

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Propuesta presentada por el
Posgrado en Dinámica no Lineal y Sistemas Complejos

Datos de contacto: Dr. Felipe Humberto Contreras Alcalá

5488-6661 ext.15107

Felipe.Contreras [arroba] uacm.edu.mx

Revisiones:

Versión original: marzo de 2012

Externas: Mayo 2012

Internas: Junio 2012

1. Área y subárea del conocimiento que abordará el programa.

Por su naturaleza inter y transdisciplinaria (véase el apartado titulado “La interdisciplina” en este documento, infra), este programa atraviesa varias áreas del conocimiento propuestas en la convocatoria, a saber:

ÁREA1: Tecnologías urbanas (vialidades y tránsito vehicular), ingeniería del agua (red hidráulica, soluciones sustentables y autosuficientes), sociocomplejidad y simulación computacional de dinámicas sociales, dinámica de la economía y los mercados financieros

ÁREA2: Biotecnología, ecología urbana, medio ambiente y salud (dinámica de las enfermedades complejas y condicionantes sociales de la salud), morfogénesis y evolución biológicas, biología teórica, genómica computacional y reconocimiento de patrones; epidemiología, inmunología y ecología matemáticas

ÁREA 4: Modelos de formación de opinión, políticas públicas (presupuestos participativos), socialización del conocimiento científico y tecnológico (difusión de las ciencias de la complejidad)

ÁREA 6: Comunicación y sociedad (dinámica de las enfermedades complejas y condicionantes sociales de la salud), modelos de propagación cultural

2. Nombre completo del programa académico.

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

3. Nivel de educación del programa académico (licenciatura, maestría, doctorado).

MAESTRÍA

4. Modalidad del programa (únicamente aplica en el caso de posgrados).

PRESENCIAL

5. Fundamentación.

El plan de estudios de la Maestría en Ciencias de la Complejidad (MCC) que se presenta en este documento es una actualización del de la Maestría en Dinámica no Lineal y Sistemas Complejos (MDNLYSC) que ofrece actualmente la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM). Si bien los antecedentes se describen con detalle en las siguientes secciones, importa destacar que el de la MDNLYSC es un programa pionero en América Latina y que la mayor aportación de este nuevo plan es que, sobre la base de aquél, se ha diseñado especialmente para ofrecer formación de posgrado en ciencias de la complejidad a profesionistas e investigadores de muy distintas áreas del conocimiento y no sólo a quienes poseen los conocimientos del currículo matemático de las licenciaturas en ciencias físico-matemáticas o afines. Aunque actualmente hay varios centros de investigación y estudio sobre complejidad en Latinoamérica, con base en la información localizada en la red, la MCC sigue siendo pionera como programa

académico dedicado al tema, y con el propósito de incorporar a estudiantes provenientes de áreas no tan matematizadas.

Justificación

Las ciencias de la complejidad han surgido en los últimos veinticinco o treinta años como herramienta para entender procesos cuyo estudio no puede reducirse al de sus componentes. Como ya se ha expuesto, su desarrollo ha dado lugar a la constitución de grupos de trabajo en los grandes centros de investigación del mundo que aplican la teoría de los sistemas complejos a la búsqueda de soluciones en muy distintos campos del conocimiento. En particular, sus avances en relación con el estudio de lo biológico y lo social -en donde es posible reconocer propiedades que emergen merced a la acción colectiva de muchas componentes relativamente indiferenciadas, modelarlas matemáticamente o simularlas computacionalmente- ha propiciado el interés de los estudiosos que hallan, en este nuevo instrumental para el pensamiento, recursos de investigación novedosos y sugestivos.

Así, las ciencias de la complejidad son un espacio para el trabajo interdisciplinario; un lugar de encuentro donde se tiene la posibilidad de conjuntar el interés de estudiosos de la vida, lo social y lo humano, en sus distintos niveles de organización, con técnicos y científicos cuyo lenguaje y método de investigación fundamental es la matemática; en este espacio, el diálogo y la colaboración de los dos grupos es fundamental: el segundo grupo aporta su capacidad para comprender y aplicar el análisis matemático de los sistemas dinámicos no lineales, soporte de la teoría de los sistemas complejos; el primero, juzga la pertinencia de las propuestas teóricas sobre la base de su conocimiento del campo en que se quiere aplicarlas y realimenta la búsqueda conjunta.

Por el vigor con que se desarrollan las ciencias de la complejidad en el mundo, por las posibilidades que ofrecen para buscar soluciones a los ingentes problemas de la Ciudad de México y del país, es preciso impulsar la formación de investigadores y de profesionistas capaces de incorporar sus conceptos, métodos y resultados en sus campos de trabajo.

