II		

Objetivo general:

- Familiarizar al alumno/a con el planteamiento de los modelos físico y matemáticos más importantes en Ciencias de la Tierra, utilizando una teoría unificada que permite su enseñanza de manera más eficiente.

Objetivos particulares:

- Resolver esos modelos mediante la aplicación de métodos numéricos usando tecnologías de cómputo avanzadas.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Formulación axiomática de los modelos básicos	2	2
	1.1 Física microscópica de los modelos básicos 1.2 Cinemática de los sistemas continuos 1.3 Ecuaciones de balance de propiedades extensivas e intensivas		
2	Mecánica de los sistemas continuos clásicos	2	2
	2.1 Conservación de masa 2.2 Balance de momentum lineal 2.3 Balance de momentum angular 2.4 Balance de energía cinética 2.5 Balance de energía interna 2.6 Bases para el transporte del calor		
3	Mecánica de sistemas continuos no clásicos	4	4
	3.1 Sistemas multifásicos 3.2 Transportes de solutos 3.3 Modelos básicos de la producción petrolera		
4	Transporte de solutos por un fluido libre	2	2
	4.1 Ecuación general de transporte de solutos por un fluido libre 4.2 Procesos de transporte: Advección, difusión y generación de masa 4.3 Transporte de solutos con interacciones químicas 4.4 Problemas bien planteados para los modelos de transporte		
5	Flujo de un fluido en un medio poroso	4	4
	5.1 Ecuaciones básicas de flujo de un fluido a través de un medio poroso 5.2 El nivel piezométrico y la Ley de Darcy 5.3 El buen planteamiento de problemas de fluidos en medios porosos		
6	Transporte de solutos por un fluido en un medio poroso	4	4
	6.1 Procesos de transporte: Advección, difusión y generación de masa 6.2 Ecuaciones diferenciales que gobiernan el transporte de solutos 6.3 Problema de transporte bien planteados		
7	Cómputo científico	4	4
	7.1 Python y su ecosistema 7.2 Instalación con anaconda 7.3 Editores: Jupyter, IPython, Spyder 7.4 Herramientas numéricas: Numpy 7.5 Herramientas de análisis: Matplotlib		
8	Métodos numéricos básicos	2	2
	8.1 Algoritmos y convergencia 8.2 Derivadas e integrales numéricas		

	8.3 Álgebra lineal básica 8.4 Aproximación de ecuaciones de balance		
9	Solución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias		
	9.1 Método de Euler 9.2 Métodos de Taylor de alto orden 9.3 Métodos de Runge-Kutta 9.4 Métodos multipaso	4	4
10	10.1 Diferencias finitas de primer y segundo orden 10.2 Diferencias finitas de alto orden 10.3 Métodos explícitos, semi-implícitos e implícitos 10.4 Convergencia, consistencia y estabilidad 10.5 Método de volumen finito en coordenadas Cartesianas	4	4
Subtotales		32	32
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - M. B. Allen, I. Herrera and G.F. Pinder, (1988): "Numerical Modeling Science and Engineering", John Wiley and Sons. - I. Herrera and G.F. Pinder, (2012): "Mathematical Modeling in Science and Engineering: An axiomatic Approach", John Wiley & Sons. - R. J. LeVeque, (2007): "Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, Steady State and Time Dependent Problems", SIAM. - H. Versteeg (Author), W. Malalasekera, (2007): "An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method", 2nd Edition, Pearson Prentice Hall. - R. Burden and J. D. Faires, (1997): "Numerical Analysis", International Thomson Publishing. - Y. Skiba, (2005) : "Métodos y esquemas numéricos: un análisis computacional" , Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM. - Y. Saad, (2004): "Iterative Methods for Sparse Linear Systems", Second Edition, SIAM. http://www-users.cs.umn.edu/~saad/ - H. P. Langtangen, (2008): "Python Scripting for Computational Science", Springer. - Chen Z., Huan G. and Ma Y., 2006, Computational Methods for Multiphase Flows in Porous Media, SIAM. 549 p.

<ul style="list-style-type: none">- Herrera, I. & Herrera G. "Unified Formulation on Enhanced Oil-Recovery Methods", Geofísica Internacional 50 (1) pp., 85-98 2011.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none">- Z. Chen, (2007): "Reservoir Simulation Mathematical Techniques in Oil Recovery", SIAM, Philadelphia, USA.- L.R. Scott, T. Clark and B. Bagheri, (2005): "Scientific Parallel Computing", Princeton Univ. Press



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Modelación matemática y computacional de sistemas terrestres II

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria (x)	Indicativa ()	Ninguna ()
	Modelación matemática y computacional de sistemas terrestres I		
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Familiarizar al alumno/a con una metodología sistemática para la formulación de los modelos de sistemas físicos macroscópicos.

Objetivos particulares:

- Aplicar tales métodos para derivar los modelos básicos de los procesos macroscópicos más usados en la ciencia y la ingeniería.
- Utilizar los resultados así obtenidos para estudiar con mayor amplitud cada uno de ellos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Repaso de la formulación axiomática	8	0
	1.1 Física microscópica y macroscópica 1.2 Cinemática de los sistemas continuos 1.3 Ecuaciones de balance de propiedades extensivas e intensivas 1.4 Modelo general axiomático de la física macroscópica		
2	Recuperación mejorada de aceite	8	0
	2.1 Formulación axiomática de los modelos de la producción petrolera 2.2 El modelo de petróleo negro 2.3 El modelo composicional		
3	Elasticidad lineal	8	0
	3.1 Elasticidad lineal en sólidos 3.2 Análisis de deformación esfuerzos 3.3 Materiales isotrópicos 3.4 Modelos estáticos y modelos dinámicos		
4	Mecánica de fluidos	8	4
	4.1 Ecuaciones de Navier Stokes 4.2 Fluidos incomprensibles y comprensibles 4.3 La teoría de aguas poco profundas		
5	Transporte de solutos por un fluido en un medio poroso	4	4
	5.1 Procesos de transporte : Advección, difusión y reacción 5.2 Ecuaciones diferenciales que gobiernan el transporte de solutos 5.3 Problemas de transporte bien planteados		
6	Sistemas de flujo multifásicos	4	4
	6.1 El caso de flujo saturado y el sistema agua-aceite 6.2 Transporte de múltiples especies: caso flujo saturado 6.3 Problemas bien planteados condiciones de frontera y condiciones iniciales		
7	Cómputo científico avanzado	4	2
	7.1 Métodos de descomposición de dominio 7.2 Método de elemento finito 7.3 Cómputo paralelo		
8	Solución de sistemas de ecuaciones lineales	4	2
	8.1 Métodos directos 8.2 Métodos iterativos 8.3 Algoritmos en paralelo		
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)		

Ejercicios fuera del aula	(x)	Examen final escrito	()
Estudios de caso	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en clase	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	(x)
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de campo	()	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Ensayos	()
Otras (especificar)	()	Control de lecturas	(x)
		Videos	()
		Otras: (Proyectos)	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - M. B. Allen, I. Herrera and G.F. Pinder, (1988): "Numerical Modeling Science and Engineering", John Wiley and Sons. http://mmc.geofisica.unam.mx/cursos/mmst/InfoReferencias/AllenHerreraPinder.pdf - I. Herrera and G.F. Pinder, (2012): "Mathematical Modeling in Science and Engineering: An axiomatic Approach", John Wiley & Sons. - R. Burden and J. D. Faires, (1997): "Numerical Analysis", International Thomson Publishing. - Y. Skiba, (2005) : "Métodos y esquemas numéricos: un análisis computacional" , Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM. - Y. Saad, (2004): "Iterative Methods for Sparse Linear Systems", Second Edition, SIAM. http://www-users.cs.umn.edu/~saad/ - H. P. Langtangen, (2008): "Python Scripting for Computational Science", Springer. - R. Barrett et al., (1994): "Templates for the Solution of Linear Systems: Building Blocks for Iterative Methods", SIAM. http://www.netlib.org/templates/templates.pdf - J. Dongarra, Level3 BLAS-I-TOMS 16-90 http://www.netlib.org/lapack - R. J. LeVeque, (2002): " Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems", Cambridge University Press. - H. Versteeg (Author), W. Malalasekera, (2007): "An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method", 2nd Edition, Pearson Prentice Hall. - Z. Chen, (2005): "Finite Element Methods and Their Applications", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. - Gurtin, M., (1981) An Introduction to Continuum Mechanics, Academic Press, N. Y. - Brezzi F., Fortin M., (1991) Mixed and Hybrid Finite Element Methods, Springer, N. Y. - Quarteroni, A., and Valli, A., (1994) Numerical Approximation of Partial differential Equations, Springer Verlag, Berlin 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Z. Chen, (2007): "Reservoir Simulation Mathematical Techniques in Oil Recovery", SIAM, Philadelphia, USA. - L.R. Scott, T. Clark and B. Bagheri, (2005): "Scientific Parallel Computing", Princeton Univ. Press. - R.W. Shonkwiler and L. Lefton, (2006): "An introduction to Parallel and Vector Scientific Computing", Cambridge University Press. - W. Gropp, E. Lusk and A. Skjellum, (1999): "Using MPI", Segunda edición, The MIT Press. - G.E. Karniadis and R.M. Kirby, (2003): "Parallel Scientific Computing in C++ and MPI", Cambridge University Press. 	

- D.B. Kirk and W.W. Hwu, (2010): "Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach", Elsevier



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

UNAM
POSGRADO

Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Modelación Numérica de la Atmósfera

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Meteorología y oceanografía física Cambio climático y climatología física Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los conceptos fundamentales de la modelación numérica.

Objetivos particulares:

- Comprender los modelos actuales de circulación oceánica y atmosférica.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	4	0
	1.1. Qué es la modelación numérica 1.2. Repaso de Matlab 1.3. Repaso de archivos NetCDF 1.4. Repaso de Bash		
2	Repaso de ecuaciones diferenciales	4	0
	2.1. Ecuaciones diferenciales ordinarias 2.2. Ecuaciones diferenciales parciales 2.2.1. Elípticas 2.2.2. Parabólicas 2.2.3. Hiperbólicas		
3	Soluciones numéricas de EDO	4	0
	3.1. Método de Euler 3.2. El método de Runge Kutta 3.3. Métodos RK de diferente orden 3.4. Programación y ejemplos de diferentes métodos		
4	Trazadores	4	0
	4.1. Ecuación de un trazador 4.2. Discretización de la ecuación de un trazador 4.3. Métodos lagrangianos		
5	Diferencias finitas	4	0
	5.1 El método de punto de malla 5.2. Método de diferencias finitas 5.3. Diferentes esquemas de diferencias finitas 5.4. Esquemas de dos pasos 5.5. Esquemas de tres pasos		
6	Estabilidad numérica	4	0
	6.1. Criterio de Courant-Fredrich-Lewy 6.2. Análisis de Von Neumann 6.3. Convergencia 6.4. Estabilidad numérica de la ecuación de advección con diferentes esquemas		
7	Ecuaciones de aguas someras	4	0
	7.1. Ondas de gravedad en una dimensión 7.2. Ondas de gravedad en dos dimensiones 7.3. Conservación de masa, energía y enstrofia		
8	Difusión, advección y fricción	4	0
	8.1 Ecuación de difusión 8.2 Fricción de Rayleigh 8.3 Ecuación de calor 8.4 Ecuación de advección-difusión		
9	Condiciones de frontera	4	0
	9.1. Fronteras abiertas 9.2. Fronteras cerradas 9.3. Anidamientos		
10	Forzamientos	4	0

	10.1. Forzamientos en superficie 10.2. Fricción de fondo 10.3. Forzamientos en la frontera abierta		
11	Capa límite 11.1. Capa mezclada oceánica 11.2. Capa límite en la atmósfera	4	0
12	Sistemas implícitos y semi-implícitos	4	0
13	Ecuación de Laplace y de Poisson	4	0
14	Sistemas de Coordenadas 14.1. Coordenadas horizontales estructuradas. Mallas Arakawa 14.2. Coordenadas horizontales no estructuradas 14.3. Coordenadas verticales	4	0
15	Otros métodos de discretización de las ecuaciones 15.1. Volumen finito y elemento finito 15.2. Métodos espectrales	4	0
16	Modelos de última generación 16.1. Modelo WRF 16.2. Modelos ADCIRC 16.3. Modelo FVCOM 16.4. Modelo HYCOM	4	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Exposición audiovisual	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Ejercicios fuera del aula	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Seminarios	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Asistencia	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio (cómputo)	()	Otras:	
Prácticas de campo	()	Reporte final del trabajo de investigación.	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Döös, K., Brodeau, L. & Lundberg, P. (2016). Numerical Methods in Meteorology and Oceanography. - Strikwerda, J. C. (2004). Finite difference schemes and partial differential equations. Siam. - Kämpf, J. (2009). Ocean Modelling for Beginners: Using Open-Source Software. Springer Science & Business Media. - Kämpf, J. (2010). Advanced Ocean Modelling: Using Open-source Software. Springer Science & Business Media. - Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2007). An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume method. Pearson Education. 	

Bibliografía complementaria

Artículos en revistas indizadas.

- Abdolali, Ali, Andre van der Westhuysen, Zaizhong Ma, Avichal Mehra, Aron Roland, and Saeed Moghimi. "Evaluating the accuracy and uncertainty of atmospheric and wave model hindcasts during severe events using model ensembles." *Ocean Dynamics* 71, no. 2 (2021): 217-235.
- Abril, J. M., and H. Barros. "Modelling the kinetic reactive transport of pollutants at the sediment-water interface. Applications with atmospheric fallout radionuclides." *Journal of Environmental Radioactivity* 242 (2022): 106790.
- Gregory, Bethan S., Mark W. Claire, and Sarah Rugheimer. "Photochemical modelling of atmospheric oxygen levels confirms two stable states." *Earth and Planetary Science Letters* 561 (2021): 116818.
- Kerboua, Kaouther, Oualid Hamdaoui, and Saeed Al-Zahrani. "Sonochemical production of hydrogen: A numerical model applied to the recovery of aqueous methanol waste under oxygen-argon atmosphere." *Environmental Progress & Sustainable Energy* 40, no. 2 (2021): e13511.
- Lee, Joonlee, Myong-In Lee, and Joong-Bae Ahn. "Importance of ocean initial conditions of late autumn on winter seasonal prediction skill in atmosphere–land–ocean–sea ice coupled forecast system." *Climate Dynamics* (2022): 1-14.
- Grabowski, Wojciech W. "Rainfall modeling." In *Rainfall*, pp. 49-76. Elsevier, 2022.
- DeCaria, A. and Van Knowe, G. E., 2014, *A First Course in Atmospheric Numerical Modeling*. Sundog Publishing, 320 p.
- Kalnay, E., 2003, *Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability*. Cambridge University Press, 341 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Observación, procesamiento e interpretación sismológica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Sismología	
Modalidad	Curso		Tipo	Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 0	Teóricas: 0
			Prácticas: 4	Prácticas: 64
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Sismología	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Capacitar a los alumno/as en las técnicas, algoritmos e interpretación de las diversas señales sísmicas, así como el uso de los algoritmos computacionales para el procesamiento de este tipo de señales.

Objetivos particulares:

- Aprender técnicas computacionales para el monitoreo sísmico.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas Semestre	
		Teóricas	Prácticas

1	Sismos	0	7
	1.1 Ondas sísmicas 1.2 Propagación de ondas sísmicas 1.3 Magnitud e intensidad		
2	Manejo y Procesamiento de Señales Sísmicas	0	7
	2.1 Visualización de sismogramas, identificación de las diferentes fases y lectura de arribos 2.2 Escalamiento de amplitudes y corrimiento de tiempo 2.3 Ajuste de la media promedio 2.4 Rotación de componentes 2.5 Integración y diferenciación 2.6 Transformada de Fourier 2.7 Coordenadas cartesianas, polares y dependientes de la frecuencia 2.8 Filtrado 2.9 Análisis de polarización 2.10 Espectrograma		
3	Redes Sísmicas	0	7
	3.1 Diseño de redes sísmicas; selección de instrumentos 3.2 Ventajas y limitaciones instrumentales 3.3 Evaluación de la red sísmica en función de la distribución de estaciones y del modelo de velocidades		
4	Localización de Sismos	0	7
	4.1 Selección de modelos de velocidades 4.2 Correcciones de sitio 4.3 Localización de sismos 4.4 Programas de localización y graficación de epicentros 4.5 Ejemplos de localizaciones e interpretaciones 4.6 Evaluación de localizaciones sísmicas		
5	Atenuación Sísmica	0	7
	5.1 Principios 5.2 Aplicaciones a determinación de zonas de alta atenuación sísmica		
6	Tomografía	0	7
	6.1 Generalidades 6.2 Regional 6.3 De alta resolución		
7	Mecanismos Focales	0	7
	7.1 Fundamentos 7.2 Determinación de mecanismos focales 7.3 Interpretación de mecanismos focales		
8	Parámetros de Fuente	0	7
	8.1 Análisis espectral 8.2 Momento sísmico 8.3 Longitud de falla 8.4 Caída de esfuerzos 8.5 Interpretación de parámetros de fuente		
9	Sismología Volcánica	0	8
	9.1 Sismos Volcánicos		

	9.2 Clasificación de las señales sísmicas de origen volcánico y aplicación de los análisis antes mencionados a estas señales		
	9.3 Evaluación de los diferentes modelos propuestos para definir el origen del tremor volcánico		
	9.4 Correlación del monitoreo sísmico con otros parámetros medidos en volcanes		
	Subtotales	0	64
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - International Handbook of Earthquake and Engineering, Volume A and B. The International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI), Edit. Academic Press, 2003. - Lee, W.H.K, and S.W. Stewart. Principles and applications of microearthquake networks, Advances in Geophysics, Supplement, no 2, 293 pp., Academic Press, New York, 1981.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - New Manual of Seismological Observatory Practice; GeoForschungZentrum Potsdam.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Oceanografía física

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campos de conocimiento y áreas de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Meteorología y oceanografía física	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los principios de la oceanografía física y su influencia en los procesos atmosféricos.

Objetivos particulares:

- Comprender los principales factores oceánicos determinantes del clima.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Panorama de la Oceanografía Física	4	0
	1.1. Propósitos, estructura y métodos de la Oceanografía Física. 1.2. Marco y evolución histórica de la Oceanografía Física. 1.3. La Oceanografía Física contemporánea: conceptos fundamentales, observación del océano, modelación numérica de la dinámica oceánica y experimentación.		
2	La fisiografía y geografía del océano mundial	4	0
	2.1. Dimensiones fundamentales de la Tierra y los rasgos elementales de las cuencas oceánicas. 2.2. Evolución geológica del océano 2.3. Trincheras, cordilleras, plataformas 2.4. Lagunas, estuarios y ríos		
3	Forzamiento atmosférico	4	0
	3.1. Viento. Circulación general de la atmósfera. Celdas de Hadley y Ferrel. 3.2. Flujos de calor. Radiación solar y procesos radiativos. 3.3. El ciclo hidrológico de la Tierra. 3.4. Procesos de interacción océano-atmósfera.		
4	Características físicas del agua de mar	4	0
	4.1. Temperatura en el océano mundial. Distribución espacial y perfiles verticales. 4.2. Salinidad. Distribución espacial característica de la salinidad en el océano. 4.3. Densidad. Distribución espacial y perfiles verticales típicos de la densidad en el océano. 4.4. La ecuación de estado del agua de mar. 4.5. Masas de agua y diagramas T/S.		
5	Balance de calor en el océano	4	0
	5.1. El balance de calor en el océano 5.2. Los flujos de calor entre el océano y la atmósfera 5.3. Cálculos directos e indirectos de los flujos de calor 5.4. Transporte meridional de calor		
6	Principios de conservación	4	0
	6.1. Fuerzas en el océano 6.2. Sistemas de coordenadas 6.3. Conservación de masa y la Ecuación de Continuidad. 6.4. Conservación de momento. Ecuaciones de movimiento. 6.5. Conservación de energía.		
7	Circulación general del océano	6	0

	7.1. Equilibrio hidrostático. El geopotencial. 7.2. Movimiento inercial. 7.3. Capa superficial de Ekman y aplicaciones de la teoría de Ekman. 7.4. Equilibrio geostrófico y corrientes geostróficas. 7.5. Circulación forzada por viento. 7.6. Teoría de Sverdr		
8	Ondas en el océano		
	8.1. Ondas internas. Estratificación del océano. Estabilidad estática y frecuencia de Brunt-Väisälä 8.2. Ondas inercio-gravitatorias: ondas de Poincarè y de Sverdrup. 8.3. Ondas que manifiestan los efectos de frontera: ondas de Kelvin. 8.4. Ondas planetar	6	0
9	Circulación profunda del océano		
	9.1. Definición e importancia de la circulación profunda 9.2. Teoría de la circulación profunda 9.3. Observación de la circulación profunda	4	0
10	Mareas y procesos costeros		
	10.1. Fuerzas generadoras y modelos teóricos de la marea oceánica. 10.2. Mediciones de la marea 10.3. Variaciones del nivel del mar y corrientes provocadas por la marea. 10.4. Predicción de mareas. 10.5. Circulación sobre la plataforma continental	4	0
11	Oleaje		
	11.1. Olas no lineales 11.2. Mediciones de oleaje 11.3. Importancia del océano en el clima	4	0
12	El océano y el clima		
	12.1. Importancia del océano en el clima 12.2. Cambio climático en el océano	4	0
13	Observación y medición de variables físicas en el océano		
	13.1. Métodos e instrumentación para medir corrientes oceánicas. 13.2. Percepción remota y oceanografía satelital.	4	0
14	Descripción de modelos numéricos de la circulación del océano		
	14.1. Tipos de modelos numéricos	4	0
15	Oceanografía de los mares mexicanos		
	15.1. El Golfo de California	4	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Seminarios	()		

Aprendizaje basado en problemas	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en clase	(x)
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Participación en foros	()
Prácticas de campo	()	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	()
Otras (especificar)	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras:	()
		Reporte final del trabajo de investigación	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
- Apel, J. R. (1987) Principles of Ocean Physics. New York: Academic Press.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Cushman-Roisin, B., & Beckers, J. M. (2011). Introduction to geophysical fluid dynamics: physical and numerical aspects. Academic press. http://www.ccpo.odu.edu/~klinck/Reprints/PDF/roisinGFD2010.pdf - Gerold, S. Church, J. and Gould, J. (2001). Ocean Cir - Kundu, P. K. (1990) Fluid Mechanics. San Diego: Academic Press Inc. - Neumann G. and W. J. Pierson (1966) Principles of Physical oceanography. New Jersey: Prentice Hall. - Open University (1989)a: Ocean Circulation. Oxford, Pergamon Press. - Open University (1989)b: Seawater: Its Composition, Properties and Behaviour. Oxford: Pergamon Press.-Open University (1989)c: The Ocean Basins: Their Structure and Evolution. Oxford: Pergamon Press. - Open University (1989)d: Waves, Tides and Shallow-Water Processes. Oxford: Pergamon Press.-Pedlosky, J. (1996) Ocean Circulation Theory. Berlin: Springer-Verlag. - Pickard, G. L. and W. J. Emery (1990) Descriptive Physical oceanography. An Introduction. Fifth enlarged edition. Oxford: Pergamon Press.-Pinet, Paul R. (2000) Invitation to Oceanography. 2nd Edition. Sudbury, Massachusetts: Jones and Bartlett Publishers. - Pond, S and Pickard G. L. (1978) Pickard, Introductory Dynamic Oceanography. Pergamon Press.Oxford.-Stewart, Robert H. (2008) Introduction to Physical Oceanography. https://github.com/introocean/introocean-en/releases/tag/v20200229 - Stommel, H. M. (1976) The Gulf Stream. University of California Press.-Stommel, H. M. (1987) A View of the Sea. Cambridge: Princeton University Press. - Stommel, H. M. and D. W. Moore (1989) An Introduction to the Coriolis Force. Cambridge: Cambridge University Press.-Thurman, Harold V. and Elizabeth A. Burton (2001) Introductory Oceanography. 9th Edition. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. - Tomczak, M. and J. S. Godfrey (1994) Regional Oceanography: An Introduction. London: Pergamon.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Paleobotánica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Paleontología Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Aprender los fundamentos de la paleobotánica.

Objetivos particulares:

- Comprender el origen y relaciones de los grupos mayores de plantas.
- Reconocer la evolución de las plantas en el registro fósil.
- Comprender los patrones evolutivos y las relaciones filogenéticas.
- Aplicar los conocimientos adquiridos durante en el curso en la resolución de los problemas planteados en el proyecto de tesis o investigación.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción al curso. Clasificación. Primer registro de vida 1.1.- Los fósiles y sus métodos de preservación. 1.2.- Tafonomía y reconstrucción de plantas. 1.3.- Los sistemas de clasificación y la parataxonomía. 1.4.- El registro de vida precámbrico, las algas.	6	6
2	Hongos, briofitas, plantas pre-vasculares y primeras plantas vasculares 2.1.- ¿Qué es una planta vascular? 2.2.-Las primeras plantas vasculares: Rhyniopsida, Zosterophyllopsida, Trimerophytosida. 2.3.-El origen de las microfilas: <i>Asteroxylon</i> y los primeros licopodios. 2.4.-Licopodios herbáceos: Drepanophycales, Protolpidodendrales, Lycopodiales.	8	8
3	Briofitas, helechos y primeras plantas con semilla 3.1.- Licopodios arborecentes: Pleuromeiales, Isoetales, Selaginellales, Lepidodendrales. 3.2.-Hyeniales, Pseudoborniales, Noeggerathiales, Calamitales, Sphenophilliales, Equisetales. 3.3.-Los primeros helechos: Cladoxylales, Rhacophytales, Coenopteridales. 3.4.-Filicopsida: Marattiales, Ophioglosales, Filicales, Salviniales, Marsiliales.	8	8
4	Evolución de la semilla 4.1.- Introducción a las plantas con semilla. 4.2.- Lyginopteridaceae: reproducción hydrospermaica 4.3.- Evolución de la semilla. 4.4.- Progimnospermas: Aneurophytales, Archaeopteridales, Protospityales. 4.5.- Gimnospermopsida: Pteridospermales Callistophytaceae, Medullosaceae, Caytoniales Caytoniaceae, Croytospermaceae, Glossopteridales, Pentoxylales, Czekanowskiales, Ginkgoales.	8	8
5	Evolución del cono masculino y fruto 5.1.- Coníferas y el origen del complejo escama ovulífera bráctea. 5.2.- Origen de las angiospermas.	2	2
Subtotales		32	32
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()		

Aprendizaje basado en problemas	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en clase	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Participación en foros	()
Prácticas de campo	(x)	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	()
Otras (especificar)	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en Paleontología o en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Cleal, C.J.; Thomas, B.A. 2009. An Introduction to Plant Fossils. Cambridge University Press, 248 pp. - Kenrick, P.; Crane, P. R. 1997. The Origin and Early Diversification of Land Plants. A Cladistic Study. 441 pp. Washington, London: Smithsonian Institution Press. - Stewart, W.N.; Rothwell, G.W. 2009. Paleobotany and the Evolution of Plants. Cambridge University Press, 536 pp. - Taylor, E.; Taylor, T.; Krings M. 2009 (second edition). Paleobotany. The Biology and Evolution of Fossil Plants. Academic Press is an imprint of Elsevier. ISBN: 9780123739728. 1230 pp. - Willis, K.; McElwain J. 2014 (first edition 2002). The Evolution of Plants – Oxford University Press, ISBN 978-0-19-929223-3. 398 pp.
Bibliografía complementaria
<p>Se proporcionará en clase artículos recientes complementarios.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bora, L., 2010, Principles of Paleobotany. Mittal Publications, 265 p. - Bilwa, L. Mahesh. Aspects of Micropaleontology. Studera Press, 2022. - Patil, Yogesh P. Paleobotany, Gymnosperm & Morphology of Angiosperm. Vol. 1. 2021. - Sharma, Rajat, Vinod Kumar, and Rakesh Kumar. "Distribution of phytoliths in plants: A review." Geology, Ecology, and Landscapes 3, no. 2 (2019): 123-148.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Paleomagnetismo y magnetismo de rocas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Geomagnetismo y paleomagnetismo	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Presentar de manera accesible para los Geólogos, Geofísicos, Físicos y Licenciados en Ciencias de la Tierra los últimos avances de paleomagnetismo y sus aplicaciones.

Objetivos particulares:

- Comprender los fundamentos del paleomagnetismo
- Aprender técnicas de paleomagnetismo y sus aplicaciones

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Unidades magnéticas	8	2

	<ul style="list-style-type: none"> - Momento magnético y magnetización - Magnetización inducida y remanente - Generación y conservación del campo magnético terrestre - Fluctuaciones del campo magnético 		
2	Introducción a la teoría del ferromagnetismo de Néel <ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de relajamiento - Dia, para y superparamagnetismo - Estados magnéticos - Energía de intercambio y fluctuaciones térmicas - Punto de Curie y punto de Néel 	8	0
3	Mineralogía magnética <ul style="list-style-type: none"> - Soluciones sólidas magnetita-ulvospinela - Soluciones sólidas hematita-ilmenita - Titanomaghemitas - Otros minerales magnéticos - Parámetros de ciclo de histéresis - Curvas termomagnéticas - Magnetización termoremanente - Magnetización detrítica y post-detrítica - Magnetización viscosa y termoviscosa - Magnetización isotérmica y anistérmica - Magnetización química y cristalina - Otros tipos de magnetización remanente 	8	2
4	Desde el campo hasta el laboratorio <ul style="list-style-type: none"> - Instrumentaciones paleomagnéticas y técnicas de tratamiento magnético - Tratamiento de datos paleomagnéticos y análisis estadístico - Paleointensidad absoluta y relativa del campo magnético - Variación paleosecular 	8	4
5	Estratigrafía magnética de alta resolución <ul style="list-style-type: none"> - Escala de referencia de polaridad geomagnética - Correlaciones magnetostratigráficas de formaciones continentales y oceánicas - Datación magnética 	8	4
6	Tratamientos magnéticos <ul style="list-style-type: none"> - Determinación de las direcciones medias - Polos Geomagnéticos Virtuales - Reconstrucciones paleogeográficas globales - Rotaciones tectónicas regionales y locales 	8	4
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)

Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Butler, R., Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic terranes, Tucson, Arizona, 2002. - Dunlop, D. and O. Ozdemir, Rock-Magnetism, Fundamentals and Frontiers, Cambridge University Press, 573pp. 1998 - McElhinny & McFadden Paleomagnetism: Continents and Oceans (International Geophysics), Ed Academic Press. Meryll and McElhinny, 1998. The Magnetic Field of the Earth, Volume 63: Paleomagnetism, the Core, and the Deep Mantle (International Geophysics) Ed. AP - Vander Voo, 2005. Paleomagnetism of the Atlantic, Tethys and Iapetus Oceans, Cambridge Press. Tauxe, L. 2010. Essentials of Paleomagnetism, Berkeley: University of California Press - Tauxe L , Lectures in Paleomagnetism, http://earthref.org/MAGIC/books/Tauxe/2015/index.html, 2015
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism Editors: Gubbins, David, Herrero-Bervera, Emilio (Eds.) SPRINGER, 2007



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Paleontología de invertebrados

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Paleontología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Obtener conocimientos conceptuales sobre el significado e importancia del estudio de los invertebrados fósiles.

Objetivos particulares:

- Discutir temas como el origen de la vida, el papel de los fósiles en la evolución, las extinciones, la historia de la paleontología, etc.
- Estudiar los grupos de interés para la Paleontología, con énfasis en los que son más importantes para México.
- Adquirir conocimientos para reconocer a los diversos grupos de invertebrados, tanto desde el aspecto de su morfología, como de sus edades y paleoambientes más representativos.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	6	6
	1.1 Los conceptos de paleontología y paleobiología, diversos tipos de fósiles, procesos de fosilización, historia de la Paleontología.		
2	Eventos extraordinarios de la Historia	6	6
	2.1 Origen de la vida 2.2 Evolución en el precámbrico 2.3 Metazoarios del precámbrico 2.4 Origen de las partes duras 2.5 Invertebrados del precámbrico tardío-cámbrico temprano 2.6 Invertebrados del paleozoico 2.7 Invertebrados del mesozoico 2.8 Invertebrados del terciario		
3	El proceso evolutivo y el registro fósil	6	6
	3.1 Paleontología molecular 3.2 Especialización, Microevolución 3.3 Patrones de diversificación 3.4 Extinciones		
4	Metodologías de la investigación paleontológica	6	6
5	Estudio morfológico, estratigráfico, paleontológico y paleogeográfico de los siguientes phyla	8	8
	Tipos de cuencas y potencial petrolero (casos de estudio) 5.1 Phylum PORIFERA (Esponjas). 5.2 Phylum ARCHAEOCYATHA (Arqueociatidos) 5.3 Phylum COELENTERATA (corales). 5.4 Phylum BRYOZOA (Briozoarios). 5.5 Phylum BRACHIOPODA (Braquiopodos). 5.6 Phylum ARTHROPODA (Artrópodos). 5.7 Phylum ECHINODERMATA (Equinodermos).		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras	()	Videos	()
Seminarios, tareas, reportes de prácticas	(x)	Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			

Doctorado en temas afines al curso que se propone.

Bibliografía básica

- Buitrón, Blanca Estela, 1998. Paleontología General de Invertebrados. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Briggs, P.E. y Crowther, P.R. (Editores). Paleobiology, a synthesis. Black-well Scientific Publishers, United Kingdom.

Bibliografía complementaria

- Moore, R. C. (Editor) Treatise on Invertebrate Paleontology. Volúmenes de la A a la W. Geological Society of America and University of Kansas Press. Sosa-Patrón, A., y Cara-Valdés, L. 2001. Subsistemas generadores del sureste de México. Boletín AMGP, 49, 85-104.
- Wawrzyniec, t., Fouad, K., Schultz-Ela, D., Ambrose, W., Jennette, D., Sakurai, S., Guevara, E., Aranda, M., Alvarado, J., Hernández, U., Macías, E., Román, J., Rosas, C., Rosas, K., y Salomon, L., 2003. Cenozoic deformation styles of the Laguna Madre-Tuxpan Shelf and Mexican Ridges Fold Belt, Mexico. GCAGS/GCSSEPM Transactions, 53, 846-858.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra



Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Paleontología de vertebrados

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Paleontología	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (X)

Objetivo general:

- Comprender la importancia del estudio del registro fósil de los vertebrados como una herramienta que ayuda a entender la evolución de este grupo a través del tiempo.

Objetivos particulares:

- Entender las principales características de los vertebrados.
- Comprender la historia evolutiva de los vertebrados.
- Reconocer las características de cada grupo de vertebrados.
- Identificar las potenciales líneas de investigación de este grupo en México.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción		
	1.1 Concepto de paleontología 1.2 Fósil y fosilización 1.3 Tipos de fósiles 1.4 Tafonomía	8	8
2	Vertebrados		
	2.1 Características generales	8	8

	2.2 Esqueleto cartilaginoso y óseo 2.3 Partes del esqueleto 2.4 Características generales 2.5 Esqueleto cartilaginoso y óseo 2.6 Partes del esqueleto 2.7 Características generales 2.8 Esqueleto cartilaginoso y óseo		
3	Historia evolutiva 3.1 Origen de los vertebrados 3.2 Peces sin mandíbulas 3.3 Aparición de las mandíbulas 3.4 Placodermos, acantodios, condriictios, osteichthyes, sarcopterigios y actinopterigios 3.5 Adaptaciones a la vida terrestre: primeros anfibios 3.6 Laberintodontos y leospóndilos 3.7 Anfibios modernos 3.8 Huevo amniota: reptiles 3.9 Anápsidos, euriápsidos, diápsidos lepidosaurios y diápsidos arcosaurios: 3.10 Dinosaurios: origen, diversificación y extinción 3.11 Aves: adaptaciones para el vuelo 3.12 Reptiles sinápsidos, terápsidos y el origen de mamíferos 3.13 Primeros mamíferos, multituberculados, monotremas y marsupiales 3.14 Diversificación de los mamíferos placentarios y ordenes	8	8
4	Registro paleovertebralógico mexicano 4.1 Grupos hallados 4.2 Perspectivas de investigación	8	8
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Seminarios	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en el campo correspondiente.			
Experiencia en el estudio en algún grupo de vertebrados.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Benton, M. J. 2014. Vertebrate Paleontology. Wiley-Blackwell. 480 pp. - Carroll, R. L. 1988. Vertebrate Paleontology and evolution. W.H. Freeman and Company, New York. 698 pp. - Kardong, K. W. 1999. Vertebrados. Anatomía comparada, Función, Evolución. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid, 732 p. - Pough, F. H., Janis, C. M. y Heiser, J. B. 2012. Vertebrate Life. Pearson, 720 pp. - Vega, F. J., Nyborg, T. G., Perilliat, M. C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S.R. S. y Quiroz-Barroso, S. A. 2006. Studies on Mexican Paleontology. Springer, 308 pp.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Chatterje, S. 1997. The Rise of Birds: 225 Million Years of Evolution. Johns Hopkins University Pres, 328 pp. - Carroll, R. 2009. The Rise of Amphibians: 365 Million Years of Evolution. Johns Hopkins University Pres, 392 pp. - Long, J. A. 2010. The Rise of Fishes: 500 Million Years of Evolution. Johns Hopkins University Pres, 304 pp. - Prothero, D. R. 2006. After of dinosaurs: The age of mammals. Indiana University Press, 384 pp. - Sues, H-D. 2019. The Rise of Reptiles: 320 Million Years of Evolution. Johns Hopkins University Pres, 400 pp.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Paleopalinología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Paleontología Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas:2	Teóricas:32
			Prácticas:2	Prácticas:32
			Total: 4	Total:64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los fundamentos, las herramientas y las aplicaciones de la paleopalinología en estudios estratigráficos.

Objetivos particulares:

- Entender la ontogenia del polen.
- Comprender las características del polen de interés taxonómico.
- Entender los métodos y técnicas de análisis de polen
- Utilizar información de palinomorfos para la reconstrucción paleoambiental y la bioestratigrafía.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Generalidades de la Paleopalinología y Actuopalinología	2	4
2	Ontogenia del polen y función de la pared	2	4

	2.1 Microsporogénesis en Angiospermas. 2.2 Evidencias de polinización entomófila en el registro fósil.		
3	Caracteres de interés taxonómico en polen-esporas 3.1.1 Asociación, polaridad, simetría y forma. 3.1.2 Aberturas en esporas y granos de polen. 3.1.3 Nomenclatura de la Exina: estratificación de la exina, estructura y escultura.	6	4
	Muestreo y submuestreo en paleopalinología. Técnicas de extracción de palinomorfos./ Paleopalinología 4.1 Palinofacies y paleoambientes. 4.2 Bioestratigrafía y correlación.	6	8
5	Palinoestratigrafía 5.1 Ejemplos de investigaciones palinoestratigráficas en el Paleozoico. 5.2 Investigaciones palinoestratigráficas del Mesozoico. 5.3 Estudios palinoestratigráficos en el Cenozoico.	6	4
6	Paleocuencas Cenozoicas de México 6.1 Paleopalinología del Paleógeno. 6.2 Paleopalinología del Neógeno.	4	4
7	Paleofitogeografía: casos de estudio 7.1 En el Mesozoico. 7.2 En el Cenozoico.	6	4
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Seminarios	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras:	
		Tareas, seminarios, reportes de prácticas	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en áreas afines a los campos de conocimiento o áreas de profundización indicadas.
Haber publicado cuando menos una obra o artículo referente al campo de conocimiento o a las áreas de profundización indicadas.

Bibliografía básica

- Jansonius J. y McGregor. *Palynology: Principles and Applications*, Volumes 1, 2 and 3. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.
- Pragłowski, J. y Bhoj Raj 1979. On some pollen morphological concepts. *Grana* 18: 109-113.
- Punt W, Hoen PP, Blackmore S, Nilsson S, Le Thomas A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 143: 1–81.
- Traverse, A. 1988. *Paleopalynology*. Springer, 813 p.

Bibliografía complementaria

- Audran, Jean-Claude y E. Masure, 1978. La sculpture et l'infrastructure du sporoderme de *Ginkgo biloba* comparées à celles des enveloppes polliniques des Cycadales. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 26 : 363-387.
- Biaggi, R.E., 1978. *Palynology and Paleocology of some Oligo-Miocene Sediments from Chiapas, Mexico*. Tesis de Maestría. Walla Walla Collage, California. U.S.A (92p).
- Blackmore, S. y S. H. Barnes 1990. Pollen wall development in angiosperms. In: *Microspores. Evolution and Ontogeny*, p.173-192. Blackmore S. y R. B. Knox editores, Academic Press, 347 p. Blackmore Stephen y Susan H. Barnes 1986. Harmomegathic mechanisms in pollen grains. In: *Pollen and Spores. Forms and Function*, p. 137-149. Blackmore S. y I.K. Ferguson editores. Linnean Society Symposium Series, Number 12, Academic Press, 443 p.
- Doyle, J.A. 2005. Early evolution of angiosperm pollen as inferred from molecular and morphological phylogenetic analyses. *Grana* 44:227-251.
- El-Ghazali G.E.B. 1990. An illustrated key to endoaperture morphology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 63: 227-231.
- Faegri, K., e Iversen J. 1989. *Textbook of Pollen Analysis*. Capítulo: 11.3.3. Microscopic technique, p. 217-219. IV Edición por Faegri, K., P. E. Kaland y K. Krzywinski, John Wiley & Sons, New York, 328 p.
- Graham, A., 1987. Tropical American Tertiary Floras and Paleoenvironments: Mexico, Costa Rica, and Panama. *Am. J. Bot.* 74, 1519–1531.
- Graham, A., Jarzen, D.M., 1969. *Studies in Neotropical Paleobotany. I. The Oligocene communities of Puerto Rico*. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 56, 308–357.
- Grimm, E.C., 1987. CONISS: a Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis.
- Helenes, J., De Guerra, C., Vasquez, J., 1998. Palynology and chronostratigraphy of the Upper cretaceous in the subsurface of the Barinas Area, Western Venezuela. *AAPG Bull.* 82 (7), 1308–1328. <https://doi.org/10.1306/1D9BCA61-172D-11D7-8645000102C1865D>. Helenes-Escamilla, J., Carreño, A.L., Carrillo-Berumen, R.M., 2009. Middle to late Miocene chronostratigraphy and development of the northern Gulf of California Marine. *Micropaleontology* 72 (1–2), 10–25. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2009.02.003>.
- Heslop-Harrison, J. 1979. Pollen wall as adaptative systems. *Annals Missouri Botanical Garden* 66: 813-829.
- Erdtman G. 1960. The acetolysis method. A revised method. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54: 561–564.
- Muir, M.D. 1977. *Palynology: Part II Dinoflagellates, Acritarchs, and other microfossils*. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. Stroudsburg, Pennsylvania.
- Kedves, M. 1985. LM., TEM. and SEM. investigations on recent inaperturate gymnospermatophyta pollen grains. *Acta Biol. Szeged* 31: 129-146.
- Lugardon, B. 1976. Sur la structure fine de l'exospore dans les divers groupes de ptéridophytes actuelles (microspores et isospores). In: *The evolutionary significance of the exine*. Edit. Y. K. Ferguson y J. Muller, Linnean Society Symposium Series No. 1:231-250.
- Martínez-Hernández, E., 1992. Caracterización ambiental del Terciario de la región de Ixtapa, estado de Chiapas – un enfoque palinoestratigráfico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 10, 54–64.

- Martínez-Hernández, E., Hernández-Campos, H.E., 1991. Distribución de quistes de dinoflagelados y acritarcas en sedimentos Holocénicos del Golfo de California. *Paleontología Mexicana* 57, 1–120.
- Martínez-Hernández, E., Ramírez-Arriaga, E., 1999. Palinoestratigrafía de la región de Tepexi de Rodríguez, Puebla, implicaciones cronoestratigráficas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 16, 187–207.
- Pla Dalmau José M. 1961. La tétrada. In: *Estructura y características de los granos de polen. Precisiones morfológicas sobre el polen de especies recolectadas en el N. E. de España. Polinización y Aeropalinología*. Blume, España, 510 p.
- Praglowski, J. 1971. Reticulate and allied exine. *Grana* 11: 79-86.
- Praglowski, J. y W. Punt 1973. An elucidation of the microreticulate structure of the exine. *Grana* 13: 45-50.
- Ramírez-Arriaga, E., 2005. Reconstrucción paleoflorística de la Formación Cuayuca con base en análisis palinoestratigráfico e implicaciones paleogeográficas. PhD. Universidad Nacional Autónoma de México, México (231p).
- Ramírez-Arriaga, E., Prámparo, M.B., Martínez-Hernández, E., 2006. Palynology of the Palaeogene Cuayuca Formation (Stratotype Sections), Southern Mexico: chronostratigraphical and palaeoecological implications. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 141, 259–275. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2006.04.006>.
- Roland, F. 1966. Etude de l'ultrastructures de apertures: pollens a pores. *Pollen et Spores* 8: 409-419.
- Thanikaimoni G. 1986. Pollen apertures: form and function. In: *Pollen and Spores. Form and Function*, p. 118-136. Linnean Society Symposium Series Number 12, Blackmore S. y I.K. Ferguson editores, Academic Press, 443 p.
- Van Campo, M. et B. Lugardon. 1973. Structure grenue infratectale de l'ectexine des pollens de quelques gymnospermes et angiospermes. *Pollen et Spores* 15: 171-187.
- Walker, J. W. and J. Skarvala. 1975. Primitive columellales pollen: new concept in the evolutionary morphology of angiosperms. *Science* 187: 445-447.
- Zabada, M. S. Comparative morphology of monocot pollen and evolutionary trends of apertures and wall structures. *Bot. Rev.* 49: 331-379.
- Zabada, M.S. 2007. The identification of fossil angiosperm pollen and its bearing on the time and place of the origin of angiosperm. *Plant Systematic Evolution* 263:117-134.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Paleopedología y geoarqueología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 3	Teóricas: 48	
		Prácticas: 1	Prácticas: 16	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los conceptos básicos relacionados con la paleopedología y la geoarqueología. Reconocer paleosuelos por medio de sus propiedades diagnósticas, así como los procesos relacionados en su formación y alteración posterior. Identificar los rasgos relacionados con las actividades humanas antiguas.

Objetivos particulares:

- Entender la relación entre la triología factores-procesos-propiedades que inciden en la memoria del suelo
- Identificar las actividades humanas que quedan registradas en los suelos, permitiendo una reconstrucción de las actividades pasadas.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	4	0
	1.1 Conceptos básicos de paleosuelos. 1.2 Tipos y características de los paleosuelos. 1.3 Paleosuelos en la escala geológica. 1.4 Cómo se usan los paleosuelos en los estudios geoarqueológicos.		
2	Factores y procesos formadores de suelo	8	4
	2.1 Indicadores del intemperismo físico. 2.2 Indicadores de intemperismo químico 2.3 Indicadores de intemperismo biológico. 2.4 Reconstrucción de los procesos y factores formadores.		
3	Cronología de los paleosuelos	6	2
	3.1 Métodos de datación absolutos. 3.2 Métodos de fechamiento relativo. 3.3 Paleosuelos y estratigrafía.		
4	Diagénesis y alteraciones en paleosuelos	8	2
	4.1 Descomposición de la materia orgánica. 4.2 Cambios de coloración. 4.3 Compactación y cementación. 4.4 Cambios químicos y mineralógicos.		
5	Suelos en contextos arqueológicos	8	4
	5.1 Indicadores de cambios antropogénicos. 5.2 Suelos afectados por actividades agrícolas. 5.3 Suelos afectados por quema.		
6	Estudios de caso	14	4
	6.1 Secuencias loess-paleosuelos. 6.2 Secuencias de paleosuelos en regiones volcánicas. 6.3 Geoarqueología del paleolítico: Kostenkii. 6.4 Los primeros pobladores en México: casos de Yucatán y Sonora. 6.5 Agricultura prehispánica: zona centro y sur de México.		
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()		

	Videos () Otras: Tareas, seminarios, reportes de prácticas, exámenes parciales, examen final (x)
Perfil profesiográfico docente	
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone. Publicaciones recientes en el tema.	

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Krasilnikov P., and García Calderón N. E.. 2006. A WRB-based buried paleosol classification. Quaternary International 156-157, 176-188. - Mack et al., 1993 G.H. Mack, W.C. James and H.C. Monger, Classification of paleosols, Geological Society of America Bulletin 101 (1993), pp. 188–203. - Nettleton et al., 2000 W.D. Nettleton, C.G. Olson and D.A. Wysocki, Paleosols classification: problems and solutions, Catena 41 (2000), pp. 61–92. SummaryPlus Full Text + Links PDF (3414 K) View Record in - Retallack, G.J., 1990. Soils of the past. An introduction to paleopedology. Unwin-Hyman, Inc., London, 520 p. - Retallack, G.J., 1991. Untangling the effects of burial alteration and ancient soil formation. Annu. Rev. Earth. Planet. Sci. 19:183-206. 	
Bibliografía complementaria	
Artículos selectos de revistas como: <ul style="list-style-type: none"> - Quaternary International - Geoarchaeology 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Pedología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias del suelo Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2.5	Teóricas: 40
			Prácticas: 1.5	Prácticas: 24
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Proporcionar los elementos más importantes de la génesis y clasificación de suelos que permita al alumno/a conocer su dinámica de formación e integración con otros elementos del paisaje.
- Comprender los principales procesos pedogenéticos y su relación con la tipogénesis del suelo.

Objetivos particulares:

- Definir los horizontes del suelo
- Identificar los rasgos pedológicos
- Entender el significado de las propiedades de los suelos
- Identificar los procesos formadores del suelo

- Entender las funciones del suelo en los ecosistemas

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	0
	1.1 Conceptos y definiciones 1.2 Historia del estudio del suelo 1.3 Funciones de los suelos y su interacción con la geofera		
2	Métodos para el estudio de los suelos	2	2
	2.1 Métodos directos de estudio 2.2 Métodos indirectos de estudio 2.3 Trabajo de campo 2.4 Trabajo de laboratorio		
3	El perfil del suelo	3	2
	3.1 Perfil morfológico 3.2 Horizontes, subhorizontes, capas 3.3 Uso de índices y subíndices de designación de horizontes		
4	Clasificación y cartografía de suelos	3	0
	4.1 Los sistemas de clasificación 4.2 Horizontes y propiedades de diagnóstico 4.3 El sistema de clasificación internacional 4.4 Cartografía de suelos		
5	Factores formadores	6	2
	5.1 Material parental 5.2 Clima 5.3 Organismos 5.4 Relieve 5.5 Tiempo 5.6 La integración de los factores formadores		
6	Propiedades de los suelos	6	8
	6.1 Propiedades morfológicas 6.2 Propiedades física 6.3 Propiedades químicas		
7	Intemperismo y transformación mineral	4	0
	7.1 Tipos de intemperismo 7.2 Minerales primarios y secundarios 7.3 Secuencias de transformación mineral 7.4 Índices de intemperismo		
8	Procesos formadores de suelo	6	10
	8.1 Edafoturbación 8.2 Andosolización 8.3 Argilización 8.4 Podsolización 8.5 Gleyzación		

9	8.6 Calcificación y salinización		
	8.7 Ferralitización		
	Degradación de los suelos	2	0
	9.1 Diferentes formas de degradación		
9.2 Erosión de los suelos			
	9.3 Calidad de suelo		
10	Funciones de los suelos	6	0
Subtotales		40	24
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras:	
		Tareas, seminarios, reportes de prácticas	(x)

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Buol, S.W., F.D. Hole, R.J. McCracken (1981). Génesis y clasificación de suelos. México, Trillas, 417 pp.
- Birkeland, P.W. 1999. Soils and Geomorphology. New York, Oxford University Press.
- FitzPatrick, E.A., 1984. Micromorphology of soils. Chapman & Hall, London, 433 p.
- FAO-ISRIC-ISSS, 1998. World Reference Base for Soil Resources. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Soil Resource and Information Centre, International Society of Soil Science.
- Jenny, H., 1941. Factors on soil formation. Mc Graw Hill, New York.
- Krasilnikov et al., 2013. Soils of the World. Editorial Springer Verlag. Montgomery, C.W., James S. Reichard. Environmental Geology.
- Weil and Brady, 2017. The Nature and Properties of Soils. 15th edition Pearson Education

Bibliografía complementaria

Artículos selectos de la revista:

- Geoderma, editorial Elsevier
- Catena, editorial Elsevier



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Peligros y riesgos por impactos con cuerpos cercanos a la Tierra

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos del espacio exterior	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Geología Planetaria	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Reconocer el riesgo de las colisiones de objetos cósmicos y basura espacial con la Tierra, y estudiar sus implicaciones con actividades espaciales presentes y futuras, con el objeto de adquirir los conocimientos necesarios para planear futuras estrategias de estudio y posibles acciones para mitigarlo.

Objetivos particulares:

- Estudiar las características orbitales, distribución, composición y estructura de los cuerpos menores del sistema solar.
- Entender las interacciones de los cuerpos menores con las atmósferas planetarias.
- Entender la formación y consecuencias de las estructuras de impacto en la Tierra y en otros planetas y satélites.
- Reconocer la necesidad de tener una legislación sobre el uso del espacio.

- Entender las implicaciones de la existencia de la chatarra espacial y su interacción mutua en el espacio.
- Reconocer la necesidad de tener protocolos de seguridad en caso de impacto.
- Estudiar los mecanismos propuestos para desviar asteroides y núcleos cometarios en curso de colisión con la Tierra.
- Proponer mecanismos y/o protocolos para tratar con este tipo de riesgo.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Formación del Sistema Solar	4	0
	1.1 Teorías sobre la formación del Sistema Solar. 1.2 Teoría Nebular.		
2	Cometas	8	0
	2.1 Características 2.2.1 características orbitales y clasificación 2.2.2 Composición 2.2 Destino de los cometas 2.3 Misiones cometarias.		
3	Asteroides	12	0
	3.1 . Descubrimiento. 3.2 Clasificación. 3.2.1 Por sus características orbitales. 3.2.2 Por su espectro. 3.3 Función de distribución de tamaños. 3.4 Efectos Yarkovski y YORP		
4	Otros conceptos importantes	2	0
	4.1 Meteoroides 4.2 Micrometeorito 4.3 Polvo interplanetario. 4.4 Meteorita		
5	Interacción con la atmósfera	4	0
	5.1. Ecuaciones de entrada. 5.2. Ablación. 5.3. Meteoro. 5.4. Fragmentación y ondas de choque. 5.5. Sismos producidos por la onda de choque atmosférica. 5.6. Daño a estructuras superficiales producidas por ondas de choque en la atmósfera.		
6	Consecuencias de "pequeños impactos"	4	0
	6.1. Probabilidad de impacto. 6.2. Casos de estudio. 6.2.1. Tunguska. 6.2.2. Curuça. 6.2.3. Chelábinsk. 6.2.4. Casos registrados en México.		
7	Craterismo de impacto		

	7.1 Etapas de formación de cráteres de impacto. 7.2 Energías de formación. 7.3 Clasificación de cráteres de impacto. 7.4 Función de distribución de tamaños. 7.5 Densidad de cráteres de impacto. 7.6 Consecuencias de la formación de un cráter de impacto.	8	0
8	Impactitas 8.1 Impactitas proximales y distales. 8.2 Efectos de impacto en minerales. 8.3 Efectos de impacto de acuerdo con el tipo de rocas del blanco: (rocas condriticas, cristalinas, sedimentarias, sedimentos y regolito).	4	0
9	Chatarra espacial y legislación internacional 9.1 Origen 9.2 Distribución y seguimiento. 9.3 Síndrome Kessler. 9.4 Soluciones al problema. 9.5 Legislación espacial internacional. 9.5.1 Minería espacial. 9.5.2 Caída de chatarra espacial. 9.5.3 Colisiones en el espacio.	6	0
10	Colisiones en el espacio. 10.1 Observaciones durante la misión Apollo 10.2 Riesgo para astronautas en el espacio. 10.3 Impactos con futuras bases lunares.	4	0
11	Mecanismos de desviación de asteroides 11.1 Métodos impulsivos. 11.2 Métodos de bajo impulso. 11.3 Métodos pasivos.	4	0
12	Protocolos de protección civil en caso de impactos 12.1 Escala de Palermo. 12.2 Escala de Turín. 12.3 Protocolos internacionales.	4	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras:	
		Divulgación de este tipo de riesgo	(x)

Perfil profesiográfico docente
Doctorado en temas afines al curso que se propone. Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none">- Alvarez Hernández, J.L. (2006). Derecho especial. México, Porrúa-UNAM- Belton, M.J.S, T.H. Morgan, N. Samarasinha y D.K. Yeomans ((2011). Mitigation of hazardous comets and asteroids. EEUU, Cambridge University Press, 414 pp.- Burbine, T.H. (2017). Asteroids. Astronomical and geological bodies. Reino Unido, Cambridge University Press, 367 pp.- Klinkrad, H. (2006). Space debris. Models and risk analysis, Alemania, Springer-Praxis.- Melosh, H.J. (1989). Impact cratering: A geological process. Oxford monographs on Geology & Geophysics.- Melosh, H.J. (2011). Planetary surface processes. Reino Unido, Cambridge University Press, 500 pp.- Osinski, G.R. y E. Pierazzo (2013). Impact cratering. Processes and products, Reino Unido, Wiley-Blackwell, 316 pp.- Pelton, J. N. (2015). New solutions for space debris problem. EEUU, Springer, 94 pp.- Stöffler, D., Hamann, C. y Metzler, K. (2018). Shock metamorphism of planetary silicate rocks and sediments: Proposal for an updated classification system. Meteoritics & Planetary Science. 53 (1): 5–49. doi:https://doi.org/10.1111/maps.12912.- Thomas, P.J., R.D. Hicks, C.F. Chyba y C. P. McKay (2010). Comets and the origin and evolution of life. 2a. ed., Berlin, Springer, 346 pp.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none">- https://cneos.jpl.nasa.gov/sentry/- https://www.boulder.swri.edu/clark/ncarhist.html- http://www.spaceacademy.net.au/watch/debris/debris.htm



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Percepción remota aplicada a LiDAR y Drones

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geomática y percepción remota	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Percepción Remota y procesamiento de imágenes
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los tipos, procesos, análisis y productos relacionados con la información tridimensional obtenida por LiDAR o Dron.

Objetivos particulares:

- Comprender los fundamentos y productos de sensores tipo dron
- Instruirse en el procesamiento de datos LiDAR
- Instruirse en el procesamiento de datos fotogramétricos

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción a los sensores de escala tridimensional 1.1 Datos de dron 1.2 Datos LiDAR 1.3 Principales productos 1.4 Puntos con información XYZ del entorno natural (Nubes de puntos) 1.5 Nubes de puntos con información en color real 1.6 Nubes de puntos con información de la banda infrarroja cercana 1.7 Modelos de elevación 1.8 Ortofotos Digitales	4	2
2	Fundamento y procesamiento de los datos LiDAR 2.1 Historia 2.2 Aéreo, terrestre y portátil 2.3 Comportamiento y características del pulso 2.4 Nivel de Retorno 2.5 Condiciones para la toma de datos 2.6 Flujo de trabajo típico en datos terrestres 2.7 Visualización de datos 2.8 Puntos de control 3D 2.9 Unión de diferentes escaneos 2.10 Flujo de trabajo típico para datos en general 2.11 Clasificación y filtrado de ruido en nubes de puntos 2.12 Triangulación de superficies 2.13 Creación de modelos 3D y toma de datos puntuales	10	2
3	Fundamentos y procesamiento de los datos Fotogramétricos 3.1 Imágenes Digitales y analógicas 3.2 Breve historia de la fotogrametría 3.3 Principios geométricos en la toma de imágenes digitales 3.4 Posición de la cámara y distancia focal 3.5 Orientación de la imagen 3.6 Resolución geométrica y radiométrica 3.7 Brillo y contraste de la imagen 3.8 Funcionamiento teórico del algoritmo fotogramétrico 3.9 Imágenes estereoscópicas 3.10 Fotogrametría de rango bajo, terrestre y aérea 3.11 Distorsiones y calibraciones 3.12 Eliminación de ruido 3.13 Medición aérea triangulada (ATM) 3.14 Principios y tipos de triangulaciones 3.15 Funcionamiento de Puntos de control y escalas de medición 3.16 Principios sobre Filtros y clasificación de puntos 3.17 Flujo de trabajo típico en fotogrametría 3.18 Planeación de vuelo	10	2

	<p>3.19 Cálculo de altura y cobertura por distancia focal</p> <p>3.20 Planeación de vuelos</p> <p>3.21 Obtención de imágenes digitales</p> <p>3.22 Aplicación de mascarar</p> <p>3.23 Creación de nube media y densa de puntos</p> <p>3.24 Filtrado de ruido y clasificación de nube de puntos</p> <p>3.25 Aplicación de puntos de control y escala</p> <p>3.26 Creación de modelos de Superficie</p> <p>3.27 Creación de modelos de Terreno a partir de la nube clasificada</p> <p>3.28 Aplicación de textura</p> <p>3.29 Creación de ortofotos digitales</p> <p>3.30 Práctica de descarga, procesamiento, análisis y creación de Bases de datos</p>		
4	<p>Software</p> <p>4.1 Requerimientos del sistema</p> <p>4.2 Tipos de software para diferentes tipos de aplicaciones</p> <p>4.3 Diferencias en Procesamiento 3D y 2D</p> <p>4.4 Instalación y visualización de datos</p>	4	2
5	<p>Aplicación en estudios forestales desde nubes de puntos</p> <p>5.1 Componentes y características de un inventario forestal</p> <p>5.2 Revisión de los elementos manuales de la metodología tradicional</p> <p>5.3 Ecuaciones alométricas para cálculos de biomasa aérea</p> <p>5.4 Visualización de la información</p> <p>5.5 Segmentación y fusión de nubes de puntos</p> <p>5.6 Segmentación por árbol individual</p> <p>5.7 Segmentación a dos clases (tronco y dosel)</p> <p>5.8 Cálculo de distancia punto a punto</p> <p>5.9 Cálculo de alturas y volúmenes</p>	6	2
6	<p>Aplicación en topografía desde ráster</p> <p>6.1 Modelos de Superficie</p> <p>6.2 Modelos de terreno</p> <p>6.3 Ortofotos digitales</p> <p>6.4 Fundamentos sobre el mundo Ráster y vectorial</p> <p>6.5 Interpolaciones</p> <p>6.6 Escala y Resolución</p> <p>6.7 Atributos Primarios</p> <p>6.8 Atributos Secundarios</p> <p>6.9 Obtención de componentes primarios de un predio y su relieve: perímetro, volumen y área</p> <p>6.10 Obtención de curvas de nivel</p> <p>6.11 Simulaciones</p> <p>6.12 Revisión de software de acceso libre (TLALOC y DEMONIO)</p>	6	2
7	Propuesta de proyecto integrador	8	4

7.1 Escalas y selección de la zona de trabajo. 7.2 Definición de diagrama de flujo 7.3 Elección de insumos del modelo. 7.4 Tipo de sensor, Fecha de adquisición, soporte de las imágenes, resolución temporal. 7.5 Procesamiento y análisis de resultados		
Subtotales	48	16
Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras:	
		Divulgación de este tipo de riesgo	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes sobre la temática del curso			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Linder, W. (2016). Digital photogrammetry: a practical course (4th edition). Berlin: Springer. - McManamon, P. F. (2019). Lidar technologies and Systems. Bellingham, Washington : SPIE Press - "Manual of Remote Sensing". (1983). 2nd Edition. American Society of Photogrammetry, United States. Two Volumes. 2440 pp. - Wolf, P.R. (1983). "Elements of Photogrammetry". 2nd Edition, McGraw- Hill Book Co., International Student Edition, 628 pp. - Parrot J.-F. (2012). Software DEMONIO (Digital Elevation Models Obtained by Numerical Interpolating Operations). Número de certificado INDA (Instituto Nacional de Derecho de Autor): 03-2012-120612205000-01. - Parrot J.-F., RAMÍREZ-NÚÑEZ C. (2013). Modelos Digitales de Terreno. Soporte de curso para el Diplomado de Geomática. 53 páginas. - Parrot J.-F. (2006). Software TLALOC (Tridimensional Landscape Analysis. Local Operating Computation). Numero de certificado UNAM: 03-2006-092112451400-01.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - J. Lira (2010) Tratamiento Digital de Imágenes Multi-espectrales, www.lulu.com. - Parrot J.-F. (2010). Software FROG, UNAM. Número de certificado INDA (Instituto Nacional de Derecho de Autor): 03-2010-012812384700-01. - Parrot J.-F. (2011). Software Pins_V2. Número de certificado INDA (Instituto Nacional de Derecho de Autor): 03-2011-120112060000-01.

- Parrot J.-F., RAMÍREZ-NÚÑEZ C. (2013). Software MULTIDIM_V2. Número de certificado INDA (Instituto Nacional de Derecho de Autor): 03-2013-032113464200-01.
- Parrot J.-F. (2014). Software Índices_V2. Número de certificado INDA (Instituto Nacional de Derecho de Autor): 03-2014-022712173900-01.
- Parrot J.-F. (2014). Software Density_V2. Número de certificado INDA (Instituto Nacional de Derecho de Autor): 03-2014-022712222200-01.
- Parrot J.-F. (2014). Software FROG_V2. Número de certificado INDA (Instituto Nacional de Derecho de Autor): 03-2014-022712194900-01.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Percepción Remota de la atmósfera terrestre

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Fisicoquímica y composición atmosférica Geomática y percepción remota	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico - Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)		Radiación atmosférica	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)		Problemas inversos aplicados a la percepción remota de la atmósfera	

Objetivo general:

- Proporcionar una introducción a los principios y de la percepción remota de la atmósfera terrestre

Objetivos particulares:

- Identificar las propiedades de las nubes y los aerosoles utilizando los instrumentos radar, lidar y satélites meteorológicos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Fundamentos de la percepción remota	12	0
	1.1 Ecuaciones de Maxwell 1.2 Espectro electromagnético 1.3 Emisión de cuerpo negro 1.4 Transferencia radiativa		
2	Percepción remota pasiva basada en dispersión	12	6
	2.1 Percepción Remota de aerosoles 2.2 Percepción Remota de ozono 2.3 Detección remota de las propiedades de la nube mediante luz solar reflejada 2.4 Percepción Remota del color del océano		
3	Percepción Remota pasiva basada en la emisión	12	6
	3.1 Instrumentos que se utilizarán: Satélites meteorológicos 3.2 Percepción Remota de la temperatura de la superficie del mar 3.3 Percepción Remota de vapor de agua y cantidades de agua líquida integrados verticalmente 3.4 Percepción Remota de perfiles verticales de temperatura y humedad 3.5 Percepción Remota de nubes por emisión		
4	Principios de Percepción Remota activa	12	4
	4.1 Instrumentos que se utilizarán: Radar, Lidar (Perfilador), Celiometro 4.2 Radar y precipitación 4.3 Lidar y el campo de viento 4.4 Celiometro y aerosoles atmosféricos		
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras:	
		Tareas, seminarios, reportes de prácticas	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Publicaciones recientes en el tema del curso.
Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Radar Meteorology: A First Course Robert M. Rauber, Stephen L. Nesbitt - The GOES-R Series: A New Generation of Geostationary Environmental Satellites Editors: Steven Goodman Timothy Schmit Jaime Daniels Robert Redmon - Chuvieco-Salinero, E., 2008, Teledetección ambiental. Grupo Planeta (GBS), 594 p - Pinto R. F., 2012, Geomática Tecnologías De Punta: 1a Edición. Palibrio, 190 p.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Chuvieco Fundamentals of satellite remote sensing: An environmental approach - Jensen Remote sensing of the environment: An Earth resource perspective - Rees, William Gareth. Physical principles of remote sensing. Cambridge university press, 2013. - Islam, Tanvir, et al., eds. Remote sensing of aerosols, clouds, and precipitation. Elsevier, 2017.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Percepción remota y procesamiento de imágenes

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geomática y percepción remota	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas:2	Teóricas:32
			Prácticas:2	Prácticas:32
			Total:4	Total:64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Percepción remota aplicada a LiDAR y Drones	

Objetivo general:

- Comprender los fundamentos de la obtención y procesamiento de imágenes multi-espectrales e hiper-espectrales y aprenderá la utilización de algoritmos para la identificación de rasgos y materiales geológicos de interés en estudios ambientales y exploración. Durante el desarrollo de los temas del curso el alumno aprenderá a utilizar por lo menos dos paquetes de cómputo para procesamiento de imágenes: IDRISI.

Objetivos particulares:

- Comprender las características de los materiales de interés en la superficie terrestre de acuerdo con su reflectancia y emisividad.
- Comprender los alcances y limitaciones de la instrumentación disponible para Percepción Remota y las propiedades de los productos generados con ésta en términos de resolución.