Esta necesidad se manifiesta en la demanda de ingreso a la Maestría en Dinámica no Lineal y Sistemas Complejos, (programa antecedente del que se presenta aquí) de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México: además de los solicitantes con formación en física, matemáticas, ciencias de la computación y carreras afines -cuyas solicitudes han constituido grosso modo el 50% de las que se presentan-, se registra un número creciente de solicitudes de ingreso de aspirantes que tienen licenciaturas en las áreas económico y administrativas, biológicas y de la salud o sociales y humanísticas.

Uno de los propósitos esenciales de esta propuesta es atender la demanda educativa de profesionistas de distintos campos para formarse en ciencias de la complejidad; esta demanda se ha generado al producirse la abundante literatura técnica y de divulgación en la que se informa de las posibilidades de aplicación de la teoría de los sistemas complejos construida sobre la base de la matemática de los sistemas dinámicos no lineales.

Este interés dio lugar a lo largo de los años a un gran número de solicitudes de ingreso de aspirantes con licenciatura con planes de estudio cuyos contenidos matemáticos son ajenos a los que se requerirían para satisfacer el único perfil de ingreso que había en el programa de la MDNLYSC, antecesor de éste. Ese perfil sólo podía ser satisfecho, en general, por egresados de escuelas o facultades de física y matemáticas y, en el nuevo programa, se plantea como el necesario para cursar la orientación A.

Al abrirse la primera convocatoria de ingreso de la MDNLYSC (en abril de 2003), se ofrecieron cursos propedéuticos de álgebra superior, álgebra lineal, cálculo diferencial e integral de una y varias variables, nociones de análisis matemático y ecuaciones diferenciales ordinarias a cuarenta y cinco aspirantes de los cuales sólo dos concluyeron la maestría y obtuvieron el grado. Esto exigió un esfuerzo sostenido de casi cuatro semestres y los resultados fueron muy pobres.

Esta experiencia fue fundamental para que, en el nuevo plan, se optara por ofrecer, además de la ya existente, una formación en ciencias de la complejidad orientada a la comprensión de las categorías del pensamiento complejo (no linealidad, autoorganización hacia la zona crítica, transiciones de fase, propiedades emergentes, fractalidad, caos, etcétera) y la aplicación de las herramientas matemáticas propias de la teoría de los sistemas complejos sobre la base de la colaboración entre especialistas del área fisicomatemática y los estudiosos de los procesos biológicos y sociales. En esta orientación, los estudiantes tienen la oportunidad de contrastar su formación de licenciatura y de echar mano de los recursos propios de sus disciplinas (teorías, lenguaje, metodologías) para construir aquellas categorías del pensamiento complejo en el contexto de los problemas de su interés. Para hacerlo, no es indispensable que dominen las representaciones matemáticas sino que sean capaces de identificar y evaluar críticamente cómo se incorpora su propio conocimiento de los procesos en los modelos dinámicos y cómo éstos constituyen una herramienta para repensar tales procesos y cómo la matemática provee un método de investigación para aproximarse a ellos. Esto, desde luego, no se lograría si los contenidos de las asignaturas de las líneas curriculares de sistemas dinámicos y sistemas complejos fueran sólo informativos.

Por otro lado, durante años, los académicos involucrados en la elaboración de este programa y de su antecesor, tanto los adscritos a la UACM como los coadyuvantes de la UNAM, han estado involucrados en experiencias de asesoría y colaboración con investigadores y profesionistas de las humanidades y de las ciencias biológicas y de la salud, políticas y sociales y económico-administrativas; entre 2006 y 2011, ofrecieron tres diplomados de introducción a los sistemas complejos para científicos sociales y humanistas; el último, orientado a abordar problemáticas específicas de la Ciudad de México.

En todos los casos, se ha optado por tratar de sentar las bases para la comprensión del sentido de la modelación matemática sin pretender que los participantes desarrollen o manejen los formalismos; en el último, incluso, los interesados aprendieron a utilizar software para análisis de redes y simulación de dinámicas basadas en agentes. Estas experiencias han sido consideradas al desarrollar el plan de estudios de la orientación B y han permitido establecer talleres de construcción interdisciplinaria en torno a proyectos específicos.

Conviene insistir en la fecundidad de este procedimiento por que provee una ruta natural para la colaboración académica y el crecimiento tanto de la teoría de los sistemas complejos como de sus aplicaciones. Conviene destacar que, en la mayoría de los casos, la formación matemática de quienes han obtenido los diplomas y elaborado anteproyectos de investigación ha sido la que se establece en el perfil de ingreso de la orientación B.

Con base en lo anterior, en este programa, los objetivos y, consecuentemente, los contenidos relacionados con sistemas dinámicos y sistemas complejos son necesariamente distintos para cada perfil: los de la orientación B implican que los estudiantes desarrollen las capacidades básicas para poder echar a andar proyectos interdisciplinarios con el enfoque de los sistemas complejos; en particular, que

1. se apropien de los elementos del lenguaje de los sistemas dinámicos como base para la comprensión de las representaciones matemáticas que habrán de construir con ellos quienes posean las habilidades de formalización necesarias.
2. sean capaces de utilizar e interpretar adecuadamente los resultados del uso de software para el análisis de redes, la solución numérica de sistemas dinámicos continuos o discretos, la modelación basada en agentes, etcétera.