- Aplicar la metodología necesaria para efectuar correcciones en los datos de las imágenes para poder desplegarlas
- Manipular las imágenes multiespectrales para realizar los rasgos de la firma espectral de los materiales que deben ser identificados a través de diferentes técnicas.
- Utilizar diferentes tipos de filtros para realizar los rasgos lineales en las imágenes que pueden corresponder con estructuras geológicas, así como diversos algoritmos para la extracción de información de las imágenes multiespectrales para la elaboración de mapas temáticos.
- Evaluar las características de las imágenes utilizadas en las aplicaciones de Percepción Remota más comunes en Ciencias de la Tierra

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	0
	1.1 Objetivo del curso 1.2 Antecedentes académicos necesarios: Fundamentos de Teoría Electromagnética, Álgebra Lineal, Cálculo Vectorial, Geoestadística, Análisis Multivariado. 1.3 Desarrollo del curso 1.4 Programa de la actividad académica 1.5 Evaluación		
2	Radiación Electromagnética: Principios y Aplicaciones	6	2
	2.1 Espectro Electromagnético 2.2 Interacción de la radiación con la atmósfera 2.3 Propiedades reflectivas de los materiales de la superficie terrestre 2.4 Práctica con radiómetro para medir-reflectancia de diferentes materiales		
3	Obtención de datos con Percepción Remota	2	2
	3.1 Sensores y Plataformas 3.2 Imágenes pancromáticas, multiespectrales y hiperespectrales 3.3 Cartografía y mapeo (Geometría de la imagen y proyecciones) 3.4 Práctica: Comparación de las propiedades de diferentes imágenes 3.4.1 Resolución espectral 3.4.2 Resolución espacial 3.4.3 Resolución temporal		
4	Pre-procesamiento de las imágenes multiespectrales.	4	2
	4.1 Corrección radiométrica 4.2 Corrección geométrica 4.3 Georeferenciación 4.4 Corrección de líneas nulas 4.5 Realce de Contraste		

	4.5.1 Lineal 4.5.2 Saturación 4.5.3 Ecuación		
5	Métodos de Realce Espectral 5.1 Composición a color 5.1.1 Color real 5.1.2 Falso color 5.2 Cocientes de Bandas 5.3 Componentes Principales 5.4 Transformación en el espacio del color 5.4.1 RGB-HSI 5.4.2 HSI-RGB	8	8
6	Métodos de Realce Espacial 6.1 Realce espacial con base en derivadas. 6.2 Realce espacial con Transformada de Fourier 6.3 Realce espacial con máscaras 6.3.1 Realce de Bordes 6.3.2 Filtrado direccional 6.3.3. Detector de Bordes de Sobel	4	2
7	Clasificación Supervisada y No-supervisada 7.1 Clasificación No-supervisada 7.1.1 Espacio espectral 7.1.2 Algoritmo de "Clustering" 7.2 Clasificación Supervisada 7.2.1 Definición de polígonos de entrenamiento 7.2.2 Elaboración de firmas espectrales 7.2.3 Algoritmos para determinación de clases: Mínima distancia, Paralelepípedo y Máxima probabilidad	4	4
8	Aplicaciones a problemas geofísicos 8.1 Mapeo Litológico y Estructural 8.1.1 Estudio de riesgos geológicos 8.1.2 Exploración de recursos naturales 8.1.3 Hidrogeología. Exploración y Contaminación 8.2 Estudios Atmosféricos 8.2.1 Aplicaciones de Climatología 8.2.2 Calidad del aire 8.3 Recursos Marinos y Oceanografía 8.4 Biósfera 8.4.1 Uso de suelo 8.4.2 Cubierta vegetal 8.5 Prácticas de Aplicación	2	12
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)

Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	(x)
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (Realidad Aumentada)	()	Videos	(x)
		Otras:	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Drury, S. (2000). "Image Interpretation in Geology". Stanley Thornes Pub Ltd. 3d. Ed. - Jensen, J.R. (1992). "Introductory Digital Image Processing". Prentice Hall, New Jersey. 2nd. Ed. 379 pp. - Denegre, J. (1994) "Thematic Mapping from Satellite Imagery – a guidebook" Elsevier Science Inc. New York. 269 pp. - Richards, J.A. (1986). "Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction" Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1986. 281 pp. - Sabins, F. Jr. (1997). "Remote Sensing Principles and Interpretation". W.H. Freeman and Co. New York. 2nd. Ed. 436 pp. - Martin, S., 2011, Procesamiento Digital de Imágenes. Editorial Academica Espanola, 128 p.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - "Photogrammetric Engineering and Remote Sensing". American Society of Photogrammetry. Falls Church, V.A. E.E.U.U. - "Remote Sensing of Environment". Elsevier Science Publishing Company. New York. - "International Journal of Remote Sensing". Remote Sensing Society. Taylor and Francis. London and Philadelphia.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Petrología de rocas carbonatadas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geología sedimentaria y estratigrafía Yacimientos minerales Yacimientos petroleros	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Curso de Geología de campo	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Sistema Petrolero	

Objetivo general:

- Interpretar las condiciones paleoambientales de depósito de las sucesiones sedimentarias carbonatadas, a partir del reconocimiento y análisis de los principales rasgos petrográficos de las rocas.

Objetivos particulares:

- Identificar los factores y mecanismos que intervienen en la precipitación de los carbonatos y las características de los ambientes de depósito en los que esto se forman.
- Reconocer los componentes de una roca carbonatada bajo el microscopio petrográfico.
- Determinar los principales rasgos texturales y de fábrica de las rocas carbonatadas.
- Designar nombres para las rocas carbonatadas usando distintos esquemas de clasificación textural.
- Detallar el resultado petrográfico de distintos procesos diagenéticos que afectan a las rocas carbonatadas.

- Distinguir indicadores petrográficos clave de las condiciones ambientales ocurridas al momento del depósito.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Depósito de sedimentos carbonatados	6	0
	1.1 Rocas sedimentarias de origen químico y bioquímico 1.2 Sitios de depósito de sedimentos carbonatados (ambientes continentales vs. Marinos) 1.3 Principales controles en el depósito de sedimentos carbonatados		
2	Principales constituyentes de las rocas carbonatadas: aloquímicos y ortoquímicos	14	4
	2.1 Componentes ortoquímicos: matriz y cemento. 2.2 Componentes aloquímicos: partículas no-esqueletales (granos revestidos, peloides, agregados granulares, intraclastos y exoclastos) 2.3 Componentes aloquímicos: partículas esqueletales (nanoplancton calcáreo, calpionélidos y colomiélidos, calciesféras, foraminíferos bentónicos y planctónicos, radiolarios, diatomeas, esponjas y arqueociátidos, anélidos y otros tubos de gusano, corales, algas, briozoarios, braquiópodos, moluscos, equinodermos y artrópodos, microbialitas y algas)		
3	Fábricas de depósito	6	2
	3.1 Fábricas geopetales 3.2 Biofábricas y orientación de granos 3.3 Fábricas laminadas 3.4 Fábricas bioturbadas 3.5 Fábricas fenestrales 3.6 Fábricas nodulares		
4	Clasificaciones texturales de las rocas carbonatadas	6	2
	4.1 Clasificación de Folk (1959, 1962) 4.2 Clasificación de Dunham (1962) 4.3 Clasificación de Embry y Klovan (1971) 4.4 Clasificación de Wright (1992)		
5	Ambientes de depósito y procesos diagenéticos	8	4
	5.1 Definición y límites de la diagénesis 5.2 Factores que controlan el desarrollo de la diagénesis 5.3 Estadios generales de la diagénesis: eodiagénesis, mesodiagénesis y telodiagénesis 5.4 Principales procesos diagenéticos: compactación, cementación, neomorfismo, disolución, precipitación de minerales autigénicos, dolomitización y silicificación 5.5 Ambientes diagenéticos: vadoso, freático, de mezcla y de enterramiento		
6	Microfacies e interpretación paleoambiental		

6.1 Condiciones ambientales y sus indicadores: nivel de energía, tipo de sustrato, luminosidad, oxigenación, temperatura, productividad y nivel nutricional, salinidad y profundidad	8	4
6.2 Cinturones de facies y microfacies estándar		
6.3 Casos de estudio		
Subtotales	48	16
Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras:	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Adams, A.E., Mackenzie, W.S., Guilford, C. (2017). A color Atlas of Carbonate Sediments and Rocks under the microscope, Taylor & Francis, London, 110 p.
- Flügel, E. (2010). Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application, Springer, Berlin, 984 p.
- James, N.P., Jones, B. (2015). Origin of carbonate sedimentary rocks. Hoboken, NJ: American Geophysical Union, Wiley Press., 464 p.
- Milliken, K. L., S.-J. Choh (2011). Carbonate petrology: An interactive petrography tutorial, v. 1.0, Discovery Series, Tulsa, Oklahoma, AAPG.
- Scholle, P.A., Ulmer-Scholle, D.S. (2003). A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, Textures, Porosity, Diagenesis, AAPG Memoir 77 (Vol. 77). AAPG.
- Tucker, M.E., Wright, V.P. (2009). Carbonate sedimentology, John Wiley & Sons, Oxford, 482 p.

Bibliografía complementaria

- Bosence, D., Gibbons, K., Le Heron, D.P., Morgan, W.A., Pritchard, T., Vining, B.A. (2015). Microbial carbonates in space and time: introduction. Geological Society, London, Special Publications 418(1), 1-15.
- Dunham, R.J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Classification of Carbonate Rocks (Ed. By W. E. Ham), American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, 108-121.
- Folk, R.L. (1959). Practical petrographic classification of limestones, American Association of Petroleum Geologists Bulletin 43, 1-38.

- Folk, R.L. (1962). Spectral subdivision of limestone types. In: Classification of Carbonate Rocks (Ed. By W. E. Ham), American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, 62-84.
- Embry, A.F., Klovan, J.E. (1971). A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, Northwest Territories, Bulletin of Canadian Petroleum Geology 19, 730-781.
- Moore, C.H., Wade, W.J. (2013). Carbonate diagenesis: Introduction and tools, in Carbonate Reservoirs—Porosity and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework: Amsterdam, Elsevier, Developments in Sedimentology 67, p. 67–89.
- Schroeder, J.H., Purser, B.H. (2012). Reef diagenesis, Springer-Verlag, 468 p.
- Wilson, J.L. (2012). Carbonate facies in geologic history, Springer-Verlag, New York, 471 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Petrología de rocas clásticas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geología Sedimentaria y estratigrafía Deformación de la litósfera Yacimientos minerales Yacimientos petroleros	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Curso de Geología de campo
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Sistema Petrolero	

Objetivo general:

- Describir, clasificar e interpretar a la meso y microescala la textura y composición de las rocas sedimentarias clásticas. Además, aprender a interpretar los cambios en la composición del registro sedimentario en el marco de la evolución tectónica y los cambios climáticos.

Objetivos particulares:

- Reconocer, describir y clasificar los diferentes componentes de las rocas clásticas
- Determinar la composición de las rocas clásticas
- Interpretar la composición de las rocas clásticas

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	0
	1.1 Las rocas sedimentarias: su utilidad en las Ciencias de la Tierra, en la exploración de recursos naturales y en la ingeniería.		
2	Petrogénesis de las rocas clásticas	4	4
	2.1 Las rocas clásticas: definición y génesis 2.2 Meteorización 2.3 Erosión 2.4 Transporte 2.5 Depósito 2.6 Diagénesis		
3	Las rocas clásticas y su clasificación	4	4
	3.1 Clasificación de conglomerados y brechas: métodos de conteo de clastos 3.2 Clasificación de areniscas: método de conteo de puntos 3.3 Clasificación petro-tectónica de Dickinson 3.4 Modelos de facies		
4	Sucesiones clásticas en ambientes de arco	4	4
	4.1 Anatomía y dinámica de los arcos magmáticos 4.2 Composición del detrito en diferentes ambientes de arco 4.3 Clasificación de clastos volcánicos 4.4 Trends de composición en ambientes de arco y su relación con la evolución tectónica		
5	Sucesiones clásticas en ambientes de rift continental y margen pasivo	8	8
	5.1 Anatomía y dinámica de un rift continental y un margen pasivo 5.2 Composición del detrito en diferentes ambientes de rift continental y margen pasivo 5.3 Clasificación de clastos metamórficos 5.4 Trends de composición en ambientes de rift continental y margen pasivo y su relación con la evolución tectónica		
6	Sucesiones clásticas en ambientes orogénicos	6	6
	6.1 Anatomía y dinámica de los orógenos 6.2 Composición del detrito en diferentes ambientes orogénicos 6.3 Clasificación de clastos sedimentarios 6.4 Trends de composición en ambientes orogénicos y su relación con la evolución tectónica		
7	Influencia de los procesos exógenos en la composición de las rocas clásticas	4	6
	7.1 Influencia del clima 7.2 Influencia del tipo de ambiente sedimentario 7.3 Influencia de la cantidad de transporte		

	7.4 Influencia de la topografía		
	Prácticas de laboratorio/resolución de ejercicios	0	0
	Exposición de trabajos	0	0
	Subtotales	32	32
	Total		64

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: Reportes prácticas	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Basu, A., 1985. Influence of climate and relief on composition of sands released at source areas, En: Zuffa, G.G., ed. "Provenance of arenites", NATO Advanced Study Institute Series. Dordrecht, Netherlands, D. Reidel, v. 148, p. 1–18. - Blatt, H., 1992. Sedimentary petrology, 2nd edition, New York, Oxford, W.H. Freeman, and Company, 514 pp. - Dickinson, W.R., y Suczek, C.A., 1979. Plate tectonics and sandstone composition. American Association of Petroleum Geologist Bulletin, v. 63, p. 2164–2172. - Garzanti, E., 2019, Petrographic classification of sand and sandstone: Earth-Science Review, v. 192, p. 545–563. - Garzanti, E., Doglioni, C., Vezzoli, G., Ando, S., 2007, Orogenic belts and orogenic sediment provenance, Journal of Geology, v. 115, p. 315–334. - Garzanti, E., y Vezzoli, G., 2003, A classification of metamorphic grains in sandstones based on their composition and grade, Journal of Sedimentary Research, v. 73, p. 830–837. - Garzanti, E., Vezzoli, G., Ando, S., y Castiglioni, G., 2001, Petrology of rifted-margin sands (Red Sea and Gulf of Aden, Yemen), Journal of Geology, v. 109, p. 277–297. - Marsaglia, K.M., e Ingersoll, R.V., 1992, Compositional trends in arc-related, deep-marine sand and sandstone: A reassessment of magmatic-arc provenance, Geological Society of America Bulletin, v. 104, p. 1637–1649.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Dickinson, W.R., 1970, Interpreting detrital modes of greywacke and arkose. Journal of Sedimentary Petrology, v. 40, p. 695–707. - Critelli, S., Marsaglia, M.K., Busby, C.J., 2002. Tectonic history of a Jurassic backarc-basin sequence (the Gran Cañon Formation, Cedros Island, Mexico), based on compositional modes of tuffaceous deposits, Geological Society of America Bulletin, v. 114, n. 5, p. 515-527.

- Garzanti, E., Ando, S., Vezzoli, G., 2006, The continental crust as a source of sand (Southern Alps cross section, Northern Italy), *Journal of Geology*, v. 114, p. 533–554.
- Grantham, J.H., y Velbel, M.A., 1988. The influence of climate and topography on rock-fragment abundance in modern fluvial sands of the southern Blue Ridge Mountains, North Carolina, *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 58, n. 2, p. 219-227.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., Siever, R., 1987. *Sand and sandstone*, 2nd edition, Springer-Verlag, 553 pp



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Petrología metamórfica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Petrología ígnea y metamórfica Deformación de la litósfera Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Mineralogía, o Curso de Geología de campo
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender la naturaleza de las rocas metamórficas y los procesos geodinámicos del interior de la Tierra que las forman. Al término del curso el alumno tendrá la capacidad de deducir el significado geodinámico y la historia tectonotérmica de cualquier roca o unidad metamórfica, y relacionar esta historia a un determinado contexto tectónico.

Objetivos particulares:

- En trabajo de laboratorio: Por medio del análisis petrográfico en láminas delgadas, establecer la paragénesis mineral de rocas cristalinas. Esto incluye identificación precisa de fases minerales y sus relaciones texturales.
- En trabajo de campo: Identificar y entender plenamente la relación de campo de rocas metamórficas en su contexto natural. Esto incluye el estudio detallado de afloramientos de rocas metamórficas, con su clasificación y el análisis de la deformación y fábrica de

la roca con muestreo orientado para indicaciones cinemáticas y análisis de microtectónica en laboratorio.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción al metamorfismo	17	3
	1.1 Definición y límites del metamorfismo		
	1.2 Tipos de metamorfismo		
	1.3 Mecanismo y factores que controlan el metamorfismo		
	1.3.1 Presión y temperatura en la corteza y el manto		
	1.3.2 Reacciones metamórficas: clasificación y termodinámica		
	1.3.3 Diagramas de fases; la regla de las fases		
	1.3.4 El papel de los fluidos en el metamorfismo		
	1.4 Facies metamórficas		
	1.5 Geotermobarometría		
2	Rocas metamórficas	7	5
	2.1 Texturas y estructuras		
	2.2. Clasificación y nomenclatura		
	2.3 Representación gráfica de asociaciones (minerales) metamórficas		
3	Metamorfismo progresivo de los diferentes tipos de rocas (protolitos)	18	8
	3.1 Rocas pelíticas		
	3.2 Rocas máficas		
	3.3 Rocas ultramáficas		
	3.4 Rocas margosas		
	3.5 Rocas calcáreas		
	3.6 Rocas cuarzofeldespáticas		
4	Metamorfismo y geodinámica global	6	0
Subtotales		48	16
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras:	
		Examen práctico de laboratorio y campo	(x)
Perfil profesiográfico docente			

Bibliografía básica

- Ashworth, J.R. and Brown, M. (eds.), 1990, High-temperature metamorphism and crustal anatexis: London, Unwin Hyman, 407 p.
- Barker, A.J., 1990, Introduction to metamorphic textures and microstructures: Blackie, Chapman and Hall, New York, 162 p.
- Bucher, K. and Grapes R., 2011, Petrogenesis of Metamorphic Rocks: Springer, 8th Edition, 428 p. doi:10.1007/978-3-540-74169-5.
- Ernst, W.G., and Liou, J.G., (eds.), 2000, Ultra-High-Pressure Metamorphism and Geodynamics in Collision-Type Orogenic Belts: Bellwether Publishing for the Geol. Soc. America, International Book Series, v. 1, 293 p.
- Fossen, H., and Cavalcante, G. C. G., 2017, Shear zones – A review. Earth-Science Reviews, 171(October), 434–455. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.05.002>
- Frey, M., and Robinson, D., 1999, Low-Grade Metamorphism: Blackwell Science, 313 p.
- Frost, B. R., & Frost, C. D., 2019, Essentials of igneous and metamorphic petrology. Cambridge University Press.
- Hacker, B.R., McClelland, W.C., Liou, J.G. (eds.), 2006, Ultrahigh-pressure metamorphism: deep continental subduction: Geological Society of America Special Paper 403, 206 p.
- Hamley, R.J., (ed.), 1998, Ultrahigh-Pressure Mineralogy: Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy, V. 37, 671 p.
- Jamtveit, B., Austrheim, H., 2010, Metamorphism: The Role of Fluids. Elements; 6 (3): 153–158. doi: <https://doi.org/10.2113/gselements.6.3.153>.
- Jamtveit, R.J., 2010, Metamorphism, From Patterns to Processes: Elements v. 6, p. 149-152.
- Kornprobst, Jacques, 2003, Metamorphic Rocks and their Geodynamic Significance: Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 208 p.
- Kretz, R., 1994, Metamorphic Crystallization: New York, John Wiley & Sons, 530 p.
- Miyashiro, Akiho, 1994, Metamorphic Petrology: Oxford University Press, 404 p.
- Passchier C.W., Myers J.S., Kröner, A., 1990, Field Geology of High-Grade Gneiss Terranes: Springer-Verlag Berlin New York Heidelberg, 150 p.
- Passchier, C.W., and Trouw, R.A. J., 2005, Microtectonics: Berlin, Springer-Verlag (2nd Ed.), 366 p.
- Sawyer, W.E., 2008, Atlas of Migmatites. The Canadian Mineralogy, Special Publication 9: NRC Research Press, 371 p.
- Schiffman, and H.W. Day (eds.), 1995, Low-Grade Metamorphism of Mafic Rocks: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 296, 187 p
- Spear, F.S., 1995, Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths: Mineralogical Society of America, Monograph, 799 p.
- Treloar, P.J., O'Brien, P.J. (eds.), 1998, What Drives Metamorphism and Metamorphic Reactions? Geological Society Special Publication No. 138, 287 p.
- Trouw, R.A.J., Passchier, C.W., Wiersma, D.J., 2010, Atlas of Mylonites and related microstructures: Springer-Verlag, 322 p.
- Vernon, R.H., 2004, A practical guide to rock microstructure: Cambridge University Press, 594 p.
- Vernon, R.H., Clarke, G.L., 2008, Principles of Metamorphic Petrology: Cambridge University Press, 446 p.
- Winter, J. D., 2014, Principles of igneous and metamorphic petrology (p. 738). Harlow, UK: Pearson education.
- Toselli, A. J., 2020, Elementos Básicos de Petrología Ígnea: Conceptos y clasificaciones. Editorial Académica Española, 352 p.

Bibliografía complementaria

- Erdman, M. E., Lee, C.-T. A., 2014, Oceanic- and continental-type metamorphic terranes: Occurrence and exhumation mechanisms: *Earth-Science Reviews*, v. 139, p. 33–46.
- Kelsey, D.E., Martin, M., 2015, On ultrahigh temperature crustal metamorphism: Phase equilibria, trace element thermometry, bulk composition, heat sources, timescales and tectonic settings: *Geoscience Frontiers*, v. 6, 311-356.
- Liou, J.G., Ernst, W.G., Zhang, R.Y., Tsujimori, T., Jahn, B.M., 2009, Ultrahigh-pressure minerals and metamorphic terranes – The view from China: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 35, p. 199–231.
- Liou, J.G., Tsujimori, T., Yang, J., Zhang, R.Y., Ernst, W.G., 2014, Recycling of crustal materials through study of ultrahigh-pressure minerals in collisional orogens, ophiolites, and mantle xenoliths: A review: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 96 p. 386–420.
- Maruyama, S., Liou, J.G., Terabayashi, M., 1996. Blueschists and eclogites of the world and their exhumation. *International Geology Review* 38, 485–594.
- Maruyama, S., Masago, H., I. Katayama, Y. Iwase, Y., Toriumi, M., Omori, S., Aoki, K., 2010, A new perspective on metamorphism and metamorphic belts: *Gondwana Research*, v. 18, p. 106–137.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Petrología de rocas ígneas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Vulcanología Petrología ígnea y metamórfica Deformación de la litósfera Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Mineralogía	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Curso de Geología de campo	

Objetivo general:

- Entender la dinámica de los procesos magmáticos y aprender a utilizar criterios geológicos y analíticos para distinguir la naturaleza de la fuente y el marco tectónico de las rocas ígneas.

Objetivos particulares:

- Desarrollar habilidades para el tratamiento de los datos geoquímicos crudos para poder aplicar las herramientas petrogenéticas adecuadas y combinar esta información con los conceptos petrológicos y los datos de campo.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Fundamentos	6	0
	1.1 Estructura interna de la Tierra. 1.2 Procesos tectónicos y magmatismo. 1.3 Equilibrio químico y termodinámico.		
2	Procesos magmáticos	8	0
	2.1 Cristalización fraccionada. 2.2 Cristalización equilibrada. 2.3 Mezcla de magmas.		
3	Composición y clasificación de las rocas ígneas.	8	0
	3.1 Composición química. 3.2 Mineralogía. 3.3 Clasificación.		
4	Termodinámica	12	0
	4.1 Leyes de la termodinámica. 4.2 Regla de las fases. 4.3 Importancia del agua.		
5	Indicadores petrogenéticos	24	0
	5.1 Elementos mayores. 5.2 Elementos traza. 5.3 Geoquímica isotópica.		
6	Provincias magmáticas en México	6	0
	6.1 Arco Cretácico Tardío-Eoceno. 6.2 Sierra Madre Occidental. 6.3 Faja Volcánica Transmexicana.		
Subtotales		64	0
Total.		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras:	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica

<ul style="list-style-type: none"> - Anderson, G.M., 1996, Thermodynamics of natural systems. Wiley& Sons, New York. - Best, M. 1982 Igneous and metamorphic petrology freeman - Gill, R., 1996, Chemical Fundamentals of geology. 2nd ed., Chapman & Hall, London. - Le Maitre R.W., 1989 A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell Scientific Publications. - Wilson, M., 1997, Igneous petrogenesis. Chapman & Hall, London. - Toselli, A. J., 2020, Elementos Básicos de Petrología Ígnea: Conceptos y clasificaciones. Editorial Académica Española, 352 p.
<p>Bibliografía complementaria</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Hall, A., 1993, Igneous petrology. 2nd ed., Longman, London. - Philpotts, A., 1990, Principles of igneous and metamorphic petrology. Prentice Hall, New Jersey. - Rollison, H., 1993, Using Geochemical Data. Longman, London.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Problemas inversos aplicados a la percepción remota de la atmósfera

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Fisicoquímica y composición atmosférica Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2.5	Teóricas: 40
			Prácticas: 1.5	Prácticas: 24
			Total:4	Total: 64

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)		Percepción remota de la atmósfera terrestre	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Proporcionar las herramientas necesarias para utilizar las técnicas de inversión o problemas inversos en el campo de la percepción remota

Objetivos particulares:

- Estudio de técnicas modernas de inversión y sus aplicaciones a las ciencias de la atmósfera.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas
--------	------------------	-------

		semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	6	0
	1.1 Observaciones, Modelos e Inversiones 1.2 Inversión Clásica (Least squares solution): LSQ		
2	Probabilidad y la cuantificación de información	6	0
	2.1 Probabilidad y teorema de Bayes 2.2 Entropía de Shannon como medio de información		
3	Teoría de inversión	6	6
	3.1 Problemas inversos 3.2 Singular Value Descomposition (SVD) 3.3 Teoría de estimación optimizada (Rodgers, 1976)		
4	Caracterización y diagnosis	6	6
	El Averaging Kernel, la matriz de la resolución Los grados de libertad de la señal (DOF) Análisis de los errores asociados		
5	Problemas no-lineales	6	6
	Monte Carlo Markov Chain Cluster analisis		
6	Aplicaciones para resolver diferentes problemas en percepción remota	6	0
	Radar FTIR Satélites		
7	El uso de datos medidos con percepción remota	4	6
	Calcular de Promedios y tendencias Comparación de instrumentos en percepción remota Asimilación de datos de percepción remota		
Subtotales		40	24
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso

Bibliografía básica

- Tarantola: Inverse problem theory, Methods for data fitting and model parameter estimation, Elsevier, 1987
- Rodgers: Inverse Methods for Atmospheric Sounding: Theory and Practice, World Scientific, 2000

Bibliografia complementaria

- Menke: Geophysical data analysis: discrete inverse theory, Academic Press, 1984
- Tamminen and Kyrölä, JGR, 106, 14377, 2001
- Rodgers.(1976) "Retrieval of Atmospheric Temperature and Composition From Remote Measurements of Thermal Radiation" , Rev. Geophys. and Space Phys., 14, 609.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Procesamiento de datos geofísicos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Exploración geofísica de la Tierra sólida y de la corteza oceánica Exploración geofísica aplicada a la caracterización y evaluación de yacimientos Exploración geofísica de la superficie terrestre Procesamiento y análisis de datos	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Proporcionar al alumno la teoría y técnicas generales empleadas en procesamiento de señales digitales, que con ligeras o ninguna modificación se pueden emplear en el procesamiento de señales geofísicos, en general.

Objetivos particulares:

- Repasar conceptos de probabilidad y estadística
- Analizar secuencias de datos/series de eventos
- Analizar mapas
- Conocer los sistemas de señales digitales y su representación.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas.
1	Probabilidad y estadística		
	1.1 Conceptos de Probabilidad 1.2 Conceptos de estadística 1.3 Distribuciones de probabilidad más conocidas	6	6
2	Análisis de secuencias de datos----series de eventos		
	2.1. Procedimientos de interpolación 2.2 Mínimos cuadrado 2.3 Análisis de regresión	6	6
3	Análisis de mapas		
	3.1. Patrones de distribución 3.2 Contorneo- técnicas numéricas 3.3 Separación Regional-residual	6	6
4	Sistemas y señales digitales		
	4.1 Señales digitales 4.2 Respuesta al impulso y clasificación de los sistemas digitales. 4.3 Filtros causales y serie de Taylor Algoritmos de resolución directa coseno 4.4 Funciones del seno y coseno 4.5 Filtros no causales - serie de Laurent Métodos de factorización 4.6 Serie de Fourier 4.7 Sistemas Lineales convulsión	6	6
5	Transformaciones al dominio de frecuencias		
	5.1 Representación en el dominio de las frecuencias de señales y sistemas digitales 5.2 Análisis Armónico 5.3 Transformada de Fourier 5.4 Transformada de Fourier de secuencias reales 5.5 Propiedades 5.6 Sistema pasa bajos pasa altos 5.7 La transformada rápida de Fourier 5.8 Descripción matemática del proceso del muestreo uniforme 5.9 Teorema del muestreo	6	6
6	Transformaciones en el espacio z Diseño de filtros digitales ---sistemas recursivos		
	6.1 La transformada Z 6.2 Diseños de filtro de promedios medios móviles (MA) 6.3 Diseño de filtros recursivos (ARMA)	2	2

6.4 Diseños por mínimos cuadrados del filtro de promedios móviles (MA)		
Subtotales	32	32
Total.	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (exámenes)	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Chatfield, Chris. 2004. The Analysis of Time Series. An Introduction. CHAPMAN & HALL/CRC. ISBN 1-58488-317-0. - Naidu P.S and M.P. Mathew, 2014 Analysis of Geophysical Potential Fields, Volume 5. A Digital Signal Processing Approach - OPPENGEIM, ALLAN V AND RONALD W. SHAFER. Digital seismic processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1975. - RABINER, L. R. AND B. GOLD. Theory and applications of digital signal processing. Prentice Hall, Englewoods Cliffs, N.J., 1975. - Roussas, George G. 1997. A Course in Mathematical Statistics. Second Edition. ACADEMIC PRESS. ISBN 0-12-599315-3 - Rincón, Luis. 2012. Introducción a los procesos estocásticos. (Serie: Temas de Matemáticas). Facultad de Ciencias, UNAM. ISBN 978-607-02-3044-8 Pagweb. https://www.youtube.com/c/LuisRinconUNAM/videos
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Davis, J. 2000. Statistic and data analysis in Geology. J.Wiley - BATH, MARKUS. Spectral Analysis in Geophysics. Elsevier Amsterdam 1974. - Bloomfield, Peter. 2000. Fourier Analysis of Time Series. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc. BRIGHAM, E.O. The East Fourier Transform. Prentice Hall, Englewoods Cliffs, N.J., 1974. - JENKINS, G.M AND D.G. WATTS. Spectral Analysis and its Applications Hodel Day, San Francisco 1968. - Parzen, E. Stochastic Processes. Holden Day San Francisco 1962. - Chetskin, David J. 2004. Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. Third Edition. CHAPMAN & HALL/CRC. ISBN 1-58488-440-1
ARTICULOS SELECTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Procesamiento de señales digitales

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Sismología Procesamiento y Análisis de Datos	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender y manejar las técnicas modernas empleadas en procesamiento de señales digitales, que con ligeras o ninguna modificación se pueden emplear en el procesamiento de señales geofísicas en general.

Objetivos particulares:

- Procesar señales digitales utilizando diversas técnicas.
- Aplicar el procesamiento digital de señales en casos concretos de prospección y sismología.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas

1	Sistemas y señales digitales 1.1 Conceptos básicos de Sistemas Lineales 1.2 Relaciones en el dominio del tiempo 1.3 Relaciones en el dominio de la frecuencia 1.4 Distorsión de una señal por efectos de filtrado y de respuesta instrumental 1.5 Conversión analógica-digital 1.6 Relaciones entrada-salida para sistemas digitales 1.7 Estabilidad de los sistemas digitales 1.8 Ejemplos básicos en tiempo y frecuencia de señales 1.9 Respuesta al impulso y convolución	5	5
2	Muestreo 2.1 Truncado de señales 2.2 Discretización 2.2.1 Discretización correcta 2.2.2 Discretización incorrecta 2.3 Transformada de Fourier Discreta (TFD) 2.3.1 Discretización de la TF 2.3.2 TF rápida 2.4 Análisis de la TFD 2.5 Efectos del truncamiento de una señal 2.6 Taper 2.7 Efecto de una tendencia 2.8 Ejemplos de Discretización de señales	5	5
3	Transformada de Fourier y Deconvolución 3.1 La Descomposición de Fourier en Física Matemática 3.1.1 La Transformada de Fourier 3.1.2 Las Series de Fourier 3.1.3 Formulario de la Transformada de Fourier 3.2 Propiedades de la Transformada de Fourier 3.2.1 Paridad-simetría 3.2.2 Linealidad 3.2.3 Similitud 3.2.4 Traslación 3.2.5 Derivación 3.2.6 simetría Dual 3.3 ¿Dónde encontramos la deconvolución? 3.3.1 Convolución temporal 3.3.2 Convolución espacial 3.3.3 Convolución y probabilidad 3.4 Propiedades de la Convolución 3.4.1 Conmutativa, asociativa, distributiva 3.4.2 Transformada de Fourier de un producto de convolución 3.4.3 Derivación de un producto de convolución 3.5 La correlación 3.6 Ejemplos de aplicación de la Transformada de Fourier, Convolución y correlación.	5	5
4	Dualidad Tiempo-Frecuencia 4.1 Medida de la duración de una señal 4.2 Principio de incertidumbre en tratamiento de señales	5	5

	4.3 Aproximación determinista: principio de incertidumbre de Heisenberg 4.4 Señales causales 4.5 Señales de fase mínima 4.6 Ejemplos		
5	Principio y aplicaciones de filtrado 5.1 Filtro de banda estrecha 5.2 Filtro Pasa Bajas 5.3 Filtro Pasa Altas 5.4 Filtro Pasa Bandas 5.4.1 Recursividad y respuesta al impulso infinita 5.5 La estabilidad de los filtros 5.6 Filtro de Butterworth 5.6.1 Presentación general 5.6.2 Aproximación bilineal 5.6.3 Ejemplos	5	5
6	Estimación Espectral 6.1 Análisis armónico 6.2 Periodograma 6.3 Periodograma de señales real-valuadas 6.4 Muestra de ruido blanco 6.5 Distribución Gaussiana y Chi/cuadrada 6.6 Distribución del periodograma para un proceso Gaussiano blanco y Gaussiano 6.7 Ejemplo de estimación espectral, transformando la autocorrelación	5	5
7	Ejemplos de Aplicaciones 7.1 Señales de prospección 7.2 Señales de sismología 7.3 Señales diversas en geofísica	2	2
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica

- Bracewell, R.N., 1986. The Fourier Transform and its Applications. McGraw-Hill, 474 pp.
- Claerbout, J. F., 1985. Fundamentals of Geophysical Data Processing. Blackwell Scientific Publications, 274 pp.
- Kanasewich, E.R., 1981. Time Sequence Analysis in Geophysics. The University of Alberta Press, 480 pp.
- Kraniuskas, P., 1992. Transforms in Signals and Systems. Addison-Wesley, 558 pp.
- Kulhánek, O., 1976. Introduction to Digital Filtering in Geophysics. Elsevier Scientific Publishing Company, 168 pp.
- Menke, W., 1989. Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory. Academic Press, 289 pp.
- Scherbaum, F., 2001. Of Poles and Zeros: Fundamentals of Digital Seismology. Kluwer Academic Publishers, 2nd Edition, 280 pp.
- Soria Olivas, E., 2003, Tratamiento Digital de Señales: Problemas y Ejercicios Resueltos. 387 p.

Bibliografía complementaria

- Brigham, E.O. The East Fourier Transform. Prentice Hall, Englewoods Cliffs, N.J., 1974.
- Bath, markus. Spectral Analysis in Geophysics. Elsevier Amsterdam 1974.
- Jenkins, G.M and D.G. watts. Spectral Analysis and its Applications Hodel Day, San Francisco 1968.
- Parzen, E. Stochastic Processes. Holden Day San Francisco 1962.
- Robinson, Enders A. Multichannel time Series Analysis with Digital
- Havskov, J. and G. Alguacil, 2005. Instrumentation in Earthquake Seismology. Editorial Springer, Netherlands, 358 pp
- Kulhánek, O., 1990. Anatomy of Seismograms. Elsevier Scientific Publishing Company, pp 178
- Sherrif, R.E., 2001. Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics. Society of Exploration Geophysics, 4th Edition, 376 pp.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Procesamiento de datos y análisis estadístico

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Procesamiento y análisis de datos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s) Ninguna	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s) Ninguna	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Adquirir los conceptos, métodos y herramientas para aplicar técnicas cuantitativas y cualitativas de investigación estadística en el ámbito de las Ciencias de la Tierra.

Objetivos particulares:

- Estructurar bases de datos
- Realizar análisis exploratorios
- Aplicar análisis estadísticos para poner a prueba hipótesis
- Realizar análisis estadísticos a sets de datos de las geociencias

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción a programa estadístico	2	2

	<ul style="list-style-type: none"> 1.1 Conceptos básicos 1.2 Lectura y escritura de datos 1.3 Estructuras de datos 1.4 Gráficos 1.5 Reportes 		
2	<p>Fundamentos de probabilidad y estadística</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Definiciones y conceptos básicos 2.2 Probabilidad condicionada 2.3 Variables aleatorias 2.4 Funciones de probabilidad 2.5 Valor esperado 2.6 Funciones de probabilidad comunes 2.7 Variables aleatorias con distribuciones conjuntas 2.8 Distribuciones condicionadas 2.9 Muestras aleatorias y estimación 	4	4
3	<p>Función de la estadística y el análisis de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Introducción. 3.2 Clasificación de los datos estadísticos 3.3 Muestras versus población 3.4 Vector y notación matricial 3.5 Distribuciones de frecuencias e histogramas 3.6 La distribución como modelo 3.7 Momentos muestrales 	4	4
4	<p>Análisis exploratorio de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.1 Introducción. 4.2 Clasificación de los datos estadísticos 4.3 Muestras versus población 4.4 Vector y notación matricial 4.5 Distribuciones de frecuencias e histogramas 4.6 La distribución como modelo 4.7 Modelación. 4.8 Transformaciones. 4.9 Conceptos estadísticos 4.10 Paradigmas estadísticos 	2	2
5	<p>Estimación y prueba de hipótesis en medias y otras estadísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.1 Introducción. 5.2 Independencia de las observaciones 5.3 Estimación del intervalo de confianza en una media 5.4 Intervalo de confianza en la diferencia entre las medias 5.5 Pruebas de hipótesis sobre las medias 5.6 Pruebas de hipótesis bayesianas 5.7 Pruebas de hipótesis no paramétricas 5.8 Prueba de hipótesis "Bootstrap en medias. 5.9 Prueba de múltiples medias mediante análisis de varianza 5.10 Múltiples comparaciones de medias 5.11 ANOVA no paramétrico. 5.12 Datos emparejados 	5	5

	5.13 Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov 5.14 Comentarios sobre las pruebas de hipótesis		
6	Regresión 6.1 Introducción 6.2 Correlación y covarianza. 6.3 Regresión lineal simple. 6.4 Regresión múltiple. 6.5 Otros procedimientos de regresión. 6.6 Modelos no lineales	2	2
7	Series temporales 7.1 Introducción 7.2 Dominio de tiempo 7.3 Dominio de frecuencia 7.4 Wavelets	5	5
8	Geoestadística 8.1 Introducción 8.2 Datos 8.3 Visualización de datos tridimensionales 8.4 Asociación espacial. 8.5 Valor esperado 8.6 Modelos de semivariograma 8.7 Kriging	2	2
9	Análisis multivariado 9.1 Introducción 9.2 Gráficos multivariados 9.3 Análisis de componentes principales 9.4 Análisis de factores 9.5 Análisis de clústeres 9.6 Escalamiento multidimensional 9.7 Análisis discriminante 9.8 Modelado ba	4	4
10	Diseño de experimentos 10.1 Introducción 10.2 Diseño de muestreo 10.3 Diseño de esperimentos	2	2
	Subtotales	32	32
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (exámenes)	(x)

Perfil profesiográfico docente
Doctorado en temas afines al curso que se propone.

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Borradaile, G. (2003) Statistics of Earth Science Data, Springer. - Kerns, G. J., Introduction to Probability and Statistics Using R, First Edition, 2010. https://cran.rproject.org/web/packages/IPSUR/vignettes/IPSUR.pdf - Schuenemeyer, J. H., y Drew, L. J. (2011). Statistics for Earth and Environmental Scientists. John Wiley, https://doi.org/10.1002/9780470650707 - Sarma, D. D. (2009). Geostatistics with Applications in Earth Sciences. Springer - Londoño C., Juan Carlos Valdés Q. J.C., 2012, Geoestadística Aplicada: Generación de mapas de interpolación para el estudio de fenómenos distribuidos espacialmente. Editorial Académica Española, 112 p.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Casella, George y Berger, Roger L. Statistical Inference. Duxbury Press, 2002. - Jarno Tuimala y Dario Greco, Basic statistics using R, http://docplayer.net/12418321-Basic-statistics-using-rjarno-tuimala-csc-dario-greco-hy.html



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Química ambiental de suelos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para: Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos Ciencias del Suelo Peligros y riesgos asociados a procesos de la superficie terrestre (contaminación)	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
	Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)
		Análisis de suelos y aguas, o Hidrogeología de campo, o Curso de campo de monitoreo ambiental, o Química de residuos peligrosos: fundamentos y manejo, o Química de Superficies de Nanopartículas y Coloides Ambientales	

Objetivo general: Comprender la composición, propiedades y reacciones químicas del suelo.
Objetivos particulares: <ul style="list-style-type: none"> - Comprender los principales componentes del suelo. - Comprender las principales reacciones químicas que ocurren en el suelo.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Principios Básicos de Equilibrio Químico Acuoso 1.1 Ejemplo: Ácido-base. Ácidos monopróticos. 1.2 Ácidos dipróticos – sistemas cerrados (ejemplo sistema - carbonato) 1.3 Ácidos dipróticos - sistemas abiertos (ejemplo sistema - carbonato) 1.4 Ácidos dipróticos con presencia de sólido - sistemas abiertos (ejemplo sistema - carbonato) 1.5 Geoquímica ambiental de carbonatos y otros sólidos 1.6 Programas de especiación geoquímica – uso de MINEQL+ o MINTEQ	16	0
2	La Composición Química de los Suelos 2.1 Composición Elemental 2.2 Elementos Metálicos en los Suelos 2.3 Fases Sólidas en los Suelos 2.4 Fases Gaseosa y Líquida del Suelo	6	0
3	Minerales del Suelo 3.1 Sólidos Iónicos 3.2 Silicatos Primarios 3.3 Arcillas 3.4 Óxidos, Oxihidróxidos, e Hidróxidos Metálicos 3.5 Carbonatos y Sulfatos	6	0
4	Humus 4.1 Biomoléculas 4.2 Sustancias Húmicas 4.3 Reacciones de Intercambio Catiónico 4.4 Reacciones con Moléculas Orgánicas 4.5 Reacciones con Minerales del Suelo	6	0
5	Estabilidad e Intemperismo Mineral 5.1 Reacciones de Disolución 5.2 Prediciendo Control de Solubilidad: Diagramas de Proporción de Actividades 5.3 Minerales del Suelo Coprecipitados 5.4 Prediciendo Control de Solubilidad: Diagramas de Predominancia 5.5 Transformaciones de Fosfatos en Suelos Calcáreos	4	0
6	Química de Superficies de Partículas del Suelo 6.1 Área Superficial Específica y Carga Superficial 6.2 Adsorción 6.3 Iones Intercambiables	8	0
7	Reacciones de Oxidación-Reducción 7.1 Suelos Inundados	6	0

	7.2 Reacciones Redox 7.3 La Escalera Redox 7.4 Diagramas pE-pH		
8	Acidez del Suelo 8.1 Reciclado de Protones 8.2 Capacidad de Neutralización Ácida 8.3 Geoquímica del Aluminio 8.4 Efectos Redox 8.5 Neutralización de la Acidez del Suelo	6	0
9	Salinidad del Suelo 9.1 Soluciones de Suelos Salinos 9.2 Intercambio Catiónico y Fenómenos Coloidales 9.3 Intemperismo Mineral 9.4 Química del Boro 9.5 Calidad de Agua de Irrigación	6	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: Examen final oral	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes sobre temas relacionados con Química Ambiental de Suelos.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Essington M.E. (2004) Soil and Water Chemistry. CRC Press, Boca Ratón, Florida, 534 pp. - Langmuir D. (1997) Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice Hall, USA, 600 pp. - Sposito G. (2008) The Chemistry of Soils. Oxford University Press, NY-Oxford, 344 pp. - Sparks D.L. (2003) Environmental Soil Chemistry. Academic Press, San Diego, 352 pp.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Aguirre Gómez Arturo (2008). "Química de los suelos ácidos, templados y tropicales". FES.-Cuautitlán-UNAM. 3ª Edición. México - Aguirre Gómez Arturo (2007). "Química de los suelos de inundación, temporal y perenne". FES.-Cuautitlán-Pub. UNAM. México

- Aguirre Gómez Arturo (1993). "Química de los suelos salinos y sódicos F.E.S.- Cuautitlán-UNAM, México
- Bohn H, McNeal, B. and O'Connor, G. (1985) Soil Chemistry. John Wiley and Sons. NY. 341 pp.
- Bolt, H. and Bruggenwert, M.G.M. Ed. (1978) Soil Chemistry A. Basic Elements. Developments in Soil Science 5A. Elsevier Amsterdam.
- OEA (1982). Introducción a la Química de Suelos. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington 69 pp.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Química analítica ambiental y diseño experimental

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y/o área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (contaminación) Calidad del aire y salud	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Utilizar técnicas analíticas para la determinación cuantitativa y cualitativa de contaminantes de riesgo potencial a la salud y el deterioro del ambiente.

Objetivos particulares:

- Comprender la importancia del diseño experimental, recolección y preparación de muestras para análisis.
- Utilizar las técnicas de análisis de contaminantes atmosféricos: gases y partículas.

- Utilizar las técnicas de muestreo para el análisis de contaminantes en muestras biológicas.
- Utilizar protocolos de control de calidad en el análisis ambiental.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Química analítica	10	0
	1. Introducción: Finalidad y características de la Química Analítica. 2. Etapas fundamentales de los métodos analíticos aplicados en análisis medioambiental.		
2	Métodos analíticos	10	0
	1. Clasificación de las técnicas analíticas más usadas en el medio ambiente. 2. Aproximación general al análisis. La elección de análisis de laboratorio y de campo.		
3	Control de calidad en el análisis químico	6	0
	1. Errores experimentales y su tratamiento. 2. Validación de métodos analíticos. 3. Evaluación interna de la calidad. Límites de detección. 4. Control de calidad interlaboratorio. Cadena de custodia.		
4	Contaminantes persistentes.	6	0
	Fuentes de contaminación de la atmósfera, de agua y de los suelos. Transporte y efectos de los contaminantes.		
5	Análisis de contaminantes atmosféricos.	8	0
	GASES:1. Toma de muestra: programación y equipos. Determinación de los principales contaminantes inorgánicos y orgánicos. 2. Determinación activa y pasiva de contaminantes.		
6	Análisis de contaminantes atmosféricos	8	0
	PARTICULAS:1. Toma de muestra en emisión e inmisión. Determinación de la cantidad total de partículas por volumen de aire. 2. Análisis químico de las partículas. Redes de vigilancia y control del aire.		
7	Análisis de aguas. Contaminantes traza	8	0
	1. Pretratamiento. Procedimientos de extracción y concentración. Determinación de contaminantes orgánicos en aguas naturales y residuales. 2. Determinación de metales a niveles traza. Especiación.		
8	Análisis de suelos	8	0
	1. Muestreo y tratamiento de muestras. Caracterización de suelos: determinación de los principales parámetros. 2. Evaluación de la contaminación de suelos.		

	3. Técnicas más utilizadas en el análisis de contaminantes orgánicos e inorgánicos.		
	Subtotales	64	0
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Seminarios	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Asistencia	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	(x)
Prácticas de taller o laboratorio	()	Participación en foros	()
Prácticas de campo	(x)	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	()
Otras (especificar)	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso.			
Publicaciones recientes en el tema.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Analytical Measurements in aquatic Environments. Jacek Namiesnik y Piotr Szefer. 2010. CRC Press Taylor & Francis Group. ISBN 1843393069. - Analyzing Environmental Data. Walter W. Piegorsch y A. John Bailer 2005. John Wiley & Sons, Ltd. ISBN 0-470-84836-7. - Trace environmental Quantitative Analysis. Principles, Techniques and Applications. Paul R. Loconto. 2001. ISBN: 0-8247-0502-5. - Environmental instrumentation and analysis Handbook. Randy D. Down y Jay H. Lehr. 2005. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-46354 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Field sampling. Principles and Practices in Environmental Analysis. A. R. Conklin, JR. Rolf Meinholtz. 2004. MARCEL DEKKER, INC. NEW YORK • BASEL. ISBN: 0-8247-5471-9 - Estadística y Quimiometría para Química Analítica. J. N. Miller y J. C. Miller. 2002. Prentice Hall. ISBN: 84-205-3514-1. - "Principios de análisis instrumental" Skoog, Holler, Nieman. 2003. McGraw-Hill. ISBN: 84-481-2775-7. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Química de la atmósfera

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y/o área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Fisicoquímica y composición atmosférica Calidad del aire y salud	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)			

Objetivo general:

- Comprender los principales procesos químicos que ocurren en la atmósfera terrestre.

Objetivos particulares:

- Comprender la composición y estructura de la atmósfera
- Entender qué es el efecto invernadero.
- Comprender los ciclos biogeoquímicos del C, N y S.
- Comprender qué es el aerosol atmosférico.
- Relacionar composición química atmosférica con cambio climático.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Breve introducción a la meteorología	1	0
2	La composición de la atmósfera 2.1 Las atmósferas del sistema solar 2.2 El espectro solar 2.3 Balance radiativo de la Tierra 2.4 Balance radiativo de la atmósfera 2.5 Los gases traza 2.6 Datos observacionales sobre composición atmosférica	7	0
3	La estructura de la atmósfera 3.1 Albedo 3.2 Balance térmico superficie-atmósfera 3.3 Expansión adiabática y turbulencia 3.4 La troposfera 3.5 La tropopausa 3.6 La estratosfera 3.7 La termosfera 3.8 Intercambio troposfera-estratosfera 3.9 La circulación atmosférica a gran escala P(h), T(h) h=altura.	7	0
4	Los gases traza y el efecto invernadero 4.1 El espectro solar 4.2 Efecto invernadero por reactividad. Interacción UV-gases traza 4.3 Efecto invernadero por IR CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, H ₂ O, COVs, estructura molecular y espectros IR 4.4 El efecto invernadero y la vida	7	0
5	Los ciclos biogeoquímicos 5.1 Carbono (CO ₂ , CO, CH ₄) 5.2 Nitrógeno (N ₂ , N ₂ O, NO _x) 5.3 Azufre	7	0
6	El agua en la atmósfera 6.1 La solubilidad de gases 6.2 Reacciones en fase acuosa en la atmósfera 6.3 Wash out, rain out	7	0
7	La estratosfera 7.1 El ciclo de Chapman 7.2 Ampliando el ciclo de Chapman El oxígeno impar, el hidrógeno impar, el nitrógeno impar Los halógenos 7.3 La circulación en la estratosfera	7	0
8	La troposfera 8.1 La química de la troposfera libre El mecanismo de la oxidación del metano	7	0

	8.2 La contaminación atmosférica Los mecanismos de la foto-oxidación de hidrocarburos no metano		
9	El aerosol atmosférico	7	0
	9.1 Fuentes naturales y secundarias		
	9.2 Distribución de tamaño		
	9.3 Su composición		
	9.4 Su morfología		
	9.5 Sus propiedades ópticas		
	9.6 Modelos		
	9.7 Su efecto en el clima		
10	Cambio climático	7	0
	10.1 Evidencia el cambio climático		
	10.2 Escenarios de cambio climático y su impacto		
	10.3 La regionalización		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Seminarios	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Asistencia	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Participación en foros	()
Prácticas de campo	()	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	()
Otras (especificar)	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - John Seinfeld and Spyros N. Pandis, "Atmospheric Chemistry and Physics", John Wiley & Sons, 1998. - Finlayson-Pitts and Pitts, Chemistry of the upper and lower atmosphere, Academic Press, 2001 - Daniel J. Jacob, "Introduction to Atmospheric Chemistry", Princeton University Press, 1999. - Mark. Z. Jacobson, "Atmospheric Pollution. History, Science, and Regulation", Cambridge University Press, 2002) - Gaffney and Marley Chemistry of Environmental Systems, John Wiley & Sons, 2019 - Otros (Wayne, Finlayson-Pitts, Warneck) - Baird, C., 2001, Química ambiental. Reverte, 622 p.
Bibliografía complementaria

Artículos sobre los temas

- Hobbs, P. V., 2000, Introduction to Atmospheric Chemistry. Cambridge University Press, 262 p.
- Holloway, A. M. and Wayne, R. P., 2015, Atmospheric Chemistry. Royal Society of Chemistry, 271 p.
- Seinfeld, J. H. and Pandis, S. N., 2016, Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, 1152 p.

Revistas electrónicas:

- Atmosphere.
- Atmospheric Chemistry and Physics.
- Chemosphere - Global Change Science.
- Atmospheric Environment.
- Atmospheric Pollution Research.
- Journal of Atmospheric Chemistry



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Química de residuos peligrosos: fundamentos y manejo

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (contaminación).	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Practica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3.5	Teóricas: 56
			Prácticas: 0.5	Prácticas: 8
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Química Ambiental de suelos	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender el concepto de peligrosidad de los residuos con base en su composición química y destino en el ambiente, identificando sus fuentes y prediciendo las rutas de dispersión y su reactividad en el sistema aire-agua-suelo; para proponer estrategias de manejo e interpretar adecuadamente la normatividad internacional y nacional.

Objetivos particulares:

- Adquirir el nivel de fundamentos de físico-química y química necesario para alcanzar el objetivo general
- Identificar con base en la composición química el estado físico de los contaminantes y sus propiedades generales

- Comprender los mecanismos de retención y liberación de contaminantes en suelos y sedimentos para predecir las rutas de dispersión
- Evaluar la peligrosidad de los residuos con base en propiedades físicas, químicas y cantidad de las sustancias contenidas de naturaleza orgánica, inorgánica y dual.
- Establecer posibles riesgos para el medio abiótico, biótico y población humana de los residuos
- Identificar alternativas tecnológicas y estrategias holísticas para el manejo de los residuos
- Investigar la normatividad nacional e internacional existente que aplique al manejo de residuos peligrosos y no peligrosos
- Interpretar la normatividad, identificando “lagunas legales” y obstáculos para su cumplimiento

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Fundamentos	12	0
	1.1 Clasificación y propiedades de los elementos 1.1.1 Tabla periódica 1.1.2 Concepto de elemento y propiedades atómicas 1.1.3 Clasificación en metales, no metales y de frontera 1.1.4 Variación periódica de las propiedades por familia y diagonales		
	1.2 Tipos de compuestos, modelos, estado físico, estado natural 1.2.1 Compuestos iónicos (sales y minerales), concepto de potencial iónico (carga/radio) y reglas de Fajans 1.2.2 Compuestos covalentes (derivados del petróleo, plaguicidas, etc.) y concepto de electronegatividad 1.2.3 Compuestos de coordinación 1.2.4 Consecuencias físicas del enlace: estado físico, solubilidad (fuerza iónica), puntos de ebullición y fusión		
	1.3 Distribución y abundancia de los elementos importantes en la corteza terrestre		
	1.4 Reactividad química en el ambiente 1.4.1. Conceptos ácido- base y óxido-reducción en medio acuoso y tipo de reacciones 1.4.2. Concepto de entalpia, entropía y energía de Gibbs 1.4.3. Espontaneidad de reacciones		
	1.5 Bases de la Cinética de reacciones 1.5.1 Velocidad de reacción (rapidez / tiempo)		

	<p>1.5.2 Interpretación de los órdenes de reacción</p> <p>1.5.3 Energía de activación</p> <p>1.5.4 Efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción</p> <p>Examen de la unidad</p>		
2	<p>Peligrosidad de los residuos</p> <p>2.1 Conceptos de residuo y contaminación</p> <p>2.1.1. Definición del concepto de residuo y contaminación en relación con la energía y/ o materia, y capacidad de resiliencia de los sistemas naturales</p> <p>2.1.2. Definiciones de contaminación pre-existentes</p> <p>2.1.3 Tema Selecto: Contrastación del concepto termodinámico de la contaminación respecto a otras definiciones pre-existentes</p> <p>2.2. Concepto y factores de peligro</p> <p>2.2.1. Relación del peligro de un desecho con sus propiedades químicas</p> <p>2.2.2. Definición de peligro con base en factores físicos y químicos</p> <p>2.2.3. Definición de peligro con base en el concepto CRETl, origen y sustento</p> <p>2.2.4. Tema selecto: Análisis de fortalezas. y debilidades de los conceptos de peligro y riesgo</p> <p><i>Experiencia práctica: Pruebas básicas en laboratorio de peligrosidad</i></p> <p>2.3 Vulnerabilidad y riesgo</p> <p>Tema selecto: Investigación sobre los conceptos de vulnerabilidad y riesgo y modelos para la evaluación del riesgo a la salud</p> <p>Examen de la unidad</p>	10	2
3	<p>Reactividad y destino en el ambiente</p> <p>3.1 Reactividad de los contaminantes en matrices ambientales sólidas (comprensión a nivel conceptual)</p> <p>Reacciones ácido-base (CO₂, carbonatos, arcillas y materia orgánica)</p> <p>3.2 Reacciones de disolución–precipitación (efecto de cambios de pH-pe en la estabilidad de los sólidos y su presencia en la solución)</p> <p>3.3 Reacciones de sorción-desorción (formación de complejos de esfera interna, esfera externa, oclusión y coprecipitación; y su reversibilidad bajo condiciones diversas de pH-pe)</p> <p>3.4 Reacciones de óxido-reducción (residuos y agentes reductores- oxidantes presentes en las matrices naturales)</p>	12	2

	<p>3.5 Destino en el ambiente ¹</p> <p>3.5.1 Atmósfera (sustancias gaseosas y coloidales)</p> <p>3.5.2 Destino en cuerpos de agua (sustancias solubles, sorbidas y precipitadas)</p> <p>3.5.3 Destino en suelo y subsuelo (solución, fase gaseosa)</p> <p>3.6 <i>Rutas de dispersión</i></p> <p>3.6.1 Aire</p> <p>3.6.2 Agua</p> <p>3.7 Ejemplos de ciclos biogeoquímico</p> <p>Práctica en laboratorio</p> <p>Examen de la unidad</p>		
4	<p>Fuentes y manejo actual de los residuos (por sector)</p> <p>4.1 <i>Minería y metalurgia</i></p> <p>4.1.1 Generalidades de los procesos mineros y metalúrgicos</p> <p>4.1.2 Residuos producidos en la exploración y concentración por procesos físicos, físico-químicos y químicos en minas a cielo abierto y subterráneas</p> <p>4.1.3 Clasificación de la peligrosidad de los residuos con base a criterios químicos</p> <p>4.1.4 Tema selecto: Influencia de la ubicación y tipo de yacimiento en la peligrosidad; y contrastación de la clasificación de los residuos de acuerdo con los criterios termodinámicos y normatividad vigente en México</p> <p>4.2 <i>Petróleo y petroquímica</i></p> <p>4.2.1 Generalidades de los procesos de exploración, extracción y refinación de crudo</p> <p>4.2.2 Generalidades de los procesos petroquímicos más importantes que se llevan a cabo en México</p> <p>4.2.3 Residuos producidos en la exploración, extracción y refinación</p> <p>4.2.4 Clasificación de los residuos con base a los criterios químicos</p> <p>4.2.5 Normatividad vigente en México</p> <p>4.2.6 Tema selecto: Influencia de la ubicación y tipo de yacimiento en la peligrosidad; y contrastación de la clasificación de los residuos de acuerdo con los criterios</p>	12	2

	<p>termodinámicos y la normatividad vigente en México</p> <p>4.3 <i>Otros sectores: Generación de energía, actividades agrícolas, pecuarias y forestales, población y servicios (altas cargas orgánicas)</i></p> <p>4.3.1 Propuesta de clasificación y manejo con base en el enlace químico de los residuos con altas cargas orgánicas</p> <p>4.3.2 Tema selecto. Limitaciones y fortalezas del manejo actual de los residuos con altas cargas orgánicas, en países desarrollados y en vías de desarrollo (conferencista invitado)</p> <p>Examen de la unidad.</p>		
5	<p>5.1 Gestión sustentable De residuos peligrosos</p> <p>5.2 Concepto de Economía Circular y su relación con los procesos cíclicos de manejo de residuos</p> <p>5.3 Concepto de economía circular y su aplicación en México (conferencista invitado)</p> <p>Examen de la unidad</p>	10	2
Subtotales		56	8
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (Conferencias, Seminario)	(x)	Videos	()
		Otras: Autoevaluación	(x)
Perfil profesiográfico docente			
<p>Doctorado en temas afines al curso que se propone.</p> <p>Experiencia práctica y de investigación en la resolución de problemas de manejo de sistemas residuos-agua-suelo contaminados</p>			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Masterton and Hurley (2009). Chemistry Principles and Reaction. pp. 699. Books/Cole. USA. - Meyer Eugene (2010). Chemistry of Hazardous Materials. Ed. Pearson. - Rao Razia Sultana, Sri Harsha Kota (2016). Solid and Hazardous Waste Management. Science and Engineering. Butterworth-Heinemann. 344 p.p.
Bibliografía complementaria

- Dickerson and Geis (1996). Chemistry, Matter, and the Universe. An Integrated Approach to General Chemistry. pp. 669. Benjamin Inc. California.
- Towards the circular economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. Ellen MacArthur Foundation and the World Economic Forum. <https://reports.weforum.org/toward-the-circular-economy-accelerating-the-scale-up-across-global-supply-chains/>
- Material Economía Circular de la Fundación Cristina Cortinas. Disponible en <https://cristinacortinas.org/sustentabilidad/>:
 - I. **Cristina Cortinas. Perspectivas particulares de Economía Circular. Fundación Cristina Cortinas .**
 - II. Cristina Cortinas. Hacia un México sin basura.
 - III. Cristina Cortinas. Los contaminantes orgánicos persistentes: Una visión regional. Ed. SEMARNAT. MÉXICO.
 - IV. Cristina Cortinas. Regulación de los residuos peligrosos en México. Ed. SEMARNAT. MÉXICO.
- Manahan Stanley E. (2017) Industrial Ecology: Environmental Chemistry and Hazardous Waste. eBook Pub. Mercury Learning and Information. 1st Ed. Boca Ratón. pp. 314. DOI <https://doi.org/10.1201/9780203751091> . eBook ISBN 9780203751091.
- LaGreca M.D, Buckingham P.L. and Evans J.C. (2001). Hazardous Waste Management. Second Ed. Wageland Ed.
- VanGuider, C. (2018). Hazardous Waste Management: An Introduction 2a Ed. Mercury Learning and Information. Boston, USA* Girard J. (2013). Principles of Environmental Chemistry. Third Ed. Jones and Bartlett Pub. Sudbury MA. *
- Charles Harper and Monica Snowden (2017). Hazardous Waste Management. An Introduction. pp. 466. Taylor & Francis eBooks. SBN 9781138206496 *
- Delphine Gallaud, Blandine Laperche (2016). Circular Economy, Industrial Ecology and Short Supply Chain. Ed. Wiley. ISBN: 978-1-119-30747-1. *
- Gutierrez-Ruiz, M.E. y Moreno Turrent M. (1995). Los Residuos de la Minería Mexicana. Residuos Peligrosos en México. Ed. Instituto nacional de Ecología, Semarnap. México
- Alloway, B.J. and Ayres, D.C. (1998). Chemical principles of Environmental Pollution. Blackie Academic and Professional. 2ed. Pp.396
- Holden et al. (1989) How to Select Hazardous Waste Treatment Technologies for Soil and Sludges. Pollution Technology Review No. 163. Ed. ndc. U.S.A.
- Hamond, H, y Fechner E. J. (1994). Chemical Fate and Transport in the Environment. Academic Press
- Thornton, I. (1995) Metals in the Global Environment: facts and misconceptions. ICME .
- Swaddle, T.W. (1997). Inorganic Chemistry: An Industrial and Environmental Perspective. Academic Press. Pp 461



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Química de Superficies de Nanopartículas y Coloides Ambientales

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos asociados a la explotación de yacimientos Ciencias del suelo Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (contaminación)	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Química Ambiental de Suelos
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender los aspectos teóricos más importantes sobre los procesos fisicoquímicos que ocurren en la interfaz sólido/solución acuosa enfocados a partículas naturales (coloides y nanopartículas), y su importancia en la disponibilidad de especies potencialmente tóxicas en el ambiente.

Objetivos particulares:

- Comprender la composición, formas de medición, y estructuras de sistemas sorbente mineral/sorbato por métodos de química húmeda y fisicoquímica, espectroscópicos, y de modelación termodinámica.
- Comprender los métodos espectroscópicos para la caracterización de nanopartículas.

- Instruirse en el modelado de equilibrios de adsorción.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	<p>Química de la interfaz mineral sólido – solución acuosa</p> <p>1.1 Introducción, relevancia. Mecanismos de sorción en minerales. Adsorción-absorción-biosorción-precipitación superficial en minerales en espacio bidimensional concentración-tiempo.</p> <p>1.2 Tamaño de partícula de minerales y relación inversa con el área superficial específica. Minerales relevantes: arcillas y aluminosilicatos, óxidos metálicos (Fe, Al, Mn, Si, Ti), material húmico, carbonatos (Ca y Mg). Determinación experimental de área superficial específica.</p> <p>1.3 Tipo y densidad de sitios superficiales activos en minerales relevantes. Métodos de determinación de densidad de sitios superficiales activos.</p> <p>1.4 Determinación experimental de concentraciones sorbidas en minerales. Métodos directos e indirectos.</p> <p>1.5 Estructuras de minerales sorbentes. Aplicación de las Reglas de Pauling en estructuras internas y en átomos superficiales de estos minerales. Determinación de fuerzas de enlace. Determinación de valencias de enlace. Su aplicación tanto a la estructura interna como a la superficie de minerales. Tipos de grupos superficiales que predicen estos cálculos. Predicción de la estabilidad de complejos superficiales con base en estos cálculos</p> <p>1.6 Tipos y fuentes de carga superficial: carga permanente por sustitución isomórfica en arcillas y aluminosilicatos; carga variable (con pH) por enlaces de oxígeno terminal insatisfechos en óxidos; carga variable (con pH) en grupos funcionales de material húmico.</p> <p>1.7 Influencia del pH y de la fuerza iónica en la carga superficial variable (protónica).</p> <p>1.8 Complejos superficiales de esfera interna y de esfera externa. Iones de capa difusa.</p> <p>1.9 Términos de las diferentes cargas en la interfaz, y ecuaciones de balance de carga en ésta.</p> <p>1.10 Definiciones de puntos de carga cero: Punto de carga cero neta protónica, Punto de carga cero neta, Punto de carga cero. Punto isoeléctrico, Punto de intersección común, Puntos de cero efecto salino.</p> <p>1.11 Determinación experimental de las cargas permanentes y de las cargas variables en minerales.</p>	20	0

	Capacidad de intercambio catiónico. Capacidad de intercambio aniónico		
2	Espectroscopías aplicadas a la determinación de estructuras de complejos en la interfaz mineral sólido - solución acuosa 2.1 Criterios necesarios para la aplicabilidad de métodos espectroscópicos superficiales a la interfaz mineral sólido-solución acuosa. 2.2 Radiación de luz sincrotrón. 2.3 Absorción de Rayos X y su aplicación a la determinación de estructuras de complejos en la interfaz sólido-agua. 2.4 Infrarrojo – de Transformada de Fourier: Reflectancia Total Atenuada (ATR-FTIR), y Reflectancia Difusa (DRIFT), y su aplicación en la determinación de estructuras de complejos en la interfaz sólido-agua. 2.5 Otras técnicas de aplicación reciente.	16	0
3	Modelación y simulación de equilibrios de adsorción 3.1 Modelos empíricos (Kd, Freundlich, Langmuir) y su aplicación en la descripción de los mecanismos de formación de complejos en la interfaz mineral sólido-agua. 3.2 Intercambio iónico en la descripción del comportamiento de sorción de arcillas en las zonas interlaminares. 3.3 Modelo electrostático (Gouy-Chapman) y capa difusa en la descripción del comportamiento de adsorción en la interfaz mineral sólido-agua. 3.4 Estequiometrías y reacciones químicas para describir la formación de complejos interfaciales. 3.5 Modelos “termodinámicos”: Modelos interfaciales eléctricos y de complejación: de dos capas, de Stern, de capacitancia constante (CCM), de triple capa (TLM), de complejación multisitios con distribución de cargas (CD-MUSIC) 3.6 Formas de expresar constantes de equilibrio de reacciones interfaciales.	16	0
4	Temas Selectos de Nanopartículas Naturales	12	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Asistencia	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Participación en foros	()
Prácticas de campo	()	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	()
Otras (especificar)	()		

	Control de lecturas	()
	Videos	()
	Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en áreas afines al tema del curso

Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Brown G.E., Jr, y Calas G. (2012) Mineral-Aqueous solution interfaces and their impact on the environment. European Association of Geochemistry. Geochemical Perspectives, Vol. 1, nos. 4 y 5. 742 pp.
- Fenter P.A., Rivers M.L., Sturchio N.C., Sutton S.R. (eds.). (2002) Applications of synchrotron radiation in low-temperature geochemistry and environmental science. Geochemical Society, Mineralogical Society. Reviews in Mineralogy and Geochemistry Vol. 49. Washington D.C. 579 pp.
- Hochella M.F. Jr y White A.F. (Editors) (1990) Mineral-Water Interface Geochemistry. Reviews in Mineralogy, Vol. 23. Mineralogical Society of America. Washington, D.C., USA. 603 pp.
- Sposito G. (2008) The Surface Chemistry of Natural Particles. Oxford Univ. Press, New York, USA. 344 pp.
- Stumm W. (1992) Chemistry of the Solid-Water Interface. Wiley Interscience, New York, 478 pp.