Finalmente, puesto que se aspira al desarrollo de proyectos interdisciplinarios, las líneas de investigación son comunes: la diferencia estriba en la naturaleza de las contribuciones de los tesisistas.

Para atender estos retos y debilidades, en esta revisión del plan de estudios:

- 1) Se establecen perfiles de ingreso diferenciados según la licenciatura de origen;
- 2) En consecuencia, se adecua el perfil del egresado;
- 3) Se presentan dos orientaciones curriculares diseñadas para cada perfil:
 - a) La A, para estudiantes con licenciatura en el área físico-matemática;
 - b) La B, para estudiantes con licenciatura en las áreas químico-biológicas y de la salud, económico y administrativas o sociales y humanísticas.
- 4) Se eliminan los propedéuticos y el programa se adapta a 2 años de duración.

Los mapas curriculares se han revisado y organizado en tres líneas: la de Ciencia y Sociedad es un tronco común mientras que los contenidos de las otras dos están orientados por las características particulares del perfil de egreso de cada orientación.

Fundamentación

En primera instancia, es preciso referir la fundamentación de este programa a los propósitos institucionales descritos en la *Exposición de motivos de la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México* que constituyen la base de su proyecto educativo. En ella se manifiesta el propósito de ejercer la autonomía para servir a la gente e identifica esto con la garantía de que la comunidad académica pueda reflexionar sobre la realidad de manera crítica, analítica e inteligente para generar conocimientos y referentes de pensamiento científico y humanístico que

contribuyan al desarrollo de la sociedad.

Lograr lo anterior implica superar la tendencia de aproximarse a los problemas desde perspectivas estrechamente disciplinarias; en relación con esto, la Ley refiere que desde sus orígenes, la idea de la universidad se ha nutrido por la aspiración de comprender la realidad y esto implica reconocerla como unidad y empeñarse en unir lo diverso.

Así, las instituciones universitarias son espacios donde se busca “fundir la diversidad con la unidad” y han producido “enormes avances tanto en la ciencia como en las humanidades”. Empero:

Contraria a esta aspiración de unir lo diverso es la tendencia a separar, a especializar, a disgregar. Esta tendencia ha aportado, igualmente, resultados útiles en el campo del conocimiento y la cultura, sin embargo también ha evidenciado sus debilidades. Una de ellas es la tendencia de los especialistas a ignorar o minusvaluar todo aquello que no pertenece a la especialidad propia, y a desarrollar la incapacidad de comprender no sólo otros campos de especialización, sino también la necesaria interdependencia y unidad de todos los campos de conocimiento. Como resultado de estas actitudes, el especialista tiende a otorgar un valor absoluto a sus conocimientos especializados e, incluso, a pretender abarcar con sus conocimientos parciales la realidad total. Esto es lo que se ha denominado especialismo, y que hace décadas fue señalado por Ortega y Gasset como un grave peligro para la cultura y la humanidad.

Entonces, las aportaciones de los universitarios a la solución de los problemas de la gente deben resultar de un esfuerzo sostenido por “superar los límites de toda especialidad” de manera que los conocimientos especializados se integren “en planteamientos científicos y de amplia perspectiva cultural”. Por ello, el programa de la maestría se concibe como un espacio de formación en el cual es posible lograr la integración que demanda la Ley para contribuir a la solución de problemas específicos de nuestro tiempo y nuestra Ciudad.

El problema de los valores

La sabiduría y el conocimiento son productos sociales y forman parte de la riqueza del género humano; en la sociedad de nuestros días, ni los saberes tradicionales ni los avances científicos son adecuadamente valorados y se suele alimentar con ellos distintas formas de pensamiento mágico o usarlos para la manipulación y el engaño. Los fundamentos de la ciencia -que permitirían discernir y juzgar lo que se presenta como verdadero- no están al alcance de todos y la ignorancia cubre como un velo espeso a la sociedad y anula en mucho sus posibilidades de crítica.

La ciencia ha sido un instrumento de liberación de los seres humanos contra la superstición y la ignorancia; en muchos sentidos, sus avances han contribuido a mejorar la calidad de vida de los pueblos y la vocación de quienes se dedican a ella podría implicar un afán altruista. Sin embargo, la tradición en la que se suele formar a científicos y técnicos es, casi siempre, ajena a consideraciones éticas o políticas y el compromiso con la sociedad se relega o se pierde; además, en general, conforme los estudiosos se especializan, su visión del mundo se estrecha

más y más.