Bibliografía complementaria

- Banfield J.F. y Navrotsky A. (eds.) (2001) Nanoparticles and the environment. Reviews in Mineralogy and Geochemistry Vol. 44. Washington D.C. 349 pp.
- Essington M.E. (2004) Soil and water chemistry. An integrative approach. CRC Press. Boca Raton, Florida. 534 pp.
- Huang P.M., Senesi N., Buffle J. (Editors) (1998) Structure and surface reactions of soil particles. J. Wiley, Chichester, Reino Unido, IUPAC series on analytical and physical chemistry of environmental systems ; v. 4. 492 pp.
- Langmuir D. (1997) Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. 600 pp.
- Lasaga A.C. y Kirkpatrick R.J. (Editors) (1990) Kinetics of Geochemical Processes. Reviews in Mineralogy, Vol. 8. Mineralogical Society of America. Washington, D.C., USA. 398 pp.
- Sparks D.L., Grundl T.J. (Editors) (1998) Mineral-water interfacial reactions : kinetics and mechanisms. American Chemical Society, Washington, D.C., USA, ACS symposium series 715, 438 pp.
- Sposito G. (2008) The Chemistry of Soils. Oxford Univ. Press, New York, USA. 329 pp.
- Stumm W. and Morgan J. (1996) Aquatic Chemistry. John Wiley and Sons. New York, USA 1024 pp.
- Vaughan D.J. y Patrick R.A.D. (Editors) (1995) Mineral Surfaces. The Mineralogical Society Series 5. Chapman and Hall. London, UK. 370 pp.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Química prebiótica y evolución química

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Geobiología e interacciones biósfera-atmósfera Ciencias Planetarias	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	
Seriación				
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Objetivo general:				
<ul style="list-style-type: none"> - Comprender los aspectos fundamentales de la química prebiótica y aprender a utilizar programas de cómputo para obtener datos termodinámicos y cinéticos asociados a la química prebiótica. 				
Objetivos Particulares				
<ul style="list-style-type: none"> - Analizar la problemática sobre la síntesis/estabilidad de los compuestos de importancia prebiótica. - Obtener las bases para analizar datos de simulaciones computacionales. 				

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Fuentes de energía y materia en la Tierra primitiva 1.1. La Tierra en el contexto del sistema solar 1.2. Características probables de la Tierra primitiva 1.3. Fuentes de energía en la Tierra primitiva 1.4. Fuentes extraterrestres de materia orgánica a la Tierra	6	0
2	Concepto y origen de la vida 2.1. Concepto de vida desde la constitución química 2.2. Definición de vida. 2.3. Hipótesis sobre el origen fisicoquímico de la vida 2.3.1. La plasmogenia de Alfonso L. Herrera 2.3.2. Evolución química de Oparin y Haldane 2.3.3 Hipótesis heterótrofa y autótrofa	5	0
3	Compuestos orgánicos simples 3.1. Características de compuestos de importancia biológica (carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos). 3.2. Propuestas sobre la formación abiótica de moléculas sencillas y macromoléculas. Características de los experimentos de Miller-Urey.	6	10
4	Nuevas perspectivas en las síntesis prebióticas. 4.1 Química de sistemas desde el punto de vista de química prebiótica. 4.2 Máquinas moleculares. 4.2.1 ¿Qué es una máquina molecular?	5	0
5	Sistemas precelulares. 5.1 Constitución química de los liposomas 5.2 Experimentos de Alfonso L. Herrera 5.3 Microesferas de S. Fox 5.4 Experimentos de J. Szostak	5	2
6	Introducción a la modelación de aspectos asociados a la química prebiótica. 6.1 Algunos conceptos de cinética y termodinámica 6.2 Importancia de usar modelos computacionales 6.3 El uso de HyperChem	5	20
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (Prácticas con software especializado)	(x)	Videos	()
		Otras	()

Perfil profesiográfico docente
<p>Doctorado en temas afines al curso que se propone.</p> <p>Publicaciones recientes en el tema del curso.</p>

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Chela-Flores, J., & Raulin, F. (Eds.). (1996). Chemical Evolution: Physics of the Origin and Evolution of Life: Proceedings of the Fourth Trieste Conference on Chemical Evolution, Trieste, Italy, 4–8 September 1995. Recuperado de https://www.springer.com/la/book/9780792341116 - Heredia, A., Colín-García, M., Puig, T. P. i, Alba-Aldave, L., Meléndez, A., Cruz-Castañeda, J. A., ... Mendoza, A. N. (2017). Computer simulation and experimental self-assembly of irradiated glycine amino acid under magnetic fields: Its possible significance in prebiotic chemistry. <i>Biosystems</i>, 162, 66-74. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2017.08.008 - Krishnamurthy, R. (2020). Systems Chemistry in the Chemical Origins of Life: The 18 Camel Paradigm. <i>Journal of Systems Chemistry</i> 2020, 8, 40-62 http://www.nls-publishers.com/articles/11/pdf/6-Systems_Chemistry_thin_the_Chemical_Origins_of_Life_The_18th_Camel_Paradigm-Ramanarayanan_Krishnamurthy.pdf - Cleaves, H. J. (2014). Herrera's «Plasmogenia» and other collected works: early writings on the experimental study of the origin of life. New York: Springer. - Merino, E., Jensen, R. A., & Yanofsky, C. (2008). Evolution of bacterial trp operons and their regulation. <i>Current Opinion in Microbiology</i>, 11(2), 78-86. https://doi.org/10.1016/j.mib.2008.02.005 - Negron-Mendoza, A., & Ramos-Bernal, S. (2000). Chemical Evolution in the Early Earth. En Julián Chela-Flores, G. A. Lemarchand, & J. Oro (Eds.), <i>Astrobiology</i> (pp. 71-84). Springer Netherlands. - Rauchfuss, H. (2008). Chemical Evolution and the Origin of Life. Recuperado de https://www.springer.com/gp/book/9783540788225 - Rudnicki, W. R., Mroczek, T., & Cudek, P. (2014). Amino Acid Properties Conserved in Molecular Evolution. <i>PLOS ONE</i>, 9(6), e98983. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098983 - Suárez-Díaz, E. (2009). Molecular evolution: concepts and the origin of disciplines. <i>Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences</i>, 40(1), 43-53. https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2008.12.006 - Velasco, A. M., Leguina, J. I., & Lazcano, A. (2002). Molecular Evolution of the Lysine Biosynthetic Pathways. <i>Journal of Molecular Evolution</i>, 55(4), 445-449. https://doi.org/10.1007/s00239-002-2340-2 - Xie, G., Keyhani, N. O., Bonner, C. A., & Jensen, R. A. (2003). Ancient Origin of the Tryptophan Operon and the Dynamics of Evolutionary Change. <i>Microbiology and Molecular Biology Reviews</i>, 67(3), 303-342. https://doi.org/10.1128/MMBR.67.3.303-342.2003
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Colín-García, M.; Heredia, A.; Cordero, G.; Camprubí, A.; Negrón-Mendoza, A.; Ortega-Gutiérrez, F.; Beraldi, H.; Ramos-Bernal, S. Hydrothermal vents and prebiotic chemistry: A review. <i>Bol. Soc. Geol. Mex.</i> 2016, 68, 599–620 - Islam, S and Powner, MW (2017) Prebiotic systems chemistry: complexity overcoming clutter. <i>Chem</i> 2, 470–501. - Rimmer, P.B.; Shorttle, O. Origin of life's building blocks in carbon-and nitrogen-rich surface hydrothermal vents. <i>Life</i> 2019, 9, 12.

- Sutherland, J.D. The Origin of Life-Out of the Blue. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2016, 55, 104–121
- Zubay, G (2000) *Origins of Life: On Earth and in the Cosmos*. Academic Press, 564 pp



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Radiación atmosférica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización. Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Hidrometeorología y aprovechamiento y balance energético Cambio climático y climatología física Fisicoquímica y Composición Atmosférica Física de nubes y aerosol atmosférico Ciencias Planetarias	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Percepción Remota de la atmósfera terrestre	

Objetivo general:

- Proporcionar conocimientos acerca de la generación, interacción con la atmósfera y distribución sobre la superficie planetaria de los flujos de radiación solar.

Objetivos particulares:

- Comprender los conceptos de energía radiante.
- Aprender métodos experimentales de óptica atmosférica.
- Comprender los fundamentos de la absorción de radiación por gases
- Comprender los mecanismos del esparcimiento de la radiación por partículas.
- Entender qué es albedo de la superficie terrestre y de las nubes.
- Familiarizarse con conceptos de radiación térmica.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Energía radiante: conceptos y definiciones	8	0
	1.1 Características cuantitativas de los flujos radiacionales. 1.2 Leyes generales de radiación (cuerpo negro). 1.3 El Sol como fuente de radiación y su distribución espectral. 1.4 La constante solar. 1.5 Flujos radiacionales en la atmósfera: radiación solar y emisión terrestre. 1.6 Trayectoria de los rayos solares en la atmósfera. 1.7 Introducción a transferencia de radiación.		
2	Métodos experimentales en óptica atmosférica	8	4
	2.1 Fundamentos de fotometría óptica. 2.2 Fotometría experimental. 2.3 Actinometría. 2.4 Espectrofotometría. 2.5 Principios de solarimetría (medición de la radiación directa, difusa y global).		
3	Absorción de radiación por gases	8	2
	3.1 Principios generales de absorción selectiva. 3.2 Absorción en el ultravioleta. 3.3 Absorción en el visible e infrarrojo. 3.4 Espectros moleculares de absorción (CO ₂ , H ₂ O, O ₃ , O ₂ , etc.). 3.5 Función de transmisión integral atmosférica.		
4	Esparcimiento de la radiación por partículas	8	4
	4.1 Esparcimiento de la radiación solar. 4.2 Esparcimiento molecular (aproximación de Rayleigh). 4.3 Esparcimiento por partículas (teoría de Mie). 4.4 Bases de la teoría de esparcimiento múltiple. 4.5 Distribución espectral de la radiación difusa. 4.6 Distribución angular de la radiación difusa. 4.7 Flujos de radiación difusa		
5	Albedo de la superficie terrestre y de las nubes	8	2
	5.1 Albedo espectral de la superficie terrestre. 5.2 Albedo de los cuerpos de agua. 5.3 Albedo de las nubes. 5.4 Distribución geográfica del albedo.		

6	Radiación térmica	8	4
	6.1 Naturaleza de la emisión de la superficie terrestre.		
	6.2 Absorción y emisión de la radiación de onda larga.		
	6.3 Emisión efectiva. Resultados de las observaciones.		
	6.4 Transferencia de la emisión atmosférica.		
	6.5 Teoría aproximada.		
	6.6 Balance de radiación.		
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Asistencia	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Participación en foros	()
Prácticas de campo	()	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	()
Otras (especificar)	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras: (especificar)	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en áreas afines al tema del curso			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Liou, K.N., An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press, 2002 - Goody, R.M. Atmospheric Radiation, Oxford University Press, 1989. - Physics textbook - Bohren, C. and Clothiaux, E., 2006, Fundamentals of Atmospheric Radiation: An Introduction with 400 Problems. John Wiley & Sons, 490 p. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Junge, Ch.E. Air Chemistry and Radioactivity. Academic Press, N.Y., 1963. - Petty, G. W., 2006, A First Course in Atmospheric Radiation. Sundog Pub., 459 p. - Kuo-Nan Liou, 2015, Atmospheric Radiation: Progress and Prospects, Proceedings of the Beijing International Radiation Symposium - Beijing, China, August 26-30, 1986. Springer, 699 p. - Thomas, G. E. and Stamnes, K., 2002, Radiative Transfer in the Atmosphere and Ocean. Cambridge University Press, 517 p. 	
Revistas electrónicas: <ul style="list-style-type: none"> - Radiation and Environmental Biophysics. - Aerosol and Air Quality Research - Radiation Physics and Chemistry. - Air Quality Atmosphere and Health - Journal of Atmospheric Chemistry 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Reflexión sísmica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Exploración geofísica de la Tierra sólida y de la corteza oceánica Exploración geofísica aplicada a la caracterización y evaluación de yacimientos Exploración geofísica de la superficie terrestre	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Introducir los fundamentos del método de reflexión sísmica.

Objetivos particulares:

- Comprender las ecuaciones de onda derivación y sus soluciones.
- Entender sobre velocidades de propagación de ondas.

- Comprender la teoría de los rayos.
- Entender el método de reflexión sísmica.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	4	0
2	Ecuaciones de Onda Derivación y soluciones básicas	12	0
3	Velocidades y densidades de las rocas	8	0
4	Teoría de los rayos	4	0
5	Rayos en un medio en capas	12	0
	5.1 Reflexiones		
	5.2 Curvas de tiempo de viaje		
	5.3 Determinaciones de velocidad		
6	Conceptos básicos del método de refracción sísmica	6	0
7	Adquisición de datos sísmicos	6	0
8	Procesamiento sísmico básico	12	0
	8.1 Composición de la señal		
	8.2 Filtrado		
	8.3 Análisis de velocidad		
	8.4 NMO y apilamiento		
	8.5 Conceptos básicos de migración		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Asistencia	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Participación en foros	()
Prácticas de campo	()	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	()
Otras (especificar)	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras: (especificar)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en áreas afines al tema del curso
Experiencia en la aplicación de reflexión sísmica

Bibliografía básica

- Exploración Sismología, Sheriff y Geldart, 2ª edición, Cambridge University Press, 1995. ISBN 0-521-46826-4
- Fernández-Álvarez, J., 2007, Geofísica Con Radar. Universidad de Oviedo, 81 p.

Bibliografía complementaria

Artículos de revistas especializadas.

- Aki, K. and Richards, P. G., 2002, Quantitative Seismology. University Science Books, 700 p.
- Dahlen, F. A. and Tromp, J., 2020, Theoretical Global Seismology. Princeton University Press, 944 p.
- Igel, H., 2017, Computational Seismology: A Practical Introduction. Oxford University Press, 323 p.
- Stein, S. and Wysession, M., 2013, An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure. John Wiley & Sons, 512 p.
-

Revistas electrónicas:

- Geofísica Internacional
- Geofizika.
- Journal of Geophysical Research: Earth Surface.
- Journal of Geophysics and Engineering
- Seismological Research Letters.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Relaciones Sol-Tierra

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Hidrometeorología y aprovechamiento y balance energético	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los fenómenos que ocurren en el Sol y que se propagan a través del medio interplanetario.

Objetivos particulares:

- Comprender los conceptos básicos de los fenómenos físicos involucrados en las relaciones Sol-Tierra.
- Analizar los fenómenos de interrelación entre el Sol y la Tierra

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas

		semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Conceptos básicos	8	0
	1.1 Introducción 1.2 Conceptos básicos de Magnetohidrodinámica y Física de Plasmas 1.3 Ondas magnetohidrodinámicas 1.4 Movimiento de partículas en campos		
2	El sol	6	0
	2.1. Introducción 2.2. Interior 2.3. Actividad		
3	El viento solar	6	0
	3.1. Nacimiento del viento solar 3.2. Perturbaciones del viento solar 3.3. Interacción con cuerpos planetarios		
4	La Magnetósfera Terrestre	8	0
	4.1. El campo geomagnético 4.2. La magnetósfera terrestre 4.3. Magnetósferas planetarias 4.4. Fuentes de plasma magnetosférico		
5	La Atmósfera Terrestre	8	0
	5.1. Introducción 5.2. La atmósfera neutra 5.3. La ionósfera 5.4. Atmósferas planetarias		
6	Los Rayos Cósmicos	10	0
	6.1. Introducción 6.2. Historia de la investigación de los rayos cósmicos 6.3. Características generales de la radiación cósmica primaria 6.4. Los rayos cósmicos en la atmósfera terrestre 6.5. El Sol y los rayos cósmicos 6.6. Teorías del origen de los rayos cósmicos		
7	Relaciones Sol – Tierra	10	0
	7.1. Indicadores terrestres de la actividad solar 7.2. Efectos de la radiación solar en la atmósfera terrestre 7.3. Algunos fenómenos climáticos y su posible relación con la actividad solar 7.4. Efectos de la actividad solar sobre la tecnología 7.5. Breve introducción a la heliobiología		
8	Planetología	8	0
	8.1. Introducción 8.2. Origen y clasificación de los cuerpos del sistema solar 8.3. Procesos superficiales		
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Seminarios	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Asistencia	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	(x)
Prácticas de taller o laboratorio	()	Participación en foros	()
Prácticas de campo	()	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	()
Otras ()	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Benestad, R. 2006. Solar Activity and Earth's Climate. Springer. - Chen, F. F., 1974, Introduction to Plasma Physics, Plenum Press, New York. - Gruart, A., Escobar, C., Aguilar, R., 2002. Los Relojes que gobiernan la Vida. Fondo de Cultura Económica. - Lilesten, J, Bornarel J. 2006. Space Weather, Environment and Societies. Springer. - Mendoza et al., 2013. Introducción a la Física Espacial. UNAM, México 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Ganong, 2010. Fisiología Médica, Mc. Graw Hill. - Bibliografía electrónica: https://www.nasa.gov/subject/3165/space-weather/ - Haigh, J. 2011. Solar Influences on climate [Ebook]. London: Imperial College 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Reología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Reología de materiales geológicos Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación)	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Mecánica de Sólidos	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Estudiar la deformación y la conducta del flujo en Ciencias de la Tierra.
- Estudiar las propiedades plásticas de rocas, minerales, suelos, y otros materiales geológicos, las cuales le permitirán al alumno/a tener un marco teórico cuantitativo para entender los procesos geológicos en los regímenes quebradizo, dúctil y viscoso.
- Entender las relaciones entre la deformación y las condiciones de alta presión y temperatura observadas en la litosfera y el manto, a escala de la geodinámica y la sismología.
- Estudiar la deformación y flujo de medios granulares y suelos en una escala cercana a la superficie

Objetivos particulares:

- Revisar los conceptos de reología y su aplicación a diferentes materiales terrestres
- Reforzar y profundizar en los conceptos de esfuerzo y deformación para grandes cantidades de deformación
- Comprender las ecuaciones que describen el comportamiento de los materiales terrestres, plasticidad y viscosidad

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	8	0
	1.1 Revisión de los fundamentos de deformación y flujo 1.1.1. Esfuerzos de cizalla 1.1.2 Tasa de deformación por cizalla 1.1.3. Comportamiento dúctil 1.1.4. Comportamiento viscoso 1.1.5 Flujo de cizalla dependiente de la carga 1.1.6. Viscosidad de acuerdo a Newton 1.1.7. Tipos de flujo 1.2. Ecuaciones constitutivas de flujo y deformación: Cinemática y Dinámica 1.3. Aplicaciones de la reología en Ciencias de la Tierra 1.3.1. Flujo de medios granulares, plasticidad dependiente del contenido de agua 1.3.2. Deformación causada por grandes distorsiones de cizalla		
2	Deformación plástica en rocas y sedimentos	8	4
	2.1. Ideas Básicas sobre la deformación plástica 2.1.1. El Tensor de deformación 2.1.2. El tensor de esfuerzos 2.2. Descripción fenomenológica de la deformación plástica 2.2.1. Criterios de cedencia y fractura 2.2.2. Fatiga y fluencia (creep) 2.2.3. Fricción 2.3 Fricción deslizante 2.3.1 Fricción deslizante seca a baja velocidad 2.3.2. Fricción deslizante de superficies lubricadas 2.4. Fujo granular		
3	Esfuerzo-Deformación en plasticidad Plasticidad, resistencia y fractura	8	0
	3.1. El factor tiempo en la plasticidad 3.2. Fractura frágil, transición plástico - frágil 3.3. Fluencia difusional (diffusional creep) 3.4. Dislocación lenta (dislocation creep) 3.5. Efectos de la presión y el agua 3.6. Deformación de materiales multifásicos 3.7. Cambios en el tamaño de grano 3.8 Efectos de las transformaciones de fase		

	3.9. Orientación preferida de las caras cristalinas (Lattice preferred orientation) 3.10. Estabilidad y localización de la deformación		
4	Esfuerzo-Deformación en viscosidad 4.1. Flujo, Tasa de deformación y viscosidad 4.2. Descripción fenomenológica de la viscosidad. Curvas de flujo y funciones de viscosidad 4.3. Comportamiento de flujo adelgazante (shear thinning) 4.4. Comportamiento de flujo engrosante (shear thickening) 4.5. Puntos de cedencia 4.6. Decomposición y regeneración estructural de los materiales (thixotropía y reopexia) 4.7. Curvas de flujo dependientes de la temperatura 4.8. Creep y el modelo de Burgers 4.9. Análisis mecánico dinámico	8	6
5	Deformación de las rocas en experimentos y en la naturaleza 5.1 Técnicas experimentales en el estudio de la deformación plástica. 5.2. Deformación por grandes distorsiones 5.3. Deformación en condiciones de alta presión 5.4. El efecto de la temperatura en la deformación 5.5. Composición y estructura del interior de la Tierra 5.6. Deformación de la Tierra y estructuras reológicas dependientes del tiempo 5.7. Inferencias sobre la estructura reológica de las capas de la Tierra a partir de la física de los minerales 5.8. Heterogeneidad de las velocidades de las ondas sísmicas y su importancia geodinámica 5.9. Anisotropía sísmica y su importancia geodinámica	8	6
6	Aplicaciones de la Reología en Ciencias de la Tierra 6.1. Reología en Métodos Computacionales 6.2. Aplicaciones de la reología en suelos y sedimentos cercanos a la superficie 6.3. Tectónica Salina 6.4. Deformación dúctil en la litosfera. Milonitas 6.5. Viscosidad del manto	8	0
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Asistencia	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de campo	()	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()		

Otras ()	()	Ensayos ()
		Control de lecturas ()
		Videos ()
		Otras ()
Perfil profesiográfico docente		
Doctorado en temas afines al curso que se propone. (Geodinámica, Mecánica de Rocas, Geología estructural o sismología)		

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Aydan, O. 2016. Time-Dependency in Rock Mechanics and Rock Engineering, 1st Edition - First Published eBook, CRC Press, 260 pages. https://doi.org/10.1201/9781315375151 - Jaeger, J.C., Cook, N. G. W., Zimmerman, R. 2007. Fundamentals of Rock Mechanics, 4th Edition. Wiley-Blackwell, 488 Pages, ISBN: 978-0-632-05759-7 - Jackson, M.P.A.; Hudec, M.R. Salt Tectonics; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2017. - Karato, S. 2012. Deformation of Earth Materials. An Introduction to the Rheology of Solid Earth. Cambridge University Press. Online ISBN:9780511804892. DOI:https://doi.org/10.1017/CBO9780511804892 - Paterson M.S. 2013. Materials Science for Structural Geology. Springer Geochemistry/Mineralogy. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5545-1_7 - Persson, B. N. J. 1998 (edition 2002). Sliding Friction. Physical Principles and Applications. Nano Science and Technology. Springer. - Pollard, D., & Fletcher, R. 2005. Fundamentals of Structural Geology. Cambridge University Press. - Ranalli, G. 1987. Rheology of the Earth, Deformation and flow processes in geophysics and geodynamics, Allen & Unwin, Boston. - Turcotte, D. L. and Schubert, G. 2002. Geodynamics 2nd Edition. Applications of Continuum Physics to Geological Problems. Cambridge University Press.
Bibliografía complementaria
<p>Artículos publicados en revistas científicas de interés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poh, Leslie, et al. "Interactive Shear and Extensional Rheology—25 years of IRIS Software." <i>Rheologica Acta</i> (2022): 1-11. - Mohamed, Abdelmjeed, Saeed Salehi, and Ramadan Ahmed. "Significance and complications of drilling fluid rheology in geothermal drilling: A review." <i>Geothermics</i> 93 (2021): 102066. - Jackson, James, Dan McKenzie, and Keith Priestley. "Relations between earthquake distributions, geological history, tectonics and rheology on the continents." <i>Philosophical Transactions of the Royal Society A</i> 379.2193 (2021): 20190412. - Tanner, R., 2000, <i>Engineering Rheology</i>. OUP Oxford, 586 p. <p>Revistas electrónicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Materials Research Bulletin</i> - <i>Materials Chemistry and Physics</i>. - <i>Rock Mechanics and Rock Engineering</i>.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Riesgos volcánicos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Vulcanología Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas:4	Teóricas:64
			Prácticas:0	Prácticas:0
			Total:4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Vulcanología
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Analizar los riesgos volcánicos e integrar el método científico en su estudio.

Objetivos particulares:

- Desarrollar un nivel base de competencia para elaborar metodologías que lleven a la correcta interpretación de los datos disponibles sobre los fenómenos potencialmente causantes de la actividad volcánica para la toma de decisiones y desarrollo de protocolos de actuación con base en pronósticos sustentados.
- Desarrollar capacidades básicas para reconocer e interpretar los precursores de la actividad eruptiva, de comunicar esa información en términos de escenarios de riesgo, y de proporcionar a las autoridades responsables los elementos básicos para la correcta toma de decisiones.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Conceptos básicos del riesgo volcánico	12	0
	1.1 Generalidades del Riesgo 1.2 Elementos de la Gestión Integral del riesgo 1.3 Elementos básicos de la vulnerabilidad		
2	Fenomenología de los procesos volcánicos	12	0
	2.1 Dimensión o tamaño de las erupciones 2.2 Precursores de actividad volcánica 2.3 Procesos eruptivos 2.4. Monitoreo volcánico		
3	Aspectos estadísticos	12	0
	3.1 Probabilidad y amenaza 3.2 Pronósticos y escenarios 3.3 Factores de decisión		
4	Casos de estudio. Análisis de desastres volcánicos relevantes a nivel mundial, por las y los participantes del curso en forma de seminarios	16	0
5	Factores de Preparación y Respuesta 5.1 Percepción 5.2 Comunicación del riesgo 5.3 Semáforo de alertamiento volcánico 5.4 Reducción de la vulnerabilidad	12	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Asistencia	()
Trabajo de Investigación	(x)	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Participación en foros	(x)
Prácticas de campo	()	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Ensayos	(x)
Otras ()	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

Bibliografía basada en las publicaciones recientes sobre el tema y en los libros de la serie Observing the Volcano World de Springer-Verlag.

- Volcanic Unrest: From Science to Society (2019) Editors: Gottsmann, J., Neuberg, J., Scheu, B. (Eds.), Springer-Verlag

Bibliografía complementaria

- Encyclopedia of Volcanology . (2015 2d.Ed.) Haraldur Sigurdsson, Bruce Houghton, Hazel Rymer, John Stix, Steve McNutt. Academic Press Elseiver
- Encyclopedia of Natural Hazards (2013) 1st. Edition. Editor: Peter Bobrowsky. Springer Dordrecht, Heidelberg.
- Forensic Investigations of Disasters (FORIN) (2016): a conceptual framework and guide to research (IRDR). Publisher: Integrated Research on Disaster Risk (IRDR). Editor: UNISDR, ICSU, ISSC.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Rocas Piroclásticas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Vulcanología Petrología ígnea y metamórfica Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos Yacimientos geotérmicos Estudios paleoambientes (cambio climático) y geoarqueología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Geodinámica, o Vulcanología	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Vulcanología de campo	

Objetivo general:

- Adquirir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para el estudio de las rocas volcánicas con énfasis en los depósitos piroclásticos (productos de la actividad explosiva).
- Entender los mecanismos de generación, transporte y emplazamiento de los diferentes productos volcánicos y su impacto en el ambiente y peligros asociados tanto en el pasado (geoarqueología) como en el futuro (evaluación de riesgos).

Objetivos particulares:

- Identificar en el campo (excursiones) las diferentes rocas volcánicas, con énfasis en los depósitos piroclásticos.
- Estudiar las características petrográficas, mineralógicas, químicas y morfológicas de los materiales volcánicos y piroclásticos y aplicar diversos análisis de laboratorio (petrografía, granulometría, microsonda electrónica, etc.) al estudio de los materiales piroclásticos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas Semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	6	2
	1.1 Contexto tectónico del vulcanismo		
	1.2 Productos volcánicos		
	1.3 Propiedades de los magmas		
	1.4 Tipos de actividad volcánica		
1.5 Vulcanismo monogenético y sus peculiaridades			
2	Métodos para estudiar y analizar depósitos piroclásticos	6	2
	2.1 Métodos de campo		
	2.2 Métodos de laboratorio		
	2.3 Fechamiento por radiocarbono		
3	Tipos de depósitos	20	4
	3.1 Materiales de caída		
	3.2 Flujos piroclásticos densos		
	3.3 Flujos piroclásticos diluidos (surges)		
	3.4 Avalanchas de escombros		
	3.5 Lahares		
3.6. Erupciones caldéricas y sus depósitos regionales			
4	Dos excursiones de 5 días c.u.	0	24
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Asistencia	()
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de campo	(x)	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Ensayos	()
Otras ()	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras: (Reportes de excursión)	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema.			

Conocimientos de vulcanología con especialidad en estudios de rocas piroclásticas en el campo y en el laboratorio.

Bibliografía básica

- Fisher, R.V., and Schmincke, H.U. (1984). Pyroclastic Rocks. Springer-Verlag. Heidelberg, 1-472.
- Cas, R.A.F. and Wright, J.V. (1987). Volcanic successions. Modern and Ancient. Allen & UNWIN, London, 1-528.
- Cas, R.A.F., Giordano, G., and Wright, J.V. (2021). Volcanology: Processes, Deposits, Geology and Resources. Springer Verlag.
- Schmincke, H.U. (2004). Volcanism. Springer Verlag, 324 p.
- Castro-Dorado, A., 2015, Petrografía de Rocas Ígneas y Metamórficas. Ediciones Paraninfo, S.A., 260 p.

Bibliografía complementaria

- Francis, P. and Oppenheimer, C. (2003). Volcanoes. Oxford University Press, 534 p.
- Fisher, R.V., and Smith, G.A. (1991). Sedimentation in volcanic settings. SEPM (Society for sedimentary geology) Spe. Pub. 45, Tulsa, Oklahoma, 1-257.
- Heiken, G.H., and Wohletz, K.H. (1987). Volcanic Ash. University of California, Press, Berkely, 1-246.
- Wohletz, K.H., and Heiken, G.H., (1993). Volcanology and geothermal energy. University of California Press. 1-450.
- Yoder, H.S. (1976). Generation of basaltic magma. National Academy of Sciences Printing Office, Washington, D.C., 265 p.
- Ross, C.S., and Smith, R.L. (1961). Ash-flow tuffs: Their origin, geologic relations and identification. USGS Prof. Paper No. 366, 81 p.
- Smith, R.L. (1960). Zones and zonal variations in welded ash flows. USGS Prof. Paper No. 354-F, p. 149-159.
- Griggs, R.F. (1912). The Valley of Ten Thousand Smokes. The National Geographic Society, 341 p.
- Williams, H. and McBirney, A. (1979). Volcanology. Freeman Cooper and Company, San Fco., USA, 397 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra

Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Seminario de Astrobiología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias Planetarias	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Proporcionar una visión clara y multidisciplinaria sobre la exploración espacial de Marte, y conocer las herramientas teóricas y experimentales necesarias para la detección de vida fuera de la Tierra en misiones espaciales.

Objetivos particulares:

Comprender:

- El origen del Sistema Solar
- El origen y evolución geológica de Marte
- La química prebiótica como un eslabón esencial en surgimiento de la vida.
- Adaptaciones de la vida a diferentes ambientes extremos análogos a Marte
- Estudio histórico de las misiones espaciales a Marte
- Perspectivas de la exploración humana en el futuro

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	Generalidades Astrobiología	4	0
	1.1 Concepto 1.2 Revisión de <i>Roadmaps</i> (NASA Y ESA)		
2	Introducción a Marte	4	0
	2.1 Propiedades astronómicas		
	2.2 Características geológicas		
	2.3 Características atmosféricas		
3	Teorías de la formación del planeta	4	0
	3.1 Teoría de acreción		
	3.2 Inactivación del núcleo		
	3.3 Captura de satélites naturales (Phobos y Deimos)		
4	Marte primitivo	4	0
	4.1 Atmósfera primitiva		
	4.2 Agua Líquida		
	4.3 Marte cálido		
5	Origen de la vida en Marte.	4	0
	5.1 Teorías de surgimiento de la vida		
	5.2 Sistemas hidrotermales		
	5.3 Química prebiótica		
6	Evolución del planeta	4	0
	6.1 Pérdida de la atmósfera ⁰		
	6.2 Pérdida del Agua ⁰		
	6.3 Diferenciación entre tierras altas y bajas		
7	Vida en condiciones extremas	6	0
	7.1 Organismos halófilos		
	7.2 Organismos piesófilos, termófilos, acidófilos		
	7.3 Organismos radiófilos		
8	Meteoritos marcianos	4	0
	8.1 Clasificación		
	8.2 ALH84001		
	8.3 Comparativas con análisis in situ		
9	Exploración por medio de telescopios	4	0
	9.1 Primeras observaciones		
	9.2 Observaciones desde Tierra		
10	Exploración remota por medio de sondas y satélites. Implicaciones	4	0
	10.1 MRO		
	10.2 MAVEN		
	10.3 Mars Express		
11	Exploración in situ por medio de plataformas y vehículos robóticos	8	0
	11.1 Misión Vikingo		
	11.2 Misión Fénix		
	11.3 Misión <i>Curiosity</i> y <i>Perseverance</i>		
	11.4 Misión <i>Tianwen 1</i>		
12	Exploración planetaria humana	4	0

	12.1 Generación de recursos e insumos 12.2 Programa <i>Artemis</i> 12.3 Exploración de industria privada		
13	Análogos marcianos en la Tierra 13.1 Desierto de Atacama 13.2 Valles secos de la Antártida 13.3 Río Tinto 13.4 Barnices del Desierto	6	0
14	Terraformación de Marte 14.1 Producción de oxígeno por plantas 14.2 Modificación de la atmósfera y calentamiento global	4	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	(x)
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras ()	()	Videos	(x)
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Trayectoria consolidada en Astrobiología orientado en Marte.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Gargaud, M., Amils, R., & Cleaves, H. J. (Eds.). (2011). Encyclopedia of astrobiology (Vol. 1). Springer Science & Business Media. - Spohn, T., Breuer, D., & Johnson, T. (Eds.). (2014). Encyclopedia of the solar system. Elsevier. - Des Marais, David J., et al. "The NASA astrobiology roadmap." <i>Astrobiology</i> 8.4 (2008): 715-730. - Horneck, G., Walter, N., Westall, F., Grenfell, J. L., Martin, W. F., Gomez, F., ... & Capria, M. T. (2016). AstRoMap European astrobiology roadmap. <i>Astrobiology</i>, 16(3), 201-243. - Barlow, N.G.: 2008, Mars: An introduction to its interior, surface, and atmosphere. Cambridge Press, Cambridge, 264pp. - Forget, F. y Costard, F.: 2006, Planet Mars. Story of another world. Springer, Berlin, 231pp. - Jakosky, B.: 1998. The search for life on other planets. Cambridge University Press, Cambridge, 326pp. - González-Fairén, A., 2004, Astrobiología. Equipo Sirius, 222 p.

<ul style="list-style-type: none"> - Barrado-Navascués, D., 2022, Exoplanetas y astrobiología:plus ultra. Los Libros De La Catarata, 120 p.
<p>Bibliografía complementaria</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Manning, Rob, and William L. Simon. Mars Rover Curiosity: An Inside Account from Curiosity's Chief Engineer. Smithsonian Institution, 2014. - Gargaud, Muriel, Ricardo Amils, and Henderson James Cleaves, eds. Encyclopedia of astrobiology. Vol. 1. Springer Science & Business Media, 2011. - Jones, B.W.: 2008, The search for life continued. Springer, Berlin, 277pp. - Nolan, K. 2008: Mars. A cosmic stepping Stone. Copernicus Books, New York., 379 pp. - Schulze-Makuch, D. y Irwin, L.N.: 2008, Life in the Universe. Springer, Berlin, 251pp. - Martínez-Pabello, Pável U., et al. "Production of nitrates and perchlorates by laser ablation of sodium chloride in simulated Martian atmospheres. Implications for their formation by electric discharges in dust devils." Life sciences in space research 22 (2019): 125-136.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Sismología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Sismología Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Interferometría de ruido sísmico, u Observación, procesamiento e interpretación sísmológica, o Sismología ambiental (Procesos geológicos superficiales=PGS), o Sismología avanzada, o Sismología estadística	

Objetivo general:

Comprender los conceptos básicos de elasticidad y ondas sísmicas, así como las principales herramientas utilizadas para estudiar y caracterizar el fenómeno sísmico y relacionarlo con los problemas de sismotectónica, geodinámica y peligro sísmico.

Objetivos particulares:

- Manejar confortablemente los conceptos de esfuerzo y deformación
- Comprender la ecuación de onda en tres dimensiones, así como su derivación y diferentes formas. Derivar coeficientes de reflexión y transmisión para diferentes interfaces y tipos de onda.
- Calcular tiempos de viaje de ondas sísmicas en una Tierra esférica
- Saber leer e interpretar las tablas de tiempos de viajes para entender la estructura interna de una Tierra esférica.
- Comprender el fenómeno de atenuación sísmica y sus posibles aplicaciones
- Reconocer y construir mecanismos focales para diferentes tipos de falla
- Manejar tensores de momento para sismos
- Tener un conocimiento básico de sismología estadística para la caracterización del fenómeno sísmico en diferentes contextos tectónicos.
- Tener una visión general de los diferentes tipos de sismicidad y relacionarlos con la geodinámica y la tectónica de una región.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	0
	1.1 introducción al curso con descripción del temario, objetivos y metas.		
2	Elasticidad y Ondas Sísmicas	12	0
	2.1 Esfuerzos, deformación y desplazamiento. 2.2 Coeficientes elásticos. 2.3 Ecuaciones de continuidad y movimiento. 2.4 Ecuaciones de onda para un medio elástico. 2.5 Soluciones de la ecuación de onda.		
3	Ondas de Cuerpo y Estructura de la Tierra	14	0
	3.1 La ecuación Eikonal y Geometría de Rayos. 3.2 Tiempo de viaje de las ondas de cuerpo. 3.3 Ondas sísmicas en una Tierra esférica. 3.4 Amplitud, Energía y Dispersión Geométrica ondulatoria. 3.5 Atenuación y "Scattering". 3.6 lectura e interpretación de las tablas de travel-times y presentación de artículos científicos.		
4	Ondas Superficiales y Oscilaciones Libres	12	0
	4.1 Ondas Rayleigh en un semiespacio. 4.2 Ondas Love en una capa. 4.3 Dispersión de ondas. 4.4 Modos de las ondas Love. 4.5 Ondas superficiales en medios estratificados. 4.6 Curvas de dispersión y estructura de la tierra. 4.7 Oscilaciones libres de la Tierra.		

	4.8 Atenuación anelástica.		
5	La Fuente Sísmica	12	0
	5.1 Mecanismos focales y su determinación.		
	5.2 Modelado de forma de onda.		
	5.3 Tensores de Momento debidos a diferentes tipos de fuerzas.		
	5.4 Parámetros focales.		
6	Conceptos bases de sismología estadística	12	0
	6.1 escalas de magnitud y magnitud de momento.		
	6.2 relación frecuencia magnitud.		
	6.3 ley de Gutenberg y Richter y sus principales características.		
	6.4 ley de Omori.		
	6.5 principales interpretaciones de las leyes estadísticas en diferentes contextos tectónicos y geodinámicos.		
	Subtotales	64	0
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Seth Stein and Michael Wysession; An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure; Blackwell Publishing. - Young – Freedman, Física Universitaria, Addison Wesley. - Peter Shearer, Introduction to Seismology, Cambridge - Agustín Udías, Principles of Seismology; Cambridge University Press - Ugalde, A., 2009, Terremotos: cuando la tierra tiembla. Editorial CSIC - CSIC Press, 196 p.
Bibliografía complementaria
<p>Artículos recientes en revistas especializadas en Sismología.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cabieces, Roberto, et al. "Integrated Seismic Program (ISP): A New Python GUI-Based Software for Earthquake Seismology and Seismic Signal Processing." Seismological Research Letters (2022).

- Schneider, Simon, et al. "FrosPy: A Modular Python Toolbox for Normal Mode Seismology." *Seismological Research Letters* (2022).
- Kislov, K. V., and V. V. Gravirov. "Rotational Seismology: Review of Achievements and Outlooks." *Seismic Instruments* 57.2 (2021): 187-202.
- Aki, K. and Richards, P. G., 2002, *Quantitative Seismology*. University Science Books, 700 p.
- Dahlen, F. A. and Tromp, J., 2020, *Theoretical Global Seismology*. Princeton University Press, 944 p.
- Igel, H., 2017, *Computational Seismology: A Practical Introduction*. Oxford University Press, 323 p.
- Stein, S. and Wysession, M., 2013, *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. John Wiley & Sons, 512 p.

Revistas electrónicas:

- Geofísica Internacional
- Geofizika.
- *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*.
- *Journal of Geophysics and Engineering*
- *Seismological Research Letters*.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Sismología ambiental (Procesos geológicos superficiales=PGS)

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Sismología Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación)	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s) Sismología	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Sismología
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Emplear las herramientas necesarias para detectar y caracterizar algunos PGS, tales como derrumbes, caída de rocas, flujos de lodo, lahares, etc., utilizando principalmente técnicas de análisis tiempo-frecuencia y espectral de las señales de ruido sísmico generadas por dichos procesos.
- Identificar y analizar los PGS haciendo uso de señales sísmicas, así como interpretar sus características espectrales

Objetivos particulares:

- Caracterizar los PGS.
- Comprender métodos de monitoreo de PGS

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	4	0
2	Características, tipologías e impacto de los PGS 2.1 Principios básicos de geomorfología y mecánica de suelos 2.2 Inestabilidad de ladera (clasificación, dinámica, mecanismos de disparo) 2.3 Principios básicos de hidrogeomorfología y dinámica de fluidos 2.4 Entre flujos y deslizamientos: avalanchas, debris flow, lahares 2.5 Impacto y riesgo asociados a los PGS	7	8
3	Conceptos básicos de sismología 3.1 Señales sísmicas y sus características 3.2 Fuentes sísmicas, Clásicas 3.3 Fuentes sísmicas, no clásicas (PGS) 3.4 Magnitud y Energía 3.5 Instrumentación	7	8
4	Análisis Tiempo-Frecuencia 4.1. Amplitud y envolvente en tiempo 4.2 Transformada Fourier 4.3 Transformada Ondicular (Wavelet) 4.4 Espectros de Potencia y Espectrogramas 4.5 Fourier vs Wavelet	7	8
5	Monitoreo y casos de estudio 5.1 ¿Porque, cuando y como hacer monitoreo? 5.2 Diseño de estaciones para monitoreo 5.3 Procesos volcánicos superficiales 5.4 Derrumbes, flujo de ríos y de escombros 5.5 Hielo y avalanchas de nieve	7	8
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()

Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Charlton, R. (2007). Fundamentals of fluvial geomorphology. Routledge. - Clague J.J. and Stead D. (2012). Landslides: types, mechanisms and modeling. Cambridge University Press. - Stoica, P. and Moses, R. (2005). Spectral Analysis of Signals. Prentice Hall. - Stein, S. Y Wyssession, M. (2002). An introduction to seismology, earthquakes, and earth structure, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK. - Vyacheslav M Zobin (2017). Introduction to Volcanic Seismology. Elsevier. - Ugalde, A., 2009, Terremotos: cuando la tierra tiembla. Editorial CSIC - CSIC Press, 196 p.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Eric Larose et al. 2015. Environmental seismology: What can we learn on earth surface processes with ambient noise?. Journal of Applied Geophysics 116 62-74 - Hungr O et al 2013. The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides 11:167 - Jean Baptiste Tary et al 2014. Spectral estimation-What is new? What is next? Rev. Geophys. 52 - Manville V et al 2009. Source to sink: A review of three decades of progress in the understanding of volcanoclastic processes, deposits, and hazards. Sedimentary Geology 220: 136–161. - Arnaud Burtin et al 2016. Seismic monitoring of torrential and fluvial processes. Earth Surface Dydamics. 4 285-307.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Sismología avanzada

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Sismología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Sismología, o Elastodinámica	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Exponer las bases teóricas fundamentales para el análisis sismológico tanto de la fuente sísmica como de las ondas irradiadas por terremotos.

Objetivos particulares:

- Abordar los principales métodos actualmente utilizados en el estudio de la cinemática y dinámica de la fuente sísmica, la teoría de la anelasticidad y anisotropía de la tierra, y la propagación de ondas en estructuras con heterogeneidades en tres dimensiones.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre
--------	------------------	----------------

		Teóricas	Prácticas
1	Teoremas básicos de la elastodinámica	8	0
	1.1 Relaciones esfuerzo-deformación 1.2 Ecuación del movimiento 1.3 Teoremas de unicidad y reciprocidad 1.4 Función de Green elastodinámica 1.5 Teoremas de Representación		
2	Desplazamiento debido a una fuente puntual	8	0
	2.1 Representación de una superficie interna 2.2 Conjunto de fuerzas equivalentes 2.3 El tensor de momento sísmico 2.4 Función de Green de Stokes 2.5 Desplazamiento asociado a una dislocación puntual		
3	Modelos de fuente finita	8	0
	3.1 Modelo de Haskell 3.2 Radiación en campo lejano 3.3 Directividad de la fuente 3.4 Espectro de la fuente sísmica 3.5 Estudios de la cinemática de terremotos		
4	Dinámica de los terremotos	8	0
	4.1 Deslizamiento inestable 4.2 Modos de deformación 4.3 Esfuerzos debidos a una fractura frágil 4.4 Fuerzas de cohesión 4.5 Leyes de fricción 4.6 Balance energético de la fuente sísmica		
5	Anelasticidad y anisotropía	10	0
	5.1 Atenuación intrínseca. 5.2 Q y los modelos dependientes de la frecuencia. 5.3 t^* y la atenuación en el manto. 5.4 Q de coda 5.5 Relación anisotropía - deformación 5.6 Tensor del módulo elástico generalizado. 5.7 Isotropía transversal. 5.8 Ondas de cuerpo, birrefringencia, cuasi ondas P y S 5.9 Anisotropía azimutal de ondas superficiales		
6	Oscilaciones libres de la tierra	6	0
	6.1 Modos normales y oscilaciones libres 6.2 Formulación con armónicos esféricos 6.3 Modos esferoidales R y S; Modos toroidales T 6.4 Armónicos zonales y tesserales, singlets, multiplets.		
7	Teoría de rayos en medios con velocidad variable	8	0
	7.1 Rayos generalizados 7.2 Solución WKBJ 7.3 Formulación para un semiespacio 7.4 Modelos estratificados		
8	Métodos de Cagniard-DeHoop	8	0
	8.1 Soluciones en el dominio de la transformada de Laplace		

	8.2 Trayectoria de Cagniard; ramas y puntos de ramificación en el plano complejo		
	8.3 Formulación para un semiespacio y modelos de capas horizontales		
	8.4 Soluciones para fuente puntual y generalizada de doble par		
	Subtotales	64	0
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Aki, Keiiti and Richards, Paul. Quantitative Seismology, 2nd Ed., Published by University Science Books, ISBN 0-935702-96-2, 704pp, 2002. - Christopher H. Scholz. The Mechanics of Earthquakes and Faulting. Cambridge University Press, ISBN. 9780521655408, 2002- 471 pages. - Thorne Lay and Terry Wallace. Modern Global Seismology, Volume 58 International Geophysics Series, 1st Edition. Academic Press. ISBN9780-127328706 - Ugalde, A., 2009, Terremotos: cuando la tierra tiembla. Editorial CSIC - CSIC Press, 196 p.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Heiner Igel. Computational Seismology: A Practical Introduction. Oxford University Press. ISBN9780198717409 - Keilis-Borok V.I. Computational seismology, Consultants Bureau, 1972, Volumes 1-5, 227 pages. - Barbara Romanowicz, Adam Dziewonski. Seismology and Structure of the Earth. Elsevier, Jan 1, 2016. 872 pages. ISBN9780080969763 - Stein & Wysession. An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure. Blackwell Publishing, 2003. ISBN9780865420786



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Sismología estadística

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 3	Teóricas: 48	
		Prácticas: 1	Prácticas: 16	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Sismología
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Introducir a la aplicación de la sismología estadística en áreas como la ingeniería sísmica, la alerta temprana, las determinaciones de amenaza sísmica y la gestión de riesgos.

Objetivos particulares:

- Entender métodos estadísticos rigurosos a la ciencia de los terremotos para mejorar el conocimiento sobre cómo se generan los sismos y para cuantificar la probabilidad de ocurrencia.
- Comprender métodos de análisis de datos de sismicidad para pronosticar terremotos, generar sistemas de alerta temprana y evaluar peligros sísmicos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	<p>Fundamentos estadísticos</p> <p>1.1 Bases estadísticas de los procesos puntuales</p> <p>1.1.1. Distribución empírica acumulativa</p> <p>1.1.2. Ley de los grandes números y teorema del límite central</p> <p>1.1.3. Distribución de Poisson</p> <p>1.1.4. Otras distribuciones estadísticas</p> <p>1.1.5. Pruebas de hipótesis aplicadas a la sismología</p> <p>1.1.6. Valores extremos</p> <p>1.2 Principios del modelado e inferencia</p> <p>1.2.1 Modelos de probabilidad</p> <p>1.2.2 Ajustes a un modelo</p> <p>1.2.3 Precisión de las estimaciones</p>	8	0
2	<p>Introducción a las leyes estadísticas de la sismicidad</p> <p>2.1. Ideas Relaciones básicas generales de la sismología estadística</p> <p>2.1.1. Relación Gutenberg-Richter/Ishimoto-Ida</p> <p>2.1.2. Relación de Omori-Utsu</p> <p>2.1.3. Ley de Bath</p> <p>2.1.4. Otras relaciones de utilidad para las evaluaciones de sismicidad</p>	8	4
3	<p>Análisis de catálogos de sismicidad y su importancia en las estimaciones de riesgo</p> <p>3.1 Qué está pasando con este catálogo de sismos? ¿Qué partes son útiles?</p> <p>¿Qué problemas científicos se pueden abordar?</p> <p>3.1.1 Precisión de la localización de sismos y evaluaciones de incertidumbre</p> <p>3.1.2 Estimaciones de heterogeneidad en tiempo y espacio de reporte sismicidad</p> <p>3.1.3 Medidas de tasa de sismicidad</p> <p>3.1.4 Estimaciones de magnitud mínima de completitud</p> <p>3.1.5 Estimación de variaciones de <i>valor b</i></p>	8	0
4	<p>Modelos y técnicas para analizar la sismicidad</p> <p>4.1 Selección del modelo</p> <p>4.1.1. Criterios de selección</p> <p>4.2 Tipos de Modelos</p> <p>4.2.1 Modelos temporales</p> <p>4.2.2 Modelos basados en esfuerzo de Coulomb</p> <p>4.2.3 Modelos de variaciones de sismicidad</p> <p>4.2.4 Modelos basados en tasa de fricción</p> <p>4.2.5 Enjambres, réplicas y des-enjambrado de catálogos</p>	8	4
5	Simulaciones		

	5.1 Simulación estocástica de sismicidad 5.2 Simulación determinista de sismicidad	8	4
6	Prueba de pronósticos de terremotos e hipótesis relacionadas	8	4
	6.1 Predictabilidad de terremotos y pruebas de hipótesis		
	6.1.1. Evaluando predicciones y pronósticos de terremotos 6.1.2 Análisis Probabilístico de Amenaza Sísmica (PSHA) y otras metodologías		
Subtotales		48	16
Totales		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes sobre el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Klenke A. (2014) The Poisson Point Process. In: Probability Theory. Universitext. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5361-0_24 - Ugalde, A., 2009, Terremotos: cuando la tierra tiembla. Editorial CSIC - CSIC Press, 196 p.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Statistical Seismology (2005). David Vere-Jones, Yehuda Ben-Zion and Ramón Zúñiga, Eds., Pageoph Topical Volumes, Birkhäuser Basel. ISBN 978-3-7643-7295-8. 374pp. - Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach –(2013) by Kenneth P. Burnham. Springer; 520 pages, ISBN-10 : 1441929738 - Coles, S. (2001). An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values, Springer-Verlang London



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Sistema Petrolero

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para: Yacimientos petroleros	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico- Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
				Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
			Ambientes y procesos Sedimentarios, o Petrología de Rocas Clásticas, o Petrología de rocas carbonatadas
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Reconocer los elementos del sistema petrolero y los procesos relacionados que propician la formación o destrucción de un yacimiento de petróleo desde la generación, migración y entrapamiento de los hidrocarburos.

Objetivos particulares:

- **Caracterizar a sistemas petroleros**
- **Identificar tipos de yacimientos petroleros**
- **Evaluar el potencial de cuencas petroleras**

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	3	0
	1.1 El Sistema petrolero, la evolución del concepto 1.2 Los niveles de la investigación en una cuenca sedimentaria de importancia petrolera: Sistema Petrolero, Play y Prospecto 1.3. Métodos de estudio del Sistema Petrolero: Geológicos, Geofísicos y Geoquímicos		
2	Los elementos de sistema petrolero	6	0
	2.1 Las rocas generadoras 2.2 Las rocas almacenadoras 2.3 Las rocas sello		
3	Los Procesos en el Sistema petrolero	18	0
	3.1 Transporte de calor en cuencas sedimentarias 3.2 La ventana de generación de hidrocarburos maduración de la roca generadora 3.3 Tipos de hidrocarburos 3.4 Flujo de fluidos en cuencas sedimentarias 3.5 Migración de hidrocarburos 3.6 Propiedades de deformación en rocas sedimentarias 3.7 La estructura y las trampas de hidrocarburos 3.8 Compactación en Cuencas sedimentarias 3.9 La historia de sepultamiento y el momento crítico		
4	Tipos de yacimientos petroleros según criterio geológico	9	0
	4.1 Yacimientos en Trampas Estratigráficas 4.2 Yacimientos en Trampas Estructurales 4.3 Yacimientos en Trampas Combinadas 4.4 Yacimientos no convencionales		
5	Tipos de cuencas y su potencial petrolero (casos de estudio)	12	0
	5.1 Las cuencas de rift a margen pasiva 5.2 Cuencas tipo pull apart 5.3 Cuencas de antepaís 5.4 Cuencas asociadas a tectónica salina		
6	6.1 Cuencas del Sureste 6.2 Región de Cerro Pelón-Las Choapas, Veracruz	0	16
	En la excursión se revisará el Sistema Petrolero del borde occidental de la Cuenca Salina del Istmo, que está expuesto en la estructura anticlinal de Cerro Pelón localizada en el ejido de Cerro Pelón, Municipio de las Choapas, Veracruz. Las paradas incluyen el análisis y la observación de la roca generadora, almacén y sello. Durante la excursión se podrán discutir, con observaciones directas, las relaciones estratigráficas, estructurales y características sedimentarias, paleontológicas y diagenéticas de las unidades geológicas que afloran, en el marco del papel que juegan en el sistema petrolero.		
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en la temática del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Bjørlykke, K. 2015. Petroleum Geoscience. Springer. Doi:10.1007/978-3-642-34132-8_1. - Dembicki, H. 2017. Practical Petroleum Geochemistry for Exploration and Production, Elsevier, 342 p. ISBN 9780128033500, doi.org/10.1016/C2014-0-03244-3. - Gao, D. (ed.) 2013, Tectonics and Sedimentation: Implications for Petroleum Systems, v.100, American Association of Petroleum Geologists, DOI: https://doi.org/10.1306/M1001335, ISBN electronic: 9781629810010. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - Ambrose, W., Jennette, D.C.Wawrzyniec, t., Fouad, K., Dunlap, D.B., Meneses-Rocha, J., Grimaldo, F., Muñoz, R., Barrera, D. Williams-Rojas, C.T., y Escamilla-Herrera, A. 2003. Traps and turbidite reservoir characteristics from a complex and evolving tectonic setting, Veracruz Basin, southeastern Mexico. AAGP Bulletin, 87, 1599-1622. - Ambrose, W., Wawrzyniec, t., Fouad, K., Sakurai, S., Jennette, D.C., Brown Jr., L.F., Guevara, E.H., Dunlap, D.B., Talukdar, S.C., Aranda-García, M., Hernández-Romano, U., Alvarado-Vega, J., Macías-Zamora, E., Ruíz-Ruíz, H., y Cárdenas-Hernández, R. 2005. Neogene tectonic, stratigraphic, and play framework if the southern Laguna Madre-Tuxpan continental shelf, Gulf of Mexico. AAGP Bulletin, 89, 725-751. - Ángeles-Aquino, F.J. 2006. Monografía Petrolera de la Zona Marina. Boletín AMGP, 56, 1-77. - Ángeles-Aquino, F.J., Reyes-Núñez, J., Quezada-Muñetón, J.M., y Meneses-Rocha, J.J. 1994. Tectonic evolution structural styles and oil habitan in Campeche Sound, Mexico. GCAGS Transactions, 44, 53-62. - Bitter, M.R. 1993. Sedimentation and provenance of Chicontepec sandstones with implications for uplift of the Sierra Madre Oriental and Teziutlán massif, east-central Mexico. Proceedings GCSSEPM Foundation 13th Annual Research Conference, p 155-172. - Cabrera C.R., y Lugo-R., J.E. 1984. Estratigrafía-sedimentología de las cuencas terciarias del Golfo de México. Boletín AMGP, 36, 3-55. - Camerlo, R.H., y Benson, E.F. 2006. Geometric and seismic intepretation of the Perdido fold belt. Northwestern deep-water Gulf of Mexico. AAGP Bulletin, 90, 363-386. 	

- Cocker, M., Goodof, L., Cuevas L. J.A., Martínez, S.R., Hernández M., J.J. y Hamilton, D.S. 2003. Burgos Basin play analysis reveals Frío Vicksburg exploration focus areas. *Houston Geological Society Bulletin*, 10, 33-35.
- Echanove-Echanove, O. 1986. *Geología Petrolera de la Cuenca de Burgos*. Boletín AMGP, 38, 3-74.
- Galloway, W.E., Ganey-Curry, P.E., Li, X., y Buffler, R.T. 2000, Cenozoic depositional history of the Gulf of Mexico basin. *AAGP Bulletin*, 81, 1743-1771.
- Goldhammer. R.K., y Johnson. CA, 2001, Middle Jurassic-Upper Cretaceous paleogeographic evolution and sequence-stratigraphic framework of the northwest Gulf of México rim. In: Bartolini, C., Buffler, R.T., y Cantú-Chapa, A., eds., *The western Gulf of México Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems*. AAPG Memoir 75, 45-81.
- Grajales-Nishimura, J.M., Murillo-Muñetón, G., Rosales-Domínguez, C., Bermúdez-Santana, J.C., Velasquillo-Martínez, L.G., García-Hernández, J., Arz, J.A., y Arenillas, I. 2010. The Cretaceous–Paleogene boundary Chicxulub impact: Its effect on carbonate sedimentation on the western margin of the Yucatan Platform and nearby areas. In: Bartolini, C., y Román-Ramos J.R., eds., *Petroleum Systems in the Southern Gulf of Mexico*. AAGP Memoir, 90, 315-336.
- Guzmán-Vega, M.A., Castro-Ortiz, L., Román-Ramos, J.R., Medrano-Morales, L., Clara-Valdés, L., Vázquez-Covarrubias, E., y Ziga-Rodríguez, G., 2001. El origen del petróleo en las subprovincias mexicanas del Golfo de México. *Boletín AMGP*, 49, 31-46.
- Magoon, L.B., y Dow, W.G. 1994. *The petroleum system—from source to trap*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 60, 644 p.
- Magoon, L.B., Hudson, T.L., Cook, H.E., 2001, Pimienta-Tamabra(!)—A giant supercharged petroleum system in the southern Gulf of Mexico, onshore and offshore Mexico, in Bartolini, C., Buffler, R.T., Cantú-Chapa, A. (eds.), *The western Gulf of Mexico Basin: Tulsa, Oklahoma*, AAPG, Memoir 75, p. 83-125.
- Martínez-Medrano, M., Vega-Escobar, R., Flores-Cruz, F., Ángeles-Marín, D., y López-Martínez, C. 2010. Integrated seismic and petrographic analyses of the sandstone reservoirs of the Tertiary Veracruz Basin, Mexico. In: Bartolini, C., y Román-Ramos J.R., eds., *Petroleum Systems in the Southern Gulf of Mexico*. AAGP Memoir, 90, 217-236.
- Mitra, S., Correa-Figueroa, G., Hernández-García, J., y Murillo-Alvarado, A., 2005. Three-dimensional structural model of the Cantarell and Sihil structures, Campeche Bay, Mexico. *AAGP Bulletin*, 89, 1-26.
- Prost, G., y Aranda, M. 2001. Tectonics and hydrocarbon systems of the Veracruz Basin, Mexico. In: Bartolini, C., Buffler, R.T., y Cantú-Chapa, A. eds., *The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems*. AAGP Memoir, 75, 271-291.
- Salomón-Mora, L.E., Aranda-García, M., y Román-Ramos, J.R. 2004. Plegamiento contraccional y sedimentación sintectónica en las Cordilleras Mexicanas. *AMGP*, 51, 5-21.
- Salvador, A., 1987. Later Triassic-Jurassic paleogeography and origin of Gulf of Mexico Basin. *AAGP Bulletin*, 71, 419-451.
- Sosa-Patrón, A., y Cara-Valdés, L. 2001. Subsistemas generadores del sureste de México. *Boletín AMGP*, 49, 85-104.
- Wawrzyniec, T., Fouad, K., Schultz-Ela, D., Ambrose, W., Jennette, D., Sakurai, S., Guevara, E., Aranda, M., Alvarado, J., Hernández, U., Macías, E., Román, J., Rosas, C., Rosas, K., y Salomon, L., 2003. Cenozoic deformation styles of the Laguna Madre-Tuxpan Shelf and Mexican Ridges Fold Belt, Mexico. *GCAGS/GCSSEPM Transactions*, 53, 846-858.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Sistemas de información geográfica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Geomática y percepción remota	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Ninguna			
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Ninguna			

Objetivo general:

- Comprender y aplicar la teoría de los Sistemas de Información Geográfica, así como su implementación en el área de las Ciencias de la Tierra.

Objetivos particulares:

- Comprender los fundamentos de los sistemas de información geográfica, su estructura, y sus funciones.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	¿Qué es un Sistema de Información Geográfica (SIG)? 1.1 Introducción	4	4

	<ul style="list-style-type: none"> 1.2 Disciplinas y tecnologías relacionadas 1.3 Principales áreas de aplicación 1.4 Representación de la realidad 1.5 Dato geográfico 1.6 Escalas de medida 1.7 Fuentes de datos 1.8 Modelos de datos 		
2	Cartografía y geodesia	4	4
	<ul style="list-style-type: none"> 2.1 Sistemas coordenados 2.2 La tierra, sus dimensiones y su modelado 2.3 Proyecciones cartográficas 2.4 Transformaciones geométricas 2.5 Georreferenciar 		
3	La naturaleza de la información geográfica	4	4
	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Los SIG como representación de la realidad geográfica: el proceso de modelado 3.2 Componentes y estructura de la información geográfica y su modelado en los SIG: modelos de datos 3.3 Los elementos 3.4 La descripción espacial de las entidades 3.5 Clases de entidades 3.6 La información sobre atributos 		
4	Modelos y estructuras de datos	2	2
	<ul style="list-style-type: none"> 4.1 La organización de datos ráster 4.2 Las estructuras para datos vectoriales 		
5	Ingreso de datos	2	2
	<ul style="list-style-type: none"> 5.1 Digitalización 5.2 Scanners 5.3 Los elementos 5.4 La descripción espacial de las entidades 5.5 Clases de entidades 5.6 La información sobre atributos 		
6	Funciones de un SIG	2	2
	<ul style="list-style-type: none"> 6.1 Obtención de datos espaciales 6.2 Detección de errores y edición de datos 6.3 Estructuración y reestructuración de los datos 6.4 Funciones analíticas 6.5 Visualización y representación 		
7	Sistemas vectoriales	2	2
	<ul style="list-style-type: none"> 7.1 Modelo de datos 7.2 Representación de elementos geográficos. Topología 7.3 Creación de la base de datos espacial 		

	7.4 Ejemplo de análisis utilizando un SIG vectorial 7.5 Capacidades del SIG vectorial		
8	Sistemas ráster 8.1 El modelo de datos 8.2 Creación de un ráster 8.3 Ejemplo de análisis usando un SIG ráster 8.4 Capacidades del SIG ráster	2	2
9	Análisis espacial 9.1 Introducción 9.2 Construcción del modelo conceptual 9.3 Construcción del modelo lógico 9.4 Construcción del modelo físico 9.5 Modelos 9.6 Evaluación multicriterio	2	2
10	Base de datos 10.1 Concepto de bases de datos y sus modelos 10.2 Consultas espaciales	2	2
11	Aplicaciones a Percepción Remota (PR) 11.1 Definición de PR 11.2 Fundamentos de la PR 11.3 Definición de sensor 11.4 La naturaleza de la radiación 11.5 Espectro electromagnético 11.6 Procesos físicos de la radiación electromagnética 11.7 Ventanas atmosféricas 11.8 Dispersión atmosférica 11.9 Radiación detectada por los sensores	2	2
12	Modelo Digital del Terreno (MDT) 12.1 Definiciones 12.2 Tipo de MDT 12.3 Generación de MDT 12.4 Análisis de MDT 12.5 Presentaciones 12.6 Aplicaciones	1	1
13	Teoría del color 13.1 Historia del color 13.2 El ojo y la visión 13.3 El color luz 13.4 El color pigmento 13.5 Métrica del color: cromemas 13.6 Semántica del color	1	1
14	Aplicaciones a las Ciencia de la Tierra	2	2
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Bonham-Carter, G. F. (1994). Geographic Information Systems for Geoscientists-Modeling with GIS. Computer Methods in the Geosciences, 13, 398. - Korte, G. (2001). The GIS Book. (5 ed. Rev.). Editorial Autodesk Press. - M.F. Worboys and M. Duckham. (2004). GIS: A Computing Perspective. (2 ed.). Editorial CRCPress. 	
Bibliografía complementaria	
<ul style="list-style-type: none"> - ESRI. (2002).Gis and Cad-the Right Tool for the Job. An ESRI Whitepaper. Technical Report. - G. Camara, D. Palomo, and R.C. Souza. (2005). Towards a Generalized Map Algebra: Principles and Data Types. In Proceeding VII Simposio Brasileiro de GeoInformatica. - Gómez Delgado, Bosque Sendra. (2004). Aplicación de análisis de incertidumbre como método de validación y control del riesgo en la toma de decisiones. GeoFocus, 4:179–208. - Jun Xu. (2007). Formalizing Natural-Language Spatial Relations Between Linear Objects with Topological and Metric Properties. International Journal of Geographical Information Science,21(4):377–395. - Pepijn van Oort. (2005).Spatial Data Quality: from Description to Application. Netherlands Geodetic Commission. - R. Haining. (2003). Spatial Data Analysis: Theory and Practice. Cambridge UniversityPress. 	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Sistemas planetarios

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias Planetarias	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Astrobiología	

Objetivo general:

- Comprender el origen y evolución de los sistemas planetarios y el sistema solar, así como las características de los exoplanetas detectados.