En términos generales, el sistema de educación tradicional reproduce una visión fragmentaria del conocimiento, descontextualizada histórica y socialmente; además, la tendencia pragmática y utilitaria que induce, en la educación superior, a la especialización prematura o la maquila de profesionales adecuados para satisfacer necesidades del mercado de trabajo, obstaculiza la integración de conocimientos y, con ello, las posibilidades de reflexión acerca del papel que le corresponde a quien genera, aplica o reproduce el conocimiento en nuestra sociedad.

Todo esto implica actitudes y concepciones en la práctica profesional de quienes se han formado en ese sistema y es necesario tomarlas en cuenta para poder, en última instancia, evaluarlas críticamente porque, al cabo, pueden ser raíces de la indiferencia frente a las consecuencias éticas, políticas y sociales del propio trabajo.

La maestría tiene el propósito de propiciar la educación de profesionales conscientes de los valores reproducidos en la formación que recibieron y de la posibilidad de superar las limitaciones asociadas con esos valores. Por esto, los planes de la Maestría integran el estudio de los sistemas dinámicos no lineales con el de los sistemas complejos y la temática de ciencia y sociedad que se convierte en el articulador curricular del programa.

Obsolescencia y cambio rápido

Otro aspecto fundamental que ha de tomarse en cuenta en la perspectiva de formar profesionales capaces de recuperar para la sociedad los beneficios de su trabajo, es el de la rapidez creciente con que se genera nuevo conocimiento.

En nuestros días, el cambio en todos los órdenes de la vida es más rápido que nunca antes; en lo relativo a aplicaciones del conocimiento hay una altísima tasa de obsolescencia -piénsese, por ejemplo, en la vida útil de un programa de computadora- mientras la cantidad de información disponible crece exponencialmente día a día y los nodos en la red electrónica mundial, espacio de difusión académica, humanística, técnica y científica inimaginable hace cincuenta años, se multiplican con rapidez similar.

Según el científico británico C. H. Waddington, hacia 1960 -en el proceso de cambio social cada vez más rápido que siguió a la Segunda Guerra Mundial- las revistas científicas publicaban casi un millón de artículos anualmente de manera que la información especializada ya era, entonces, absolutamente inabarcable; es evidente que ningún ser humano puede apropiarse de tal cantidad de resultados y esto fortalece la tendencia a la fragmentación del conocimiento y la *superespecialización*.

Sin embargo, los avances tecnológicos de los últimos veinte años abren la posibilidad de aprovechar la red internacional de comunicación electrónica y el acceso generalizado a la información. Esto requiere una estrategia adecuada para contrarrestar la obsolescencia y saber estar al día a pesar de la aceleración, positiva y creciente, con la que el conocimiento “de punta” se va sustituyendo todos los días. El mismo Waddington proponía las siguientes medidas educativas

para atender este:

[...] Presumiblemente, la solución consiste en: (a) enseñar principios generales que se hagan obsoletos sólo muy lentamente; (b) enseñar métodos de investigación que permitan encontrar información factual actualizada, rápida y correctamente, para poner carne sobre la osamenta de los principios generales cuando sea necesario, a fin de (c) aplicar métodos de clasificación de la información que permitan categorizar y establecer jerarquías de manera que los asuntos importantes para un contexto particular puedan destacarse rápidamente y (d) inculcar el deseo de continuar autoeducándose luego de que el periodo de educación formal haya terminado.

En la maestría se trata de poner en práctica una educación basada en estos principios, apoyada en las facilidades de acceso y procesamiento de la información de nuestros días para que sus egresados puedan ser verdaderos agentes de transformación del mundo; conscientes de su papel como científicos o profesionales humanistas, aptos para desarrollar y ejercer su capacidad creadora.

La interdisciplina

Desde la década de los setenta del siglo pasado, al tiempo que Waddington compendia las nuevas herramientas para el pensamiento, en México se trató de atender los problemas generados por la especialización prematura y la fragmentación del conocimiento con proyectos educativos innovadores como el del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM y el plan modular del Plantel Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-X). De manera sucinta, puede decirse que sus esfuerzos se orientaron primordialmente a tratar de construir ahí lugares de formación crítica e integradora y la evaluación de los resultados está fuera del alcance y los propósitos de este documento.

La construcción de espacios donde “fundir la diversidad en la unidad” requiere de un entramado práctico, conceptual, metodológico y cultural sobre el cual los futuros profesionistas desarrollen capacidades para la comunicación y el trabajo con especialistas de otras ramas; aumentar el caudal y la variedad de información que “se deposita en los estudiantes” o “se les enseña” en la escuela -información muchas veces fuera de contexto, sobre la base de creer que alguna vez les será útil según el modelo de la llamada “educación bancaria”- no propicia el desarrollo de esas capacidades. Si acaso, las tendencias dominantes en la educación superior en México siguen esta pauta y la brecha entre las ciencias naturales y las humanidades, por un lado y las ciencias sociales, en otro, no se ha cerrado mientras persisten las dificultades en la colaboración para atender problemas de interés común.