Objetivos particulares:

- Comprender el origen de los sistemas planetarios a partir de la teoría y observaciones disponibles.
- Entender el origen y evolución del sistema solar.
- Estudiar las características predichas y observadas de los exoplanetas observados.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas
--------	------------------	-------

		semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	<p>Sistema solar</p> <p>1.1 Definición de planeta, planeta enano y cuerpos pequeños</p> <p>1.2 Características dinámicas: inclinación orbital, semiejes mayores y excentricidades</p> <p>1.3 Características físicas: radios, masas, composiciones globales.</p> <p>1.4 La Masa Mínima de la Nebulosa Solar</p> <p>1.5 Cometas</p> <p>1.5.1 Composición</p> <p>1.5.2 Clasificación dinámica y distribución espacial</p> <p>1.6 Asteroides</p> <p>1.6.1 Composición</p> <p>1.6.2 Familias de asteroides y su distribución espacial</p> <p>1.6.3 Clasificación espectral</p> <p>1.7 Meteoritas</p> <p>1.7.1 Clasificación</p> <p>1.7.2 Características</p> <p>1.7.3 Cuerpos parentales</p>	10	0
2	<p>Exoplanetas</p> <p>2.1 Detección de planetas alrededor de otras estrellas:</p> <p>2.1.1 Velocidad radial</p> <p>2.1.2 Tránsitos</p> <p>2.1.3 Variaciones temporales de tránsito (TTV)</p> <p>2.1.4 Astrometría</p> <p>2.1.5 Lentes gravitacionales</p> <p>2.1.6 Imagen directa</p> <p>2.2 Características generales de los exoplanetas detectados</p> <p>2.2.1 Bases de datos de exoplanetas</p> <p>2.2.2 Distribuciones de masas, radios y propiedades orbitales</p> <p>2.2.3 Características de los sistemas múltiples</p> <p>2.2.4 Características de las estrellas con exoplanetas</p> <p>2.2.5 Distribución orbital y frecuencia de minineptunos y supertierras (subneptunos): "Radius gap"</p>	10	0
3	<p>Discos protoplanetarios</p> <p>3.1 Propiedades observacionales</p> <p>3.2 Formación de discos protoplanetarios</p> <p>3.3 Descripción general de los discos protoplanetarios</p> <p>3.3.1 Estructura vertical</p> <p>3.3.2 Perfil radial de temperatura y densidad</p> <p>3.3.3 Distribución espectral de energía</p> <p>3.3.4 Viscosidad</p> <p>3.3.5 Transporte de momento angular</p> <p>3.4 Química en los discos protoplanetarios</p>	12	0

	<ul style="list-style-type: none"> 3.5 Evolución del disco <ul style="list-style-type: none"> 3.5.1 Fotoevaporación 3.5.2 Subestructuras observadas: brazos espirales, huecos, asimetrías y anillos 3.5.3 Discos de transición 3.5.4 Discos de escombros 		
4	<ul style="list-style-type: none"> Formación de sistemas planetarios <ul style="list-style-type: none"> 4.1 Crecimiento de polvo a planetésimos 4.2 Crecimiento de planetésimos a planetas terrestres <ul style="list-style-type: none"> 4.2.1 Enfocamiento gravitacional 4.2.2 Acreción por guijarros (pebble accretion) 4.3 Formación de planetas gigantes <ul style="list-style-type: none"> 4.3.1 Acreción del núcleo 4.3.2 Inestabilidad gravitacional 4.4 Formación de supertierras y minineptunos <ul style="list-style-type: none"> 4.4.1 Escenarios para explicar el “radius gap” 4.5 Evolución de sistemas planetarios <ul style="list-style-type: none"> 4.5.1 Migración en el disco con gas 4.5.2 Migración en el disco de planetésimos 4.5.3 Dispersión planeta-planeta 4.6. Simulaciones numéricas <ul style="list-style-type: none"> 4.6.1 Modelos de síntesis de poblaciones <ul style="list-style-type: none"> 4.6.1.1 Características 4.6.1.2 Predicciones y comparación con las observaciones 4.6.2 Modelos de N-cuerpos <ul style="list-style-type: none"> 4.6.2.1 Características 4.6.2.2 Predicciones y comparación con las observaciones 4.7 Formación y evolución del sistema solar <ul style="list-style-type: none"> 4.7.1 Evidencias desde la meteorítica 4.7.2 El Gran Tack 4.7.3 El modelo de Niza 4.7.4 Escenarios del bombardeo tardío 4.7.5 Adquisición de agua en los planetas terrestres 	16	0
5	<ul style="list-style-type: none"> Interiores de exoplanetas <ul style="list-style-type: none"> 5.1 Teoría de interiores <ul style="list-style-type: none"> 5.1.1 Relación masa radio 5.1.2 Modelos de interiores planetarios 5.1.3 Ecuaciones de conservación de masa y equilibrio hidrostático 5.1.4 Ecuación de estado: <ul style="list-style-type: none"> 5.1.4.1 Experimentos estáticos y dinámicos 5.1.4.2 Modelos Ab initio 5.1.4.3 Ecuaciones de estado para el hidrógeno, agua, silicatos y hierro 5.1.5 Transferencia de energía: conducción y convección 5.2 Modelos de interiores para el sistema solar <ul style="list-style-type: none"> 5.2.1.1 Júpiter 5.2.1.2 Urano y Neptuno 5.2.1.3 La Tierra 	8	0

	5.3 Características predichas para los interiores de exoplanetas		
6	Atmósferas de exoplanetas		
	6.1 Estructura atmosférica		
	6.1.1 Presión, ecuación de estado y equilibrio hidrostático		
	6.1.2 Albedo, temperatura efectiva y de equilibrio		
	6.1.3 Transporte de energía por radiación		
	6.1.4 Transporte de energía por convección		
	6.2 Escape atmosférico		
	6.3 Nubes y nieblas: definición y formación		
	6.4 Comparación de las atmósferas del sistema solar: Venus, Marte, la Tierra, Júpiter, Neptuno y Titán.		
	6.5 Posibles composiciones de atmósferas de exoplanetas		
	6.6 Caracterización de atmósferas por espectros transmitidos, reflejados y emitidos		
	6.7 Observaciones de atmósferas de exoplanetas		
	Subtotales	8	0
	Total	64	0

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras (prácticas teóricas)	(x)	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - V. Mannings, A. Boss, S. S. Russel (eds.) Protostars and Planets IV (PPIV). University of Arizona Space Science Series. University of Arizona Press, 2000. - B. Reipurth, D. Jewitt, and K. Keil (eds). Protostars and Planets V (PPV). University of Arizona Press, Tucson, 2007 - Armitage, P. Lecture notes on the formation and early evolution of planetary systems. arXiv:astro-ph/0701485 - I. de Pater, I., J. J. Lassauer. Planetary Sciences. Cambridge University Press. 2001. - H. J. Deeg, J. A. Belmonte (eds.), Handbook of Exoplanets, https://doi.org/10.1007/978-3-319-55333-7_147 - S. Seager (ed.) Exoplanets. Tucson, AZ: University of Arizona Press, 2010, 526 pp. ISBN 978-0-8165-2945-2.

- Seager, S. Exoplanet atmospheres: physical processes. Princeton University Press, 2010, 264 pp.
- Butturini, A., García-Castellanos, D., Jordi, C. Ribas, I., 2020, (In)habitabilidad planetaria: Fundamentos de astrogeobiología. Marcombo, 314 p.

Bibliografía complementaria

- Armitage, P. 2010. Astrophysics of planet formation. Cambridge University Press.
- Ormel, C. 2016. Planet formation. <https://staff.fnwi.uva.nl/c.w.ormel/Teaching/planet-formation.pdf>
- Base de datos: exoplanet.eu
- Gronoff, G., et al. (2020). Atmospheric escape processes and planetary atmospheric evolution. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 125(8), e2019JA027639.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Suelos y Geomorfología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias del Suelo Geomorfología Peligros y riesgos asociados a procesos superficiales (remoción en masa, hundimientos y contaminación)	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico- Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 3.5	Teóricas: 56	
		Prácticas: 0.5	Prácticas: 8	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Curso de Campo de Suelos y Geomorfología	

Objetivo general:

- Integrar los componentes relieve, suelo y cobertura/uso del suelo como fundamento del análisis del paisaje que se realiza dentro del marco de los estudios ambientales y de ecología del paisaje, y conocer los procesos que determinan la evolución del paisaje, así como sus implicaciones para el manejo de los recursos naturales.

Objetivos particulares:

- Reconocer los principales tipos de relieve y los procesos que los forman.
- Comprender los factores formadores de suelo y los principales procesos pedogenéticos.

- Evaluar las características ecológicas de sitio que resultan de la acción de los procesos morfopedológicos.
- Clasificar suelos siguiendo la clasificación de la WRB y conocerá el patrón de distribución de suelos característico de paisajes típicos de México.
- Emplear herramientas para el análisis del paisaje y su interpretación, y los fundamentos de la cartografía morfopedológica.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	1. Introducción	4	0
	1.1 Conceptos pedón, perfil, pedósfera		
	1.2 Estructura jerárquica de la pedósfera y variabilidad espacial		
	1.3 Suelo y Terreno/ordenamiento territorial		
2	2. Procesos modeladores del paisaje	4	0
3	3. El suelo como cuerpo natural.	20	0
	3.1 Los componentes del suelo (caracterización, dinámica y funciones)		
	3.2 Procesos pedogenéticos e introducción a los sistemas de clasificación (FAO, USDA, WRBSR).		
4	4. Estudios de caso de diferentes paisajes	28	0
	4.1 Geomorfología y suelos en laderas, concepto de catena		
	4.2 Paisaje fluvial.		
	4.3 Paisaje árido y semi-árido.		
	4.4 Paisaje volcánico (climo-topo-cronosecuencias)		
	4.5 Paisaje tectónico.		
	4.6 Paisaje kárstico (ambiente tropical).		
	Práctica de campo 1 (1 día). Descripción de perfiles de suelos volcánicos en la Sierra Chichinautzin	0	4
	Práctica de campo 2 (1 día) Descripción de perfiles de suelos y observaciones sobre erosión de suelos en el municipio de Huasca de Ocampo, estado de Hidalgo.	0	4
Subtotales		56	8
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final oral	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras: (Reportes de prácticas de campo)	(x)

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en Geomorfología y en Ciencia del Suelo.

Publicaciones recientes en la temática relacionada con el curso.

Bibliografía básica

- Birkeland P.W. (1999). Soils and Geomorphology. New York, Oxford University Press, 430 p.
- Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K. and Wilke, B.-M. (2016). Scheffer/Schachtschabel Soil Science. Springer, Berlin, Heidelberg, 618 pp.
- IUSS Working Group WRB. (2015). World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 192 p.
- Schaetzl R.J., y Anderson, S. (2005). Soils: Genesis and Geomorphology, Cambridge & New York, Cambridge University Press, 832 p.
- Selby M.J. (1982). Hillslope processes and materials. Oxford, Oxford University Press, 264 p.
- Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (2016). Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en campo, 4a. ed., México, D.F., 57 p.
- Soil Science Division Staff (2017). Soil survey manual. USDA Handbook 18. USDA, Washington, D.C., 603 pp. [<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/publication/>].
- Weil, R., y Brady, N. (2016). The Nature and Properties of Soils. 15a ed., Pearson, 1075 p.
- Zinck, J.A. (2012). Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. ITC Special Lecture Notes Series. ITC Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands, 123 p. [www.itc.nl/Pub/Home/library/Academic_output/ITC-Special-Lecture-Notes-Series.html]

Bibliografía complementaria

- Legros, J.-P. (2006). Mapping of the soil, Enfiel, NH, Science Publishers, 411 p.
- Selby M.J. (1985). Earth's changing surface. An introduction to Geomorphology. Oxford, Clarendon Press, 607p
- Ritter D.F., Kochel R.C., y Miller J.R. (1995). Process Geomorphology. Dubuque, Iowa, W.C. Brown Publishers, 546 p.
- Scheffers, A.M., May, S.M. and Kellekat, D.H. (2015). Landforms of the World with Google Earth. Understanding our Environment. Springer, Dordrecht, 393 pp.
- Thomas, D.S.G. (Ed.) (2011). Arid zone geomorphology: process, form, and change in drylands. Wiley, New York, 624 pp.
- Thomas M.F. (1994). Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes. Chichester, Wiley, 460 p. (GB446 T56)
- Zinck, J.A., Metternicht, G., Bocco, G. and Del Valle, H.F. (Eds.) (2016). Geopedology. An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies. Springer, Switzerland, 556 pp.

Artículos científicos de temas relevantes del curso.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Taller Transdisciplinario en Gestión Sustentable de Aguas Subterráneas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Hidrogeología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Gestión de aguas subterráneas	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Adquirir los conocimientos, habilidades y herramientas prácticas y metodológicas para conducir o participar en la gestión sustentable del agua subterránea a través de procesos de investigación-intervención transdisciplinarios.

Objetivos particulares:

- Entender los conceptos básicos de gestión sustentable del agua.
- Entender los procesos y estrategias transdisciplinarias de gestión del agua.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción a la problemática de la gestión sustentable del agua subterránea	10	2

	1.1 Conceptos y desafíos en la gestión del agua subterránea 1.2 Aspectos biofísicos 1.3 Aspectos socioeconómicos 1.4 Modelación matemática y soporte a la decisión 1.5 Importancia de la investigación-intervención transdisciplinaria en el área		
2	Guías metodológicas para la investigación-intervención transdisciplinar aplicadas a la gestión sustentable del agua subterránea 2.1 Marco teórico sobre transdisciplina 2.2 Marco conceptual sobre transdisciplina 2.3 Diversidad metodológica para la investigación transdisciplinar 2.4 Características de la intervención transdisciplinar 2.5 Procesos de investigación-intervención transdisciplinar aplicados a la gestión sustentable del agua subterránea	8	6
3	Procesos de tipo colaborativo en transdisciplina y sostenibilidad relacionados con la gestión sustentable del agua subterránea 3.1 Personas y actores sociales 3.2 Relaciones sociales y actividad multipersonal en acciones prosociales 3.3 Formas de organización multipersonal de tipo colaborativa 3.4 Teoría de grupos y redes sociales para la colaboración 3.5 Colaboración para la investigación e intervención aplicados a la gestión sustentable del agua subterránea	4	6
4	Estrategias de investigación-intervención en transdisciplina y sustentabilidad aplicadas a la gestión del agua subterránea 4.1 Ontogénesis y epistemología para la investigación transdisciplinaria en gestión sustentable del agua subterránea 4.2 Objetivos de la investigación-intervención transdisciplinaria 4.3 Capacidades, recursos y viabilidad en la investigación-intervención transdisciplinaria en gestión sustentable del agua subterránea 4.4 Implementación de procesos de investigación-intervención transdisciplinarios para la gestión sustentable del agua subterránea	8	8
5	Seminario de experiencias transdisciplinarias	2	10
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)

Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	(x)
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Experiencia en la gestión transdisciplinaria del agua.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Arrabida. (1994). Carta de la Transdisciplinarietàad. - García, R. (2006). Sistemas complejos: Conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria. Gedisa. - Gibbons, M. (1997). La Nueva producción del conocimiento: La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas. Pomares-Corredor. - Goldsmith, E. B. (2015). Social influence and sustainable consumption. Springer. - Gutiérrez Serrano, N. G. (2016). Senderos académicos para el encuentro: Conocimiento transdisciplinario y configuraciones en red (Primera edición). Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. - Hadorn, G. H., Biber-Klemm, S., Grossenbacher-Mansuy, W., Hoffmann-Riem, H., Joye, D., Pohl, C., Wiesmann, U., & Zemp, E. (2008). Handbook of Transdisciplinary Research. [Electronic resource] (ELECT-COLL CENTRAL XX(154473.2)). Springer Science + Business Media B.V. - Hirsch, H. G. (2008). Handbook of transdisciplinary research. Dordrecht: Springer. (19-62 pp.) - Jakeman, A. J., Barreteau, O., Hunt, R. J., Rinaudo, J.-D. y Ross, A. (2016). Integrated Groundwater Management. Concepts, Approaches and Challenges. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23576-9 - Latour, B., Dilon, A., & Latour, B. (2017). Cara a cara con el planeta: Una nueva mirada sobre el cambio climático alejada de las posiciones apocalípticas. Siglo Veintiuno Editores. - Morin, E., & Pakman, M. (2011). Introducción al pensamiento complejo. Gedisa. - Morin, E., Sánchez Torres, A., & Sánchez García, D. (2010). La naturaleza de la naturaleza. Ediciones Cátedra. - Moscovici, S., Olasagasti, M., & Moscovici, S. (1996). Psicología de las minorías activas (Segunda edición). Morata. - Nicolescu, B., & Vallejo Gómez, M. (1996). La transdisciplinarietàad: Manifiesto. Multiversidad Mundo Real Edgar Morín, A.C. - PCS UNAM. (2015). Proyecto de creación del Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad. UNAM. https://sostenibilidad.posgrado.unam.mx/assets/docs/antecedentes.pdf - Poteete, A. R., Ostrom, E., Janseen, M. A., Buj, L., Merino, L., UNAM., (2012). Trabajar juntos en acción colectiva, bienes comunes y múltiples métodos en la práctica. México: UNAM, CEIICH, CRIM, FCPS, FE, IIEc, IIS, PUMA. (37-83; 83-266 pp.) 	

<ul style="list-style-type: none"> - Stewart, G. L., Manz, C. C., Sims, H. P., & Auber Mancera, G. M. (2003). Trabajo en equipo y dinámica de grupos. Limusa.
<p>Bibliografía complementaria</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Arellano, A., Callon, M., Douville, H., & Latour, B. (2017). Hacia una antropología atmosférica y del cambio climático: Teogonía, modelación, controversias y economía atmosféricas (Primera edición). Universidad Autónoma del Estado México: Miguel Ángel Porrúa. - Francia, A., & Mata, J. (2010). Dinámica y técnicas de grupos (18a ed.). CCS. - Hess, C., & Ostrom, E. (2011). Understanding knowledge as a commons: From theory to practice. Cambridge, Mass: MIT Press. (27-40 pp) - Knorr-Cetina, K., & Kreimer, P. (2005). La fabricación del conocimiento: Un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia (1. ed). Universidad Nacional de Quilmes. Kuhn, T. S. (2015). The structure of scientific revolutions. The University of Chicago Press. Latour, B. (2008). Reensamblar lo social: Una introducción a la teoría del actor-red. Buenos Aires: Manantial. (38-67 pp.) - Latour, B. (2012). Cogitamus: Seis cartas sobre las humanidades científicas. Paidós. - Latour, B., & Goldstein, V. (2007). Nunca fuimos modernos: Ensayo de antropología simétrica. Siglo XXI. - Ziman, J. M. (1986). Introducción al estudio de las ciencias: Los aspectos filosóficos y sociales de la ciencia y la tecnología. Barcelona: Ariel



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Técnicas de muestreo y análisis de gases contaminantes atmosféricos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Fisicoquímica y composición atmosférica Calidad del aire y salud	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación:

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Proporcionar las bases técnicas de los diversos métodos de muestreo y análisis de contaminantes atmosféricos gaseosos y de otras especies gaseosas de interés en la determinación de la calidad del aire y de especies de interés en química atmosférica.

Objetivos particulares:

- Comprender las bases para diseñar un experimento de monitoreo y seleccionar adecuadamente métodos de muestreo y/o medición aplicables al objetivo del monitoreo de interés.

- Proporcionar los criterios para la selección del sitio de muestreo y/o monitoreo que mejor represente la zona bajo estudio.
- Entender y practicar los procedimientos básicos de calibración de sensores de medición de flujo y de equipo instrumental automático de medición de contaminantes gaseosos.
- Proporcionar métodos básicos de validación y análisis exploratorio de los datos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	6	2
	1.1 Concepto de Química analítica ambiental 1.2 Revisión de conceptos básicos de gases tóxicos, contaminantes criterio, especies trazadoras. 1.3 Ley de gases ideales, conversión de unidades de concentración. 1.4 Diseño de experimentos		
2	Principios del muestreo y monitoreo de gases	6	2
	2.1 Objetivo y componentes básicos del muestreo y monitoreo de gases 2.2 Equipos de calibración y medición de flujo de gases		
3	Métodos de muestreo manual integrado y análisis	8	2
	3.1 Muestreo integrado (cartuchos adsorbentes y absorbentes) 3.1.1 Muestreo grab (bolsas Tedlar) 3.1.2 Muestreo pasivo 3.1.3 Métodos de análisis por química húmeda (espectrofotometría) 3.2 Métodos de análisis por cromatografía de gases 3.3 Métodos de análisis por cromatografía líquida de alta resolución		
4	Métodos de monitoreo continuo y semicontinuo y análisis	8	4
	4.1 Espectroscopia de absorción ultravioleta (ozono). 4.2 Espectroscopia de absorción infrarroja (CO, CO ₂). 4.3 Analizadores por cromatografía de gases y detección por ionización de flama (hidrocarburos totales, metano). 4.4. Métodos de monitoreo no convencionales para compuestos traza (NO _y , HNO ₃ , PAN, CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , y otros). 4.5 Espectrofotometría fluorescente (SO ₂). 4.6 Analizadores quimioluminiscentes (NO _x). 4.7 Analizadores por cromatografía de gases y detección por ionización de flama (hidrocarburos totales, metano).		
5	Calibración de analizadores continuos	8	2
	5.1 Importancia de la calibración de analizadores 5.2 Generación de aire "cero" 5.3 Calibradores dinámicos y automáticos 5.4 Calibración indirecta		

	5.5 Protocolo de: calibración, verificación y operación durante el muestreo y monitoreo rutinario		
6	Métodos electroquímicos de bajo costo	2	0
	6.1 Revisión de métodos 6.2 Aplicaciones		
7	Representatividad del monitoreo y control de calidad	4	2
	7.1 Validación de datos		
	7.2 Tratamiento estadístico multivariado de datos		
	7.3 Interpretación básica de datos		
	7.4 Importancia de las mediciones de variables meteorológicas		
	7.5 Selección de sitios de muestreo y monitoreo 7.6 Criterios de representatividad de las mediciones		
8	Aplicación de datos del muestreo y monitoreo de gases contaminantes	6	2
	8.1 Evaluación de la calidad del aire		
	8.2 Evaluación de estrategias de control		
	8.3 Aplicaciones especiales		
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras: ()	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en Geomorfología y en Ciencia del Suelo.			
Publicaciones recientes en la temática relacionada con el curso.			

Bibliografía básica
Presentaciones del curso y documentos proporcionados o sugeridos por profesor.
<ul style="list-style-type: none"> - Barbara J. Finlayson-Pitts and James N. Pitts, Jr., 2000, "Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere", Academic Press, San Diego, California - Wight, Gregory D., 1994. "Fundamentals of Air Sampling", Lewis Publishers - Lodge Jr. James, 1988. "Methods of Air Sampling and Analysis". Lewis Publishers - Echeverri-Londoño, C., 2019, Contaminación atmosférica. Ediciones de la U, 594 p.

Bibliografía complementaria

Selección de artículos relacionados con los temas

- Seiber, James N., and Thomas M. Cahill. Pesticides, Organic Contaminants, and Pathogens in Air: Chemodynamics, Health Effects, Sampling, and Analysis. Taylor & Francis, 2022.
- Miller, Dylan D., et al. "Diffusive uptake rates for passive air sampling: Application to volatile organic compound exposure during FIREX-AQ campaign." *Chemosphere* 287 (2022): 131808.
- Maiello, Mark L., and Mark D. Hoover, eds. Radioactive air sampling methods. CRC Press/Taylor & Francis, 2011.
- McDermott, Henry J. Air monitoring for toxic exposures. John Wiley & Sons, 2004.
- Lodge, James P. Methods of air sampling and analysis. Routledge, 2017.
- Hess, Kathleen. Environmental sampling for unknowns. Routledge, 2017.

Revistas electrónicas:

- Aerosol and Air Quality Research
- Aerosol Science and Technology
- Air Quality Atmosphere and Health
- Journal of Atmospheric Chemistry



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Tectónica de Placas

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Vulcanología Petrología ígnea y metamórfica Geología sedimentaria y estratigrafía Deformación de la litósfera Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x) Análisis de cuencas sedimentarias, o Curso de Geología de campo, o Geofísica marina, o Geomorfología y neotectónica	Ninguna ()

Objetivo general:

- Comprender los postulados de la teoría de la tectónica de placas y las técnicas geológicas, geofísicas y geoquímicas que se aplican para elaborar modelos geodinámicos.

Objetivos particulares:

- Entender los elementos clásicos de la Tectónica de Placas, así como los avances más importantes del conocimiento en este campo de la última década, con particular atención a la tectónica y el magmatismo asociados a los límites de placas y al interior de las placas.
- Analizar algunos casos típicos de cada ambiente geodinámico y particularmente casos de la geología de México.
- Comprender los aspectos de la Tectónica de Placas más debatidos en los últimos años.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Conceptos básicos 1.1 introducción histórica a la Teoría 1.2 Tipos de márgenes de placas y principales elementos tectónicos de la corteza terrestre 1.3 Estructura del interior de la Tierra 1.4 Sismología y Tectónica de Placas 1.5 Campo magnético de la Tierra y Paleomagnetismo 1.6 Gravimetría, isostasia, energía potencial gravitacional 1.7 Flujo de calor y geotermia 1.8 Cinemática del movimiento de las placas 1.9 Volcanismo intraplaca e implicaciones para la Tectónica de Placas 1.10 Geodinámica y convección del manto	22	0
2	Deformación y magmatismo en los límites de placas 2.1 Márgenes divergentes – Rift continentales 2.2 Márgenes divergentes – Magmatismo durante la extensión litosférica 2.3 Caso de estudio – El rift de África oriental y del Lago Baykal 2.4 Caso de estudio – El rift del Golfo de California 2.5 Márgenes divergentes – Dorsales oceánicas y ofiolitas 2.6 Márgenes convergentes – Zonas de subducción: sismicidad y magmatismo 2.7 Márgenes convergentes – Dinámica de la subducción: <i>slab windows</i> , subducción plana, delaminación, <i>slab detachment</i> 2.8 Caso de estudio – La Faja Volcánica Trans-Mexicana 2.9 Márgenes convergentes – Orogenos colisionales, acreción y suturas 2.10 Casos de estudio – Los Alpes y los Zagros 2.11 Caso de estudio – Himalaya y Tibet 2.12 Márgenes transcurrentes 2.13 Casos de estudio – Sistemas de fallas: San Andrés, Levante, Polochic-Motagua, Nord Anatolia	26	0

3	Debates y exposiciones de los alumnos	16	0
	Subtotales	64	0
	Total	64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Anderson, D.L., 2007. <i>New Theory of the Earth</i>. Cambridge University Press, 407 pp. - Stüwe, K., 2007. <i>Geodynamics of the lithosphere</i>. Second Edition, Ed. Springer. 493 pp. - Wessel & Müller, 2007. <i>Plate Tectonics</i>. Treatise on Geophysics, vol. 6, pp. 49-98 - Turcotte, D.L. y Schubert, G., 2014. <i>Geodynamics 3rd edition</i>. Cambridge University Press. - Wegener, A., 2018, <i>El origen de los continentes y océanos</i>. Editorial Crítica, 400 p.
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Billen, M., 2008. Modeling the Dynamics of Subducting Slabs, <i>Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences</i>, 36:325-56, doi:10.1146/annurev.earth.36.03.1207.124129 - Bird, P., 2003. An updated digital model of plate boundaries. <i>Geochemistry, Geophysics, Geosystems</i>, vol. 4, no. 3, pp. 1027/doi:10.1029/2001GC000252 - Carlson, R.W., Pearson, D.G., and James, D.E., 2005. Physical, chemical, and chronological characteristics of continental mantle, <i>Reviews of Geophysics</i>, 43, RG1001, 24pp. - Fischer, K.M., Ford, H.A., Abt, D.L., and Rychert, C.A., 2010. The Lithosphere-Asthenosphere Boundary. <i>Annual Review of Earth and Planetary Science</i>, v. 38, p. 551–75, doi: 10.1146/annurev-earth-040809-152438 - Foulger, G. R. (2012). Are “hot spots” hot spots? <i>Journal of Geodynamics</i>, 58, 1–28. http://doi.org/10.1016/j.jog.2011.12.003 - Sdrolias, M., Muller, D., 2006. Controls on back-arc basin formation. <i>Geochemistry, Geophysics, Geosystems</i>, Volume 7, Number 4, doi: Q04016, doi:10.1029/2005GC001090 - Gordon, R.G., 1998. The plate tectonic approximation: plate nonrigidity, diffuse plate boundaries, and global plate reconstructions, <i>Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences</i>, vol. 26, no. , pp. 615-42

- Helffrich, G.R., and Wood, B.J., 2001. The Earth's mantle, *Nature*, vol. 412, pp. 501-507
- Molnar, P., Boos, W.R., and Battisti, D.R., 2010. Orographic Controls on Climate and Paleoclimate of Asia: Thermal and Mechanical Roles for the Tibetan Plateau. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 38: 77-102, doi:10.1146/annurev-earth-040809-152456)
- Poli, S. and Schmidt, M.W., 2002. Petrology of subducted slabs, *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, vol. 30, no. , pp. 207-235
- Syracuse, E.M., and Abers, G.A., 2006. Global compilation of variations in slab depth beneath arc volcanoes and implications, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 7, no. 5, pp. doi:10.1029/2005GC001045
- Tackley, P., 2005. Mantle Convection and Plate Tectonics: Toward an Integrated Physical and Chemical Theory, *Science*, vol. 288
- Wiens, D., Conder, J.A., Faul, U.H., 2008. The Seismic Structure and Dynamics of the Mantle Wedge. *Annual Review of Earth and Planetary Science*, v.36:421–55, doi: 10.1146/annurev.earth.33.092203.122633



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Temas Selectos de Ciencias de la Tierra

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento y áreas de profundización.	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas	Semana	Semestre	
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- El alumno/a conocerá los temas de actualidad y frontera en los diferentes campos de conocimiento ofertados en la Maestría en Ciencias de la Tierra.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
	Estas actividades tratarán aspectos particulares de un determinado tema de actualidad de Ciencias de la Tierra Con la finalidad de fomentar la inclusión de temas en desarrollo o de reciente aparición. Estos cursos no contarán con temarios preestablecidos. Previo al inicio de cada semestre, los profesores/as interesados/as propondrán el temario del curso solicitado, el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Académico.	32	32
	Subtotales	32	32
	Total	64	

Estrategias didácticas	Evaluación del aprendizaje
-------------------------------	-----------------------------------

Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()

Estas podrán variar dependiendo del tema a abordar en el tema selecto.

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en áreas afines a los campos de conocimiento o áreas de profundización.
Haber publicado cuando menos una obra o artículo sobre el tema selecto a impartir.

Bibliografía básica

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el tema selecto.

Bibliografía complementaria

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el tema selecto.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Teoría de inversión geofísica

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Sismología Modelación matemática y computacional para las Ciencias de la Tierra	
Modalidad	Curso	Tipo	Teórico-Práctica	
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Estudiar los principales métodos matemáticos y numéricos para invertir datos geofísicos, como una herramienta en la interpretación y resolución de parámetros físicos que caracterizan el interior de la Tierra.

Objetivos particulares:

- Identificar los métodos de inversión geofísica de datos idóneos para interpretar y resolver parámetros físicos de procesos del interior de la Tierra.
- Aplicar la teoría de la inversión geofísica a espacios vectoriales.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Formulación del problema de inversión	4	4
	1.1 Inversión. 1.2 Inversión lineal. 1.3 Unicidad y no unicidad.		
2	Funciones de variables aleatorias	4	4
	2.1 Funciones de variables aleatorias. 2.2 Datos correlacionados. 2.3 Intervalos de confianza.		
3	El método unidimensional	4	4
	3.1 El método unidimensional. 3.2 Problemas sobre- y sub-determinados. 3.3 Estimadores de los parámetros del modelo.		
4	Inverso generalizado	5	5
	4.1 Inverso generalizado. 4.2 Matriz de resolución. 4.3 Matriz de covarianza. 4.4 Medidas de bondad de la resolución y covarianza. 4.5 El método de inversión de Backus-Gilbert. 4.6 Compromiso entre resolución y varianza.		
5	Máxima verosimilitud	5	5
	5.1 Máxima verosimilitud. 5.2 Solución del problema inverso. 5.3 Prueba de F para significancia del error. 5.4 El caso Gaussiano general.		
6	No unicidad y promedios localizados	5	5
	6.1 No unicidad y promedios localizados.		
7	Aplicaciones de espacios vectoriales	5	5
	7.1 Aplicaciones de espacios vectoriales. 7.2 Transformaciones de Householder. 7.3 El inverso generalizado y la descomposición singular. 7.4 Simplificación de restricciones de igualdad. 7.5 Restricciones de igualdad.		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras: ()	()

Perfil profesiográfico docente
Maestría o doctorado en temas afines al curso que se propone.

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - W, Menke, (1984). Geophysical data analysis: Discrete inverse Theory. Academic Press, Inc. 978-0-12-397160-9 - Draper, N., Smith, H., (1966). Applied regression analysis. Wiley. ISBN: 978-0-471-17082-2
Bibliografía complementaria
<ul style="list-style-type: none"> - Cassins, R, (1981). The solution of the inverse problem in geophysical interpretation, Plenum Press. Erice. Sicily, It. ISBN 0 306 40735 3 - Lawson, Ch., y Hanson, R.J., (1980). Solving least squares problems, Prentice Hall. ISBN-10 : 0898713560; ISBN-13: 978-0898713565



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Termocronología de baja temperatura

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Deformación de la litósfera	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 2	Teóricas: 32	
		Prácticas: 2	Prácticas: 32	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Entender los principios, los métodos y las aplicaciones de la termocronología de baja temperatura, una herramienta fundamental para estudiar y cuantificar los procesos que ocurren en la corteza superior en particular enterramiento y exhumación, así como procesos superficiales.

Objetivos particulares:

- Comprender los principales sistemas termocronológicos.
- Entender los métodos y aplicaciones de la termocronología.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas	
		Teóricas	Prácticas

1	Introducción	6	4
	1.1 Motivaciones e ilustración de problemas actuales 1.2 Decaimiento radiactivo y origen de los radioisótopos 1.3 Difusión y temperatura de cierre		
2	Sistemas termocronológicos de baja temperatura	12	14
	2.1 Métodos K-Ar y Ar-Ar 2.2 Métodos trazas de fisión 2.3 Métodos (U-Th-Sm)/He 2.4 Luminescencia estimulada térmicamente y ópticamente (OSL) 2.5 Métodos $4\text{He}/3\text{He}$ y por nucleídos cosmogénicos		
3	Estrategias e interpretación de los datos en diferentes contextos geodinámicos	14	14
	3.1 Modelado de los datos termocronológicos. 3.2 Modelación numérica 3D: Pecube 3.3 Determinar historias de exhumación: estrategias y problemáticas 3.4 Estrategias para la geología estructural 3.5 Termocronología detrítica		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en Termocronología			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Braun, J., Van der Beek, P., & Batt, G. (2006). Quantitative thermochronology: numerical methods for the interpretation of thermochronological data. Cambridge University Press. 258 p. - Reiners, P. W., & Ehlers, T. A. (Eds.). (2018). Low-Temperature Thermochronology: Techniques, Interpretations, and Applications. Reviews in mineralogy and geochemistry (Vol. 58). 622 p. - Reiners, P. W., Carlson, R. W., Renne, P. R., Cooper, K. M., Granger, D. E., McLean, N. M., Schoene, B. (Eds.). (2018) Geochronology and thermochronology: John Wiley and Sons, 480 p 	

Bibliografia complementaria
<ul style="list-style-type: none">- Aitken, MJ, 1998, An introduction to optical dating: the dating of Quaternary sediments by the use of photons stimulated luminescence: Oxford University press, 267 p.- Dunai, T.J. (2010) Cosmogenic Nuclides. Principles, Concepts and Applications in the Earth Surface Sciences. Cambridge University Press. 154 pp.- Hodges, K.V., 2003, Geochronology and Thermochronology in Orogenic Systems, in Holland, H.D. and Turekian, K.K. (Eds) Treatise on Geochemistry (The Crust), p. 263-292- Malusà, M.G., Fitzgerald, P.G. (2019) Fission-Track Thermochronology and its Applications to Geology. Springer. 393 pp.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Termodinámica aplicada a procesos geológicos

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización las áreas de profundización: Vulcanología Petrología ígnea y metamórfica Deformación de la litósfera Yacimientos geotérmicos Reología de materiales geológicos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna (x)
		Modelación geoquímica de fluidos hidrotermales	

Objetivo general:

- Introducir los conceptos teóricos básicos sobre los que se fundamenta la modelización termodinámica en geociencias.