Entonces, importa superar la idea de que la educación es un proceso en el que la actividad fundamental es lo que enseñan los profesores o las instancias académicas institucionales y desplazar esa importancia a lo que se aprende. Esto implica enfocar la atención de los estudiantes y los maestros hacia sus propios procesos de construcción de conocimiento, desarrollo de capacidades y práctica de nuevas actitudes y habilidades. Así, además, se contribuye a evitar la

dicotomía entre “quienes saben” y “quienes aprenden” para transitar hacia la identificación de alumnos y académicos como coprotagonistas de la acción de educar.

En la medida en que cada quien se descubre capaz de compartir lo aprendido, se da una mejor disposición y se tienen más herramientas para colaborar con los demás. Por el contrario, la interdisciplina por decreto es inútil y es contraproducente multiplicar las asignaturas o sobrecargar los contenidos temáticos del currículo.

Se trata, eso sí, de que los futuros profesionistas construyan correlaciones múltiples entre los más diversos campos de conocimiento y sus aplicaciones; de este modelo, centrado en el aprendizaje, la interdisciplina surgirá como una necesidad del que aprende y se vinculará directamente con el desarrollo de sus capacidades de investigación y solución de problemas.

En el plan de estudios de la maestría se manifiesta esta visión de la interdisciplina y se ha tratado de poner un énfasis especial para evitar cualquier oposición entre ciencias naturales, ciencias sociales o disciplinas humanísticas.

El cambio lento

Si bien la pronta obsolescencia de la información es una característica de nuestra época, las habilidades básicas y los principios generales necesarios para investigar y aprender a plantear y resolver problemas cambian a un ritmo mucho más lento.

Por ejemplo, al menos desde el siglo III a. de C. en que Euclides recopiló la geometría de la Grecia Clásica, Babilonia y Egipto en Los elementos y la plasmó en términos del método axiomático, la matemática ha crecido sobre el mismo modelo de razonamiento; sus múltiples e impresionantes ramificaciones siguen validándose mediante la pauta trazada hace casi veinticinco siglos y el conocimiento matemático acumulado desde entonces es robusto: la veracidad de sus teoremas no está sujeta al descubrimiento de las propiedades de la materia y nuestra comprensión del mundo -inspiradora quizá de formas nuevas de pensar la realidad y, por ello, propicia para el descubrimiento o la invención de nueva matemática- tampoco influye en el método axiomático con el que se formalizan sus resultados.

Asimismo, esos principios generales en las ciencias físicas están esencialmente relacionados con la capacidad de aplicar la matemática para descubrir estructuras y patrones geométricos, temporales, dinámicos, relacionales, etcétera, en los más diversos ámbitos y esas habilidades -las mismas desde la Ilustración hasta nuestros días- constituyen una parte robusta en el cuerpo de conocimiento y es imprescindible atenderlas en cualquier programa de formación científica.

Del resto, de los resultados de la investigación de punta o de la inmensa cantidad de datos acumulados, lo que no puede excusarse es el aprender a valorar la información disponible en función de la posibilidad de generar conocimiento nuevo.

De lo anterior, puede decirse que la producción científica es un proceso social en

el que ocurren cambios cualitativos en diferentes escalas de tiempo. En la maestría se trata de propiciar que los profesionales que se formen en ella, hagan suyos métodos, principios y técnicas que les permitan lidiar con las dificultades de una actividad con tal dinámica.

6. Propósitos generales del programa.

El programa de la maestría tiene el propósito de propiciar que los profesionistas de distintos campos que se formen en el desarrollen aptitudes para la investigación en ciencias de la complejidad orientadas a y aplicables en sus respectivos campos de interés y congruentes con los objetivos de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México establecidos en su Ley.

Lograr el propósito general implica que quienes accedan al programa deberán

- Comprender los fundamentos¹, alcances y significado de la modelación de procesos y fenómenos no lineales como herramienta de representación necesaria en la solución de problemas;
- Identificar en la realidad las posibilidades de aplicar la teoría de los sistemas complejos a la comprensión de procesos físicos, biológicos o sociales que tengan lugar en su ámbito de trabajo.
- Apropiarse de una cultura científica y humanística que les permita comunicarse adecuadamente con técnicos y profesionistas de distintos campos del conocimiento a fin de identificar la mejor forma de colaborar con ellos en la solución de problemas de interés común en los cuales puedan aplicarse las herramientas del análisis no lineal y la visión de la teoría de los sistemas complejos;
- Profundizar su educación ya sea formalmente o mediante el aprovechamiento de las múltiples fuentes de información disponibles hoy en el mundo;
- Construir un sistema de valores en el cual la búsqueda del bienestar y la felicidad de los seres humanos sea el más importante, para normar su actividad como científico.
- Transformar su práctica profesional para contribuir a resolver los problemas de la gente, recuperando para ella el bien social que es la ciencia.

7. Perfil de ingreso de las y los estudiantes.

Por su carácter interdisciplinario y en concordancia con las orientaciones curriculares de este plan de estudios, se establecen dos perfiles de ingreso a la maestría según la formación matemática que tengan quienes deseen formarse en ella. En ambos casos, no obstante, se requiere dominio suficiente del inglés para comprender sin dificultad textos científicos y académicos en ese idioma (desde artículos técnicos hasta ensayos filosóficos). Así mismo, se espera que los estudiantes posean un pensamiento matemático abstracto, disposición hacia el autodidactismo, a realizar investigación, a trabajar en equipo, así como la

¹ Véanse las diferencias relativas a las dos opciones curriculares en los puntos 3 y 5 del perfil de egreso.

disposición para adquirir habilidades computacionales básicas.

Perfil de la orientación curricular A

Quienes deseen ser alumnos de la Maestría deben poseer los conocimientos del currículo matemático de una licenciatura en ciencias o ingeniería. En particular, el correspondiente a los contenidos de las siguientes asignaturas:

- 1) Cálculo diferencial e integral de una y varias variables.
- 2) Álgebra superior y álgebra lineal.
- 3) Ecuaciones diferenciales ordinarias.
- 4) Fundamentos de análisis matemático.

Además, deberán ser capaces de

1. Aplicar el método axiomático-deductivo para justificar, por sí mismos o apoyándose en los textos adecuados, enunciados matemáticos formales.
2. Interpretar físicamente y representar geoméricamente los conceptos fundamentales del cálculo diferencial e integral.
3. Reconocer y hacer explícitos, cuando los haya, el significado geométrico o numérico de una expresión algebraica en una o varias variables.
4. Esbozar la secuencia de instrucciones necesaria para llevar a cabo una operación.

Asimismo, es recomendable tener conocimientos de algún lenguaje de programación, de métodos numéricos y de probabilidad y estadística.

Perfil de la orientación curricular B

Quienes deseen ser alumnos de la Maestría deben tener licenciatura en cualquier área de formación profesional y poseer los siguientes conocimientos de matemática básica (a nivel de bachillerato):

- 1) Álgebra y trigonometría.
- 2) Geometría analítica.
- 3) Nociones de cálculo diferencial e integral.

Además, deberán

1. Ser capaces de abstraer las características generales de objetos matemáticos simples para pasar de los casos particulares a las clases de equivalencia.
2. Tener aptitudes básicas para el razonamiento lógico-deductivo.
3. Tener una buena disposición en relación con la matemática como herramienta para el pensamiento.

8. Perfil del egreso

Los egresados de la Maestría en Ciencias de la Complejidad de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México

- 1) Identificarán procesos representables como sistemas complejos en la naturaleza y la sociedad.

- 2) Reconocerán, sobre la base del principio de modularidad de los sistemas complejos², la necesidad de establecer un nivel adecuado de análisis para modelarlos.
- 3) Incorporarán a su cultura científica el conocimiento de cómo se construyen modelos -mediante sistemas dinámicos no lineales (*sdnl*)- de procesos físicos, biológicos y sociales en los cuales se presentan fenómenos críticos. En particular, quienes se formen
 - a) en la orientación A de este plan de estudios, comprenderán los formalismos matemáticos involucrados;
 - b) en la orientación B, se apropiarán del significado de los conceptos de la teoría de los sistemas complejos y comprenderán el sentido de los términos de modelos dinámicos.
- 4) Reconocerán que la producción científica, en particular la relacionada con las teorías de los *sdnl* y de los sistemas complejos, se da en contextos históricos específicos y tiene consecuencias en distintos ámbitos sociales.
- 5) Serán capaces de aplicar las herramientas de análisis de la teoría de los *sdnl* a la comprensión de los sistemas complejos. En particular, quienes se formen
 - a) en la orientación A de este plan de estudios, podrán construir los modelos desde sus supuestos y aplicar los fundamentos teóricos del análisis de sistemas dinámicos no lineales para deducir sus consecuencias y establecer sus limitaciones;
 - b) en la orientación B, aportarán elementos fenomenológicos para la construcción de los modelos, los comprenderán cualitativamente y podrán evaluar la pertinencia de los resultados.
- 6) Podrán establecer relaciones entre diversos campos del conocimiento, aprender a discriminar la información y conjeturar explicaciones coherentes en relación con fenómenos críticos de diversa índole para los cuales sea factible la modelación con las herramientas de la teoría de los *sdnl*.
- 7) Podrán participar en proyectos de investigación o de resolución de problemas interdisciplinarios en los cuales aplicarán los fundamentos de la teoría de los sistemas complejos.
- 8) Ambas orientaciones tendrán las bases necesarias para proseguir su formación en ciencias de la complejidad tanto formalmente -con estudios de doctorado o especialización donde los hubiere- como para mantenerse al día por cuenta propia.
- 9) Podrán transformar su práctica profesional en el ámbito que les corresponda y

² Este principio establece que la emergencia de propiedades globales en cierto nivel (o módulo) de organización de la materia, surge merced a las interacciones de los elementos de algún subsistema y que, de ser necesario, éste debe considerarse otra entidad modular.

aplicar la visión integradora -científica, humanística y social- de la teoría de los sistemas complejos, esto les provee de ventajas adaptativas sobre otros estudiantes sin esta formación.