Objetivos particulares:

- Comprender y utilizar los programas de cálculo termodinámico, haciendo hincapié en sus principales aplicaciones para resolver problemas geológicos.
- Obtener los conocimientos teóricos y las herramientas prácticas necesarias para emplear la modelización termodinámica como una herramienta útil en la resolución de procesos geológicos, ya sean geoquímicos y/o geodinámicos.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción a los modelos termodinámicos	4	0
	1.1 Historia y evolución 1.2 Programas para cálculo 1.3 Incertidumbre		
2	Fundamentos teóricos de termodinámica	20	0
	2.1 Variables termodinámicas y leyes 2.2 Sistemas homogéneos y heterogéneos 2.3 Modelos de solución sólida: formulación y tipos 2.4 Bases de datos y métodos computacionales		
3	Procesos geoquímicos y técnicas para obtención de datos	8	0
	3.1 Procesos magmáticos: Laboratorio de fluorescencia de Rayos-X 3.2 Procesos postmagmáticos: Laboratorio de microscopía óptica y microsonda electrónica 3.3 Procesos en sistemas acuáticos: Laboratorio de análisis de aguas		
4	Aplicaciones	0	32
	4.1. Paquete MELTS 4.1.1. Cristalización fraccionada de un magma 4.1.2. Fusión de una peridotita mantélicas 4.2. Perple_X y Thermo-Calc 4.2.1. Reacciones metamórficas y condiciones P-T (pseudosecciones y diagramas AFM) 4.2.2. Sistemas abiertos: fluidos metamórficos e hidrotermales (diagramas de fase Schreinemakers y proyecciones de potencial químico) 4.3. PHREEQC 4.3.1. Reacciones de equilibrio (Disolución y precipitación mineral) 4.3.2. Fraccionación isotópica 4.4. Problemas termodinámicos propuestos por los alumnos		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	(x)

	Otras	()
Perfil profesiográfico docente		
Doctorado en temas afines al curso que se propone.		

Bibliografía básica		
<ul style="list-style-type: none"> - Bethke, C. (1996) <i>Geochemical Reaction Modeling: Concepts and Applications</i>. Oxford University Press, 397 pp. - Cemic, L. (2005) <i>Thermodynamics in Mineral Sciences: An Introduction</i>. Springer. 386 p. - Connolly, J. (2005). Computation of phase equilibria by linear programming: a tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation. <i>Earth and Planetary Science Letters</i>, 236 (1), 524-541 pp. - Connolly, J. (2009). The geodynamic equation of state: what and how. <i>Geochemistry, Geophysics, Geosystems</i>, 10 (10), Q10014. - Drever, J.I. (1997). <i>The geochemistry of natural waters</i>. Prentice Hall, Third Edition, 436 pp. - Fraser, D. (1977). <i>Thermodynamics in Geology</i>. NATO Science Series: C. Kluwer Academic Publishers. 424 pp. - Ghiorso, M.S., Sack, R.O. (1995). Chemical mass transfer in magmatic processes IV. A revised and internally consistent thermodynamic model for the interpolation and extrapolation of liquid-solid equilibria in magmatic systems at elevated temperatures and pressures. <i>Contributions to Mineralogy and Petrology</i>, 119 (2-3), 197-212 pp. - Greenwood, H.J. (ed) (1977) <i>Short Course In Application of Thermodynamics to Petrology and Ore Deposits</i>. Mineralogical Association of Canada, 230 pp. - Glynn, P.D., Plummer, L.N. (2005). Geochemistry and the understanding of ground-water systems. <i>Hydrogeology Journal</i>, 13(1), 263-287 pp. - Holland, T., Powell, R. (1998). An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. <i>Journal of Metamorphic Geology</i>, 16 (3), 309-343 pp. - Kehew, A.E. (2001). <i>Applied chemical hydrogeology</i>. Prentice Hall, 368 pp. - Nordstrom, D.K. (2006) <i>Geochemical Thermodynamics</i>. Blackburn Press. 504 pp. - Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J. (2013). Description of input and examples for PHREEQC version 3: a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations (No. 6-A43). US Geological Survey, 504 pp. - Plummer, L.N., Parkhurst, D.L., Thorstenson, D.C. (1983). Development of reaction models for ground-water systems. <i>Geochimica et Cosmochimica Acta</i>, 47(4), 665-685 pp. - Spear, F.S. (1994) <i>Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths</i>. Monograph of the Mineralogical Society of America. 799 pp. - Wood, B.J. (1977). <i>Elementary Thermodynamics for Geologists</i>. Oxford University Press, 318 p. - Wood, B.J., Fraser, D. G. (1976). <i>Elementary Thermodynamics for Geologists</i>. Oxford University Press, 303 p. - Jiménez-Bernal, J., Gutiérrez-Torres, C. y Barbosa-Saldaña, J., 2014, <i>Termodinámica</i>. Grupo Editorial Patria, 512 p. 		
Bibliografía complementaria		
<ul style="list-style-type: none"> - Evans, K., Powell, R., Frost, B. (2013). Using equilibrium thermodynamics in the study of metasomatic alteration, illustrated by an application to serpentinites. <i>Lithos</i>, 168-169, 67-84 pp. - Gervilla, F., Padrón-Navarta, J.A., Kerestedjian, T., Sergeeva, I., González-Jiménez, J.M., Fanlo, I. (2012). Formation of ferrian chromite in podiform chromitites from the 		

Golyamo Kamenyane serpentinite, Eastern Rhodopes, SE Bulgaria: a two-stage process. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 164(4), 643-657 pp.

- Goncalves, P., Olliot, E., Marquer, D., Connolly, J. A. D. (2012). Role of chemical processes on shear zone formation: an example from the Grimsel metagranodiorite (Aar massif, Central Alps). *Journal of Metamorphic Geology*, 30(7), 703-722 pp.
- Jin, L., Siegel, D. I., Lutz, L. K., Mitchell, M. J., Dahms, D. E., Mayer, B. (2010). Calcite precipitation driven by the common ion effect during groundwater–surface-water mixing: A potentially common process in streams with geologic settings containing gypsum. *Geological Society of America Bulletin*, 122(7-8), 1027-1038 pp.
- Larrea, P., Galé, C., Ubide, T., Widom, E., Lago, M., França, Z. (2014). Magmatic Evolution of Graciosa (Azores, Portugal). *Journal of Petrology*, 55(11), 2125-2154 pp.
- Jennings, E. S., Holland, T. J. (2015). A simple thermodynamic model for melting of peridotite in the system NCFMASOCr. *Journal of Petrology*, egv020, 1-24 pp.
- Mahlkecht, J., Gárfias-Solis, J., Aravena, R., Tesch, R. (2006). Geochemical and isotopic investigations on groundwater residence time and flow in the Independence Basin, Mexico. *Journal of Hydrology*, 324(1), 283-300 pp.
- Perkins, D., Anthony, E. Y. (2011). The evolution of spinel lherzolite xenoliths and the nature of the mantle at Kilbourne Hole, New Mexico. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 162(6), 1139-1157 pp.
- Willner A.P., Tassinari, Colombo.C.G., Rodrigues, J.F., Acosta, J., Castroviejo, R., Miguel Rivera, M. (2014). Contrasting Ordovician high- and low-pressure metamorphism related to a microcontinent-arc collision in the Eastern Cordillera of Perú (Tarma province). *Journal of South American Earth Sciences*, 54, 71-81 pp.

Cibergrafia

<http://melts.ofm-research.org/>

<http://www.perplex.ethz.ch/>

http://wwwbrr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc/



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Termodinámica de la atmósfera

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los Campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Meteorología y oceanografía física Cambio climático y climatología física Física de nubes y aerosol atmosférico	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3.5	Teóricas: 56
			Prácticas: 0.5	Prácticas: 8
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x) Física del clima, o Física de nubes y precipitación	Ninguna ()

Objetivo general:

- Comprender las ideas y procesos fundamentales de la Termodinámica Clásica, en particular de los sistemas hidrostáticos, aplicados a la atmósfera.

Objetivos particulares:

- Entender la importancia de los procesos termodinámicos (isobáricos, isotérmicos, adiabáticos, isoentálpicos, etc.) y que dichos procesos pueden ser aplicados a la atmósfera.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teórica.	Prácticas
1	Revisión de conceptos generales 1.1 Sistemas y equilibrio termodinámicos. 1.2 Ecuación de estado de los gases. 1.3 Ley de Dalton y composición química de la atmósfera. 1.4 Ecuación de equilibrio hidrostático. 1.5 Primera Ley de la Termodinámica (energía interna, trabajo y calor). 1.6 Equivalente mecánico del calor y capacidad calorífica. 1.7 Entalpía y energía interna de los gases. 1.8 Procesos adiabáticos (Temperatura potencial). 1.9 Segunda Ley de la Termodinámica. 1.10 Ciclo de Carnot y entropía de los gases. 1.11 Ecuaciones fundamentales para sistemas homogéneos y heterogéneos (Sistemas abiertos y cerrados).	12	0
2	Sistemas atmosféricos 2.1 Aire seco. 2.2 Fases del agua y Ecuación de Clausius-Clapeyron. 2.3 Parámetros de humedad (humedad específica, temperatura virtual, razón de mezcla, humedad relativa, etc.). 2.4 Capacidad calorífica para el aire húmedo a presión y volumen constantes. 2.5 Energía interna, entalpía y entropía del aire húmedo y nubes.	10	0
3	Diagramas termodinámicos de la atmósfera (Termodiagramas) 3.1 Propiedades generales de un termodiagrama. 3.2 Ejemplos y aplicaciones de termodiagramas. 3.3 Prácticas de campo (radiosondeos, uso del psicrometro, etc.)	4	8
4	Procesos termodinámicos en la atmósfera 4.1 Enfriamiento isobárico: punto de rocío y condensación (niebla). 4.2 Procesos isoentálpicos: Temperaturas del bulbo húmedo y equivalente. 4.3 Mezcla horizontal. 4.4 Expansión y ascenso adiabático: Temperatura de saturación. 4.5 Procesos adiabáticos y pseudoadiabáticos. 4.6 Recapitulación de temperaturas y parámetros de humedad. 4.7 Mezcla vertical.	10	0
5	Estática atmosférica	4	0

	5.1 Campo geopotencial y ecuación hidrostática. 5.2 Gradiente térmico vertical.		
6	Estabilidad atmosférica 6.1 Criterios de estabilidad atmosférica (Método de la parcela). 6.2 Oscilación de capas estables. 6.3 Gradiente térmico vertical para aire seco, húmedo y saturado. 6.4 Trabajo realizado por fuerzas de flotabilidad y energía potencial convectiva. 6.5 Inestabilidad convectiva de una capa atmosférica. 6.6 Entrada y mezcla de aire seco.	10	0
7	Energía en la atmósfera 7.1 Energía interna y energía potencial. 7.2 Métodos de Margulles. 7.3 Energía potencial disponible.	6	0
Subtotales		56	8
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Seminarios	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Lecturas obligatorias	(x)	Participación en clase	(x)
Trabajo de Investigación	()	Seminario	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Participación en foros	()
Prácticas de campo	(x)	Portafolios electrónicos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Ensayos	(x)
Otras ()	()	Control de lecturas	()
		Videos	()
		Otras:	
		Reporte final del trabajo de investigación	(x)
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica
<ul style="list-style-type: none"> - Anastasios A. Tsonis, 2002. An introduction to atmospheric thermodynamics. Cambridge University Press, 171 pp. - Craig F Bohren and Bruce a. Albrecht, 1968. Atmospheric thermodynamics. Oxford University Press, Inc. 402 pp (BNA 015UGA). - Emanuel, K. A., 1991. The theory of hurricanes. Annu. Rev. Fluid Mech. 23, 179-196. - Fleagle, R.G. and J.A. Bussinger, 1963. Introduction to atmospheric physics. Academic Press. 346 pp.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Iribarne J. V. and W.L. Godson, 1981. Atmospheric thermodynamic. Second Edition. D. Reidel Publishing Co., 259 pp.- Judith A. Curry and Peter J. Webster, 1999. Thermodynamics of Atmospheres and Oceans. Academic Press., 471 pp.- Murry L. Salby, 1999. Fundamentals of atmospheric physics. Academic Press., 627 pp (QC861). |
|---|

Bibliografía complementaria

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Leopoldo García-Colin Scherer, 1976. Introducción a la termodinámica clásica. Editorial Trillas. 195 pp.- Byers, H.R., 1974. General Meteorology. 4th Edition Mc. Graw Hill, 461 pp. |
|---|



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Termodinámica Planetaria

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Ciencias planetarias	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)	Semana	Semestre	
		Teóricas: 4	Teóricas: 64	
		Prácticas: 0	Prácticas: 0	
		Total: 4	Total: 64	

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Comprender los procesos termodinámicos que ocurren en los cuerpos planetarios.

Objetivos particulares:

- Aplicar las leyes de la termodinámica a los cuerpos planetarios.
- Entender las fuentes de energía y los procesos de transferencia de la misma en los sistemas planetarios

Contenido temático

Unidad	Temas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	La energía en los procesos planetarios y la primera ley de la termodinámica	12	0

2	Fuentes de energía en los cuerpos planetarios	13	0
3	Procesos de transferencia de energía en cuerpos planetarios	13	0
4	La segunda y tercera leyes de la Termodinámica y los potenciales termodinámicos	13	0
5	Equilibrio químico. Usando la composición como una variable termodinámica	13	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en temas afines al curso que se propone.			
Publicaciones recientes en el tema del curso.			

Bibliografía básica	
<ul style="list-style-type: none"> - Patiño-Douce, A. (2011). Thermodynamics of the Earth and Planets. Cambridge University Press. - Ganguly, J., 2020, Thermodynamics in Earth and Planetary Sciences. Springer Nature, 610 p. - Pierrehumbert, Raymond T. Principles of planetary climate. Cambridge University Press, 2010. - Lissauer, Jack J., and Imke De Pater. Fundamental planetary science: physics, chemistry and habitability. Cambridge University Press, 2013. 	
Bibliografía complementaria	
<p>Artículos científicos recientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flamant, Cyrille, et al. "Airborne observations of the impact of a convective system on the planetary boundary layer thermodynamics and aerosol distribution in the inter-tropical discontinuity region of the West African monsoon." Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society: A journal of the atmospheric sciences, applied meteorology and physical oceanography 133.626 (2007): 1175-1189. - Sossi, Paolo A., and Bruce Fegley Jr. "Thermodynamics of element volatility and its application to planetary processes." Reviews in Mineralogy and Geochemistry 84.1 (2018): 393-459. - Journaux, Baptiste, et al. "Holistic approach for studying planetary hydrospheres: Gibbs representation of ices thermodynamics, elasticity, and the water phase diagram 	

to 2,300 MPa." *Journal of Geophysical Research: Planets* 125.1 (2020): e2019JE006176.

- Kraus, Richard G., et al. "Shock vaporization of silica and the thermodynamics of planetary impact events." *Journal of Geophysical Research: Planets* 117.E9 (2012).
- Lu, Xinli, and Susan W. Kieffer. "Thermodynamics and mass transport in multicomponent, multiphase H₂O systems of planetary interest." *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 37 (2009): 449-477.

Revistas electrónicas:

- *Planetary and Space Science*.
- *Physics of The Earth and Planetary Interiors*
- *Journal of Geophysical Research*



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Visión por computador para las geociencias: métodos clásicos y aprendizaje profundo

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento. Recomendada para las áreas de profundización: Geomática y percepción remota Procesamiento y análisis de datos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo	Horas:		
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64
Seriación				
Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)	
Objetivo general:				
<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar conocimientos teóricos y prácticos para procesar imágenes (fotográficas, de satélite, de microscopio, etc.) y vídeos, desde los métodos clásicos de visión por computador, hasta los métodos avanzados de inteligencia artificial. Los ejemplos se centrarán principalmente en las aplicaciones en las geociencias que intentan comprender los fenómenos naturales (vulcanología, observación de la tierra con teledetección por satélite, etc.). No obstante, los métodos que se enseñarán en el curso pueden utilizarse para cualquier aplicación que utilice imágenes/vídeos digitales, tanto en el ámbito de la investigación como en el de la industria. - Dominar las herramientas prácticas y teóricas para manipular y extraer información de las imágenes digitales. 				

Objetivos particulares:

- Aplicar tanto los métodos básicos de procesamiento de imágenes como los métodos avanzados de aprendizaje de máquinas.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción a Python and Jupyter	2	2
	1.1 Instalación del entorno de trabajo 1.2 Introducción al lenguaje Python para programadores		
2	Métodos clásicos de Visión por Computadora	14	14
	2.1 Fundamentos de las imágenes digitales		
	2.2 Filtración de imágenes		
	2.3 Morfología y segmentación de imágenes		
	2.4 Homography		
	2.5 Correlación de imágenes, flujo óptico, y 2.6 Features		
3	Métodos de aprendizaje automático (Machine Learning)	8	6
	3.1 Introducción al aprendizaje automático		
	3.2 Extracción de features (PCA)		
	3.3 Máquinas de vectores de apoyo (SVM) y kNN		
4	Métodos de aprendizaje profundo (Deep Learning)	8	6
	4.1 Redes neuronales (parte 1: introducción)		
	4.2 Redes neuronales (parte 2: MLP)		
	4.3 Redes neuronales (parte 3: CNN)		
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	()
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	()
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	(x)	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()
Perfil profesiográfico docente			
Doctorado en la temática del curso.			

Bibliografía básica

Computer Vision:

- Szeliski, R. (2021). Computer Vision: Algorithms and Applications, [second edition](<http://szeliski.org/Book/2ndEdition.htm>)

Machine Learning:

- Gareth, J., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R. (2013). An Introduction to Statistical Learning : with Applications in R. New York, Springer
- Deep Learning
- Chollet, F. (2017). Deep learning with Python. Manning Publications.
-
- Géron, A. (2019). Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems (2nd ed.). O'Reilly.
- Fernández, José Antonio Piedra. Aplicación de los sistemas neurodifusos a la interpretación automática de imágenes de satélite. Vol. 202. Universidad Almería, 2008.

Bibliografía complementaria

- Bishop, C. M. (2006). Pattern recognition and machine learning. Springer.
- Prince, S. J. (2012). Computer vision: models, learning, and inference. Cambridge University Press.
- Carniel, R., & Guzmán, S. R. (2020). Machine Learning in Volcanology: A Review. Volcanoes-Updates in Volcanology.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Vulcanología

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Vulcanología Petrología ígnea y metamórfica Geomagnetismo y paleomagnetismo Peligros y riesgos sísmicos y volcánicos Yacimientos geotérmicos	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico-Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	Teóricas: 48
			Prácticas: 1	Prácticas: 16
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Riesgos volcánicos, o Rocas piroclásticas, o Vulcanología de campo	

Objetivo general:

- Comprender los fundamentos de los procesos volcánicos, las geoformas que resultan de éstos y sus principales productos.

Objetivos particulares:

- Comprender los procesos físico-químicos de la generación de magma,
- Entender los tipos de actividad volcánica, tipos de volcanes y sus productos.
- Entender los métodos de monitoreo volcánico.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	2	0
	1.1 Historia de la vulcanología		
2	Vulcanismo y Tectónica de Placas	4	0
	2.1 Ambientes tectónicos (divergentes, convergentes, al interior de placas y transcurrentes) 2.2 Composición química de los productos volcánicos		
3	Propiedades de los magmas	4	0
	3.1 Composición 3.2 Volátiles 3.3 Temperatura, presión, densidad 3.4 Reología 3.5 Generación, ascenso y emplazamiento de magma		
4	Mecanismos eruptivos	4	2
	4.1 Fragmentación magmática 4.2 Fragmentación hidromagmática 4.3 Eyección y transporte del material piroclástico		
5	Tipos de Erupciones	4	0
	5.1 Magmáticas (Hawaiianas, Estrombolianas, Vulcanianas, Peleanas, Plinianas, subPlinianas, caldericas) 5.2 Hidromagmáticas (Surtseianas) 5.3 Freáticas e hidrotermales 5.4 Caldéricas		
6	Tipos de volcanes	4	2
	6.1 Monogenéticos (cono de escoria, escudos, maares, anillos, conos piroclásticos, domos) 6.2 Poligenéticos (estratovolcán, cono compuesto, calderas) 6.3 Diques, cuellos volcánicos, y otros tipos de intrusiones		
7	Lavas y Domos	8	0
	7.1 Parámetros físicos y morfológicos 7.2 Composición mineralógica y química 7.3 Tipos de lavas (AA, Pahoehoe, bloque, komatitas, carbonatitas) 7.4 Tipos de domos (exógeno, endógeno, etc.) 7.5 Tasas de emisión		
8	Productos piroclásticos	8	0
	8.1 Caida de tefra 8.2 Corrientes piroclásticas de densidad 8.3 Flujos piroclásticos 8.4 Oleadas piroclásticas 8.5 Piroclásticos intrusivos		
9	Productos volcaniclásticos	6	0
	9.1 Avalanchas de escombros 9.2 Lahares y fluviales		
10	Gases volcánicos y procesos hidrotermales	2	0
11	Monitoreo Volcánico		
	11.1 Sismología		

	11.2 Análisis de gases y agua 11.3 Deformación 11.4 Gravimetría 11.5 Percepción remota 11.6 Otras perspectivas	2	0
12	Prácticas de Campo		
	Dos prácticas de campo: Descripción de lavas en campo, cálculo de tasas de emisión y descripción petrográfica.	0	6
	Reconocimiento y descripción de los diferentes depósitos volcánicos y volcanoclásticos.	0	4
	Dos prácticas de laboratorio Granulometría y componentes y densidades	0	2
Subtotales		48	16
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	()	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	()	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	()	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	()	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	()
Lecturas obligatorias	()	Seminario	()
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	(x)
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Cas, R.A.F. and Wright, (1987) Volcanic successions. Modern and ancient. Allen & UNWIN, London, 528 p.
- Heiken, G.H., and Wohletz, K.H. (1987) Volcanic Ash. University of California, Press, Berkely, 246 p.
- Sigurdsson, H. (2015) The Encyclopedia of volcanoes. Academic Press, 1456 p.
- Lockwood, J.P. and Hazlett, R.W. (2010) Volcanoes, Global perspectives, Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 552 p.
- Macías-Vázquez, J. L., Capra-Pedol, L., 2004, Los volcanes y sus amenazas. Fondo De Cultura Económica, 159 p.

Bibliografía complementaria

- Fisher, R.V., and Schmincke, H.U. (1984) Pyroclastic Rocks. Springer-Verlag. Heidelberg, 472 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Vulcanología de Campo

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Vulcanología	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórico – Práctica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	Teóricas: 32
			Prácticas: 2	Prácticas: 32
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa (x)	Ninguna ()
		Vulcanología, o Rocas piroclásticas	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Adquirir las habilidades necesarias para la construcción de mapas geológicos en ambientes volcánicos.

Objetivos particulares:

- Entender las herramientas básicas de los sistemas de información geográfica usadas en el desarrollo de la construcción de mapas geológicos.
- Reconocer los diferentes tipos de morfologías de volcanes y sus depósitos asociados, dado tanto por erupciones efusivas, como para erupciones explosivas mediante el uso de los mapas bases e imágenes de satélites.
- Desarrollar capacidades en la descripción de los depósitos volcánicos y aprender a usar las diferentes herramientas en la correlación estratigráfica.

Contenido temático

Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Sistemas de información geográfica (SIG's) 1.1 Conceptos básicos de cartografía y referencia espacial desde los sistemas de información geográfica 1.2 Formatos de almacenamientos de datos espaciales 1.3 Adquisición o descarga de mapas base e imágenes de satélite 1.4 Generación de imágenes fusionadas 1.5 Diseño de cartografía básica 1.6 Procesamiento de imágenes satelitales 1.7 Representación de la información vectorial	10	0
2	Preparación de la cartografía geológica - volcánica 2.1 Morfologías asociadas a sistemas volcánicos 2.2 Interpretación y análisis de morfologías asociadas a depósitos de erupciones efusivas 2.3 Interpretación y análisis de morfologías asociadas a depósitos de erupciones explosivas 2.4 Cálculo de área, volumen y tasas de emisión de las erupciones	10	0
3	Estratigrafía volcánica 3.1 Síntesis de los depósitos volcánicos 3.2 Descripción de los depósitos volcánicos 3.3 Métodos de fechamientos y edad absoluta 3.4 Secciones estratigráficas y correlación estratigráfica 3.5 Perfil geológico	12	0
4	Trabajo de campo 4.1 Posicionamiento con mapa base, brújula y gps 4.2 Levantamiento estratigráfico y descripción de afloramientos 4.3 Muestreo 4.4 Correlación estratigráfica y cartografía geológica 4.5 Laboratorio y procesado de muestras (análisis de partículas gruesas y finas, petrografía, etc.)	0	32
Subtotales		32	32
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	()	Exámenes Parciales	(x)
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	(x)
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	(x)	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	()	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	(x)	Ensayos	()
Aprendizaje colaborativo	(x)	Control de lecturas	(x)
Otras ()	()	Videos	()
		Otras	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en el tema que se propone. Experiencia en cartografía geológica en áreas volcánicas. Publicaciones en el tema del curso.
--

Bibliografía básica

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Branney MJ, Kokelaar P, 2002. Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrite. Published by the Geological Society.- Coe A-L, 2010. Geological field techniques. Wiley-Blackwell- Fisher RV, Schmincke HU, 1984. Pyroclastic rocks. Springer-Verlag Berlin- Sigurdsson H, 2000. Encyclopedia of volcanoes. Academic press 2da. Edition- Schmincke H-U, 2004. Volcanism. Springer-Verlag Berlin Heidelberg- Stow DAV, 2005. Sedimentary rocks in the field, A colour guide. Manson Publishing- McPhie J, Doyle M, Allen R, 1993. Volcanic textures, A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. University of Tasmania |
|---|

Bibliografía complementaria

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Felicísimo AM, 1994. Modelos digitales del terreno, introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales.- Reyes Ibarra MA, Hernández-Navarro A, 2009. Tratamiento de errores en levantamientos topográficos. 2da ed. México, INEGI- van Zuidam RA, 1979. ITC Textbook of photo-interpretation Volume VII. Use of aerial detection in geomorphology and geographical landscape analysis. Terrain analysis and classification using aerial photographs. International Institute for aerial survey and Earth Sciences |
|--|



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra
Plan de Estudios de Maestría en Ciencias de la Tierra

Sistema Escolarizado: Modalidad Presencial
Programa de estudios de la actividad académica

Yacimientos minerales

Clave	Semestre 1 o 2	Créditos 8	Campo de conocimiento y área de profundización Todos los campos de conocimiento Recomendada para las áreas de profundización: Yacimientos minerales	
Modalidad	Curso		Tipo	Teórica
Carácter	Optativo		Horas:	
Duración	16 semanas (semestre)		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Seriación

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ()	Indicativa ()	Ninguna (x)

Objetivo general:

- Adquirir una visión general sobre los diversos mecanismos que originan los yacimientos minerales relacionándolos a los procesos y a los contextos geotectónicos que los enmarcan.
- Estudiar las diversas tipologías de yacimientos minerales ordenadas y enmarcadas en el entorno tectónico donde son particularmente características.

Objetivos particulares:

- Caracterizar los fenómenos geológicos responsables de la generación de yacimientos minerales en función de cada ámbito general.
- Caracterizar los principales modelos genéticos a nivel global, con especial atención a los presentes en México.
- Generar una pauta de observación y caracterización de aspectos clave en la caracterización de yacimientos minerales y su génesis.

Contenido temático			
Unidad	Temas y Subtemas	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	3	0
	1.1 Definición de depósito mineral. Conceptos básicos (geológicos y económicos) 1.2 Principales procesos que originan yacimientos minerales 1.3 Aspectos económicos de los Yacimientos Minerales (Geología Económica)		
2	Tectónica de placas y yacimientos minerales	5	0
	2.1 Antecedentes de la Tectónica de Placas 2.2 Importancia de la teoría de la Tectónica de Placas 2.3 Conceptos básicos: Estructura interna de la Tierra; litosfera-astenosfera; plumas del manto 2.4 Fundamentos de la Tectónica de Placas 2.5 Los límites de placa 2.6 El Ciclo de Wilson		
3	Provincias y épocas metalogenéticas	5	0
	3.1 Distribución espacial y temporal de los yacimientos minerales 3.2 Metalotectos 3.3 Control tectónico de la distribución de los yacimientos minerales 3.4 Procesos anorogénicos y magmatismo intracontinental 3.5 Magmatismo en zonas de intraplaca e intracontinental 3.6 Metalogenia de zonas anorogénicas 3.7 Los contextos extensionales 3.8 Estadios de rifting continental 3.9 Generalidades sobre la metalogenia de México		
4	Clasificación de yacimientos minerales según su origen	4	0
	4.1 Procesos (orto)magmáticos 4.2 Procesos magmático-hidrotermales (subaéreos y submarinos) 4.3 Procesos metamórficos 4.4 Procesos sedimentario-diagenéticos 4.5 Procesos exógenos y supergénicos		
5	Depósitos ortomagmáticos	4	0
	5.1 Modelos magmáticos de generación de yacimientos minerales 5.2 Depósitos estratiformes de cromita 5.3 Depósitos ofiolíticos de cromita 5.4 Depósitos de sulfuros magmáticos		
6	Depósitos epitermales	6	0
	6.1 Concepto 6.2 Generalidades 6.3 Mineralogía 6.4 Controles de emplazamiento 6.5 Tipos de depósitos epitermales 6.6 Relación con otras tipologías		

	6.7 Fluidos mineralizantes 6.8 Mecanismos de precipitación mineral 6.9 Bibliografía comentada		
7	Depósitos metalíferos en pórfidos 7.1 Concepto 7.2 Generalidades 7.3 Mineralogía 7.4 Tipos de alteración 7.5 Evolución 7.6 Fluidos mineralizantes 7.7 Mecanismos de precipitación mineral 7.8 Bibliografía comentada	6	0
8	Depósitos magmático-hidrotermales de óxidos de hierro ("clan" iocg) 8.1 Concepto 8.2 Generalidades 8.3 Mineralogía y alteración hidrotermal 8.4 Tipología 8.5 Evolución 8.6 Fluidos mineralizantes 8.7 Mecanismos de precipitación mineral 8.8 Bibliografía comentada	6	0
9	Depósitos volcanogénicos de sulfuros masivos (VMS) 9.1 Introducción 9.2 Contexto geotectónico 9.3 Ambiente de formación 9.4 Mineralogía y alteración 9.5 Tipología 9.6 Modelo actualístico 9.7 Analogías con otras tipologías 9.8 Ejemplos 9.9 Bibliografía comentada	5	0
10	Depósitos sedimentario-exhalativos (SEDEX) 10.1 Concepto 10.2 Contexto geotectónico 10.3 Rocas encajonantes y características de la cuenca 10.4 Morfología de los depósitos 10.5 Génesis 10.6 Tipos de deformación 10.7 Distribución 10.8 Analogías con otras tipologías 10.9 Bibliografía comentada	5	0
11	Gossan y enriquecimiento supergénico 11.1 Concepto 11.2 Procesos de formación 11.3 Estructura 11.4 Mineralogía 11.5 Texturas 11.6 Ejemplos 11.7 Bibliografía comentada	5	0
12	Depósitos residuales: lateritas y bauxitas	3	0

	12.1 Depósitos residuales: lateritas y bauxitas 12.2 Los depósitos residuales 12.3 Lateritas 12.4 Bauxitas 12.5 Bibliografía		
13	Placeres 13.1 Concepto - 13.2 Clasificación - 13.3 Morfología de las partículas - 13.4 Placeres fósiles - 13.5 Bibliografía	3	0
14	Temas selectos presentados por alumno/as (a elegir por parte de cada alumno/a) 14.1 Skarns 14.2 Depósitos orogénicos de oro 14.3 Depósitos tipo Carlin 14.4 Depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) 14.5 Depósitos estratoligados de Cu y U en lechos rojos 14.6 Tipologías de depósitos de estaño 14.7 Pegmatitas	4	0
Subtotales		64	0
Total		64	

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición oral	(x)	Rúbricas	()
Exposición audiovisual	(x)	Exámenes Parciales	()
Ejercicios dentro de clase	(x)	Examen final escrito	()
Ejercicios fuera del aula	(x)	Trabajos y tareas fuera del aula	(x)
Estudios de caso	(x)	Exposición de seminarios por los alumnos	(x)
Aprendizaje basado en problemas	()	Participación en clase	(x)
Lecturas obligatorias	(x)	Seminario	(x)
Trabajo de Investigación	(x)	Participación en foros	()
Prácticas de taller o laboratorio	()	Portafolios electrónicos	()
Prácticas de campo	()	Ensayos	(x)
Aprendizaje colaborativo	()	Control de lecturas	()
Otras (especificar)	()	Videos	()
		Otras: (Elaboración de infografías)	()

Perfil profesiográfico docente

Doctorado en temas afines al curso que se propone.
Experto en alguna de las siguientes líneas de investigación: Yacimientos minerales, Metalogenia.
Publicaciones recientes en el tema del curso.

Bibliografía básica

- Guilbert, J.M., Park, C.F., 1986. The geology of ore deposits. Freeman, 984 p.
- Hedenquist, J.W., Thompson, J.F.H., Goldfarb, R.J., Richards, J.P., 2005. Economic Geology 100th Anniversary Volume (1905-2005). Society of Economic Geologists, 1136 p.
- Jébrak, M., Marcoux, É., 2008. Géologie des ressources minérales. Gouvernement du Québec, 667 p.
- Laznicka, P., 2006. Giant metallic deposits. Springer, 732 p.

- Neukirchen, F., Ries, G., 2020. The world of mineral deposits. Springer, 371 p.
- Pirajno, F., 2009. Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Springer, 1241 p.
- Pohl, W.L., 2011. Economic Geology. Principles and Practice. Wiley-Blackwell, 663 p.
- Robb, L., 2005. Introduction to ore-forming processes. Blackwell, 373 p.
- Sawkins, F.J., 1990. Metal deposits in relation to plate tectonics, 5th edition. Springer, 461 p.
- Skinner, B.J. (ed.), 1980. Economic Geology, 75th Anniversary Volume (1905-1980). Society of Economic Geologists, 964 p.
- Taylor, R., 2009. Ore Textures. Recognition and Interpretation. Springer, 288 p.
- Miquel, Canet, et al., 2013, Yacimientos minerales: los tesoros de la Tierra. Fondo de Cultura Economica, 232 p..

Bibliografía complementaria

- Blundell, D.J., Neubauer, F., von Quadt, A., 2002. The timing and location of major ore deposits in an evolving orogen. Geological Society, London, Special Publications, v. 204, 358 p.
- Clark, K.F., Salas-Pizá, G.A., Cubillas-Estrada, R., 2009. Geología económica de México. Servicio Geológico Mexicano-AIMMGM, 953 p.
- Colpron, M., Bissig, T., Rusk, B.G., Thompson, J.F.H. (eds.), 2013. Tectonics, Metallogeny, and Discovery: The North American Cordillera and Similar Accretionary Settings. Society of Economic Geologists, Special Publication, v. 17, 413 p.
- Melgarejo, J.C., 1997. Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada. Edicions Universitat de Barcelona, 1076 p.
- Misra, K.C., 1999. Understanding mineral deposits. Kluwer, 845 p.
- Ramdohr, P., 1969. The ore minerals and their intergrowths. Pergamon, 1174 p.
- Roberts, R.G., Sheahan, P.A., 1988. Ore deposit models. Geoscience Canada, Reprint Series, v. 3, 194 p.
- Sial, A.N., Bettencourt, J.S., De Campos, C.P., Ferreira, V.P., 2011. Granite-Related Ore Deposits. Geological Society, London, Special Publications, v. 350, 192 p.

+ Libros de las series Reviews in Economic Geology y SEG Special Papers, de la Society of Economic Geologists.

Revistas científicas: Ore Geology Reviews, Economic Geology, Mineralium Deposita.