- 10) Serán capaces de trabajar en áreas de decisión u operativas, dentro de instancias Académicas, de gobierno o privadas, como son los diversos institutos de investigación, de salud, organismos internacionales o privados y secretarías de gobiernos locales o federales, así como organizaciones civiles.

Por último, se plantea que el título de la orientación A se distinga agregando la leyenda “Área de Concentración en Dinámica no Lineal”.

9. Estructura curricular

Como ya se ha mencionado, el programa de la maestría está dividido en líneas de cursos, a saber:

- *Ciencia y sociedad* que es tronco común y sello personal de esta maestría así como de su predecesora, tratando la influencia y consecuencias de la aplicación de la ciencia a la sociedad y de su evolución.
- *Complejidad* que analiza el papel de la formación de patrones naturales y sus modelos, así como las herramientas para tratarlos.
- *Sistemas dinámicos* enseña esta valiosa herramienta para el análisis de la complejidad.

Ponemos a continuación las líneas y sus cursos clasificados por orientaciones curriculares.

Sem	Asignaturas (orientación curricular A)		
1ero	Ciencia y Sociedad I Evolución histórica del concepto de complejidad 4.5 h/semana, 9 créditos	Sistemas Complejos I Autoorganización hacia la zona crítica, autómatas y fractales, series de tiempo 6 h/semana, 12 créditos	Dinámica no Lineal I Estabilidad en sistemas continuos y discretos 6 h/semana, 12 créditos
2do	Ciencia y Sociedad II Criticalidad en procesos de la vida y la sociedad 4.5 h/semana, 9 créditos	Sistemas Complejos II Redes, agentes, sistemas excitables y formación de patrones 6 h/semana, 12 créditos	Dinámica no Lineal II Bifurcaciones y caos 6 h/semana, 12 créditos
3ero	Taller de complejidad Problemáticas de la Ciudad de México 4.5 h/semana, 9 créditos	Sem. de Investigación 3 h/semana, 6 créditos	Dinámica no Lineal III (opcional) Autoorganización espacio-temporal 6 h/semana, 12 créditos
4to	Seminario de Tesis 3 h/semana, 6 créditos		

Sem	Asignaturas (orientación curricular B)		
1ero	Ciencia y Sociedad I Evolución histórica del concepto de complejidad 4.5 h/semana, 9 créditos	Complejidad I Criticalidad, autómatas celulares, fractales 6 h/semana, 12 créditos	Introducción a los sistemas dinámicos Elementos del análisis cualitativo de ecuaciones diferenciales y en diferencias 6 h/semana, 12 créditos
2do	Ciencia y Sociedad II Criticalidad en procesos de la vida y la sociedad 4.5 h/semana, 9 créditos	Complejidad II Agentes, redes y series de tiempo 6 h/semana, 12 créditos	Introducción a la dinámica no lineal Estabilidad, bifurcaciones y caos 6 h/semana, 12 créditos
3ero	Taller de complejidad Problemáticas de la Ciudad de México 4.5 h/semana, 9 créditos	Seminario de Investigación 3 h/semana, 6 créditos	Taller propedéutico (opcional) De la teoría a la realidad: herramientas y modelos 6 h/semana, 12 créditos
4to	Seminario de Tesis 3 h/semana, 6 créditos		

Máximo de créditos en cada orientación: 99

12. Modalidades y requisitos de titulación.

La Universidad Autónoma de la Ciudad de México otorgará el título de

Maestro o Maestra en Ciencias de la Complejidad

a quienes posean los conocimientos de cualquiera de las dos orientaciones curriculares del Plan de Estudios y que, además, presenten y defiendan exitosamente una tesis de investigación en algún tema del catálogo de líneas de investigación o en el que se establezca de común acuerdo entre el alumno y sus asesores con el visto bueno del Claustro Académico responsable de la Maestría en Ciencias de la Complejidad.

El título de quienes hayan optado por la orientación curricular A, además, ostentará la distinción de haberlo hecho en el

Área de Concentración en Dinámica no Lineal

13. Líneas de investigación que servirán como base para la tesis de las y los estudiantes.

Las líneas que se enumeran enseguida son aquellas en las que los académicos que colaboran en la Maestría (tanto internos como externos) trabajan actualmente. Como puede verse, cubren un amplio espectro de campos tanto de ciencia

aplicada como de ciencia básica y están directamente vinculadas con los contenidos curriculares y las opciones de tesis. Dado el crecimiento acelerado (hasta el momento, con aceleración positiva) de la producción de conocimiento en sistemas complejos y dinámica no lineal, es posible que surjan nuevas líneas en las que deberemos involucrarnos.

- 1) Sociocomplejidad y simulación computacional de dinámicas sociales.
- 2) Dinámica de la economía y los mercados financieros.
- 3) Aplicaciones de la teoría de los sistemas complejos a la organización de los servicios públicos y la solución de problemas urbanos (salud, red hidráulica, vialidad y transporte, etcétera).
- 4) Morfogénesis y evolución.
- 5) Biología teórica, origen de la vida y evolución.
- 6) Genómica computacional y reconocimiento de patrones.
- 7) Dinámica de sistemas y medios excitables
- 8) Epidemiología, inmunología y ecología matemáticas.
- 9) Modelos basados en agentes y cómputo neuronal
- 10) Modelos matemáticos de la evolución de genes y proteínas.
- 11) Máquinas moleculares biológicas.
- 12) Sustentabilidad, medioambiente y complejidad.
- 13) Cómputo emergente y redes complejas
- 14) Minería de datos
- 15) Las que surjan de la dinámica de crecimiento de las ciencias de la complejidad

14. Requisitos de admisión

- 1) Poseer título de licenciatura.
- 2) Mostrar, mediante una evaluación diagnóstica, que
 - a) posee los conocimientos matemáticos correspondientes a los perfiles descritos en este documento y
 - b) comprende textos (ensayos académicos, científicos, técnicos o filosóficos) en inglés.
- 3) Presentar una carta en la que explique cuáles son los motivos por los cuales está interesado en ingresar.
- 4) Entrevistarse con un Comité de Ingreso, designado por el Posgrado.
- 5) En la entrevista, el Comité comunicará al candidato o candidata el resultado de la evaluación diagnóstica, indicándole
 - a) cuáles fueron sus fortalezas y debilidades;
 - b) si está apto para ingresar y en cuál de los dos ejes se le recomienda que

inicie su formación en la Maestría;

- c) en su caso, qué plan de trabajo se le sugiere para lograr el perfil requerido. Dicho plan puede incluir la recomendación de cursar y aprobar uno o más de los cursos de apoyo y que podrán ser ofrecidos por los profesores de la Maestría o de volver a presentar la evaluación diagnóstica, cuando el aspirante tenga los conocimientos necesarios para aprobarla.

15. Plan de evaluación y actualización del programa

- 1) Al final de cada semestre, los alumnos y los profesores llevarán a cabo un ejercicio en el que evaluarán, además de los que se consideren pertinentes en su momento, los siguientes aspectos:

- a) El logro de los objetivos de las líneas curriculares.
- b) Las contradicciones y la congruencia entre los contenidos y las estrategias de aprendizaje.
- c) El funcionamiento general y específico de la estructura curricular adoptada. La operación del proyecto. El funcionamiento del cuerpo docente.

Para establecer criterios claros de evaluación los responsables se asesorarán con las instancias de apoyo académico de la UACM.

- 2) Además,

- a) Por ser un área del conocimiento en desarrollo permanente y muy acelerado, los contenidos de la Maestría deberán actualizarse cada año, incorporando en ellos los desarrollos más recientes del área correspondiente, y su estructura general se someterá a evaluación cada tres (acorde a lo solicitado por el Programa Nacional de Posgrados de Calidad de CONACyT).
- b) Lo anterior implica, en particular que una vez aprobado el nuevo programa, se harán las gestiones necesarias para que se incorpore al Padrón de Posgrados de Excelencia de CONACyT y se solicitará el apoyo concurrente del ICyT del Distrito Federal.
- c) La evaluación por asesores externos es una facultad del Consejo Social Consultivo, previsto en la normatividad de la UACM.

16. Número mínimo y máximo de estudiantes inscritos en cada semestre

5 – 20 (cantidades totales por generación)

17. Total de profesores de la planta académica.

12 académicos de la UACM, 5 colaboradores externos de la Facultad de Ciencias (FC), el Instituto de Física (IF) y el Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS) de la UNAM.

Mientras no existan en la UACM figuras que propicien la colaboración académica directa (como las de estancias postdoctorales o sabáticas), la participación de los

externos será ad honorem; impartirán cursos curriculares a invitación del Claustro Académico adscrito a la UACM y serán codirectores de las tesis de grado según la normatividad vigente que expidan las instancias internas pertinentes (la Coordinación de Certificación, el Consejo Universitario, etcétera).

18. Perfil de las y los profesores que impartirán cada materia.

Maestría o Doctorado con las características descritas en el programa de cada asignatura y experiencia probada en investigación o docencia interdisciplinarias.

19. Perfil del coordinador o la coordinadora del programa académico.

Cualquier profesor o profesora de la UACM con al menos un año de antigüedad adscrito al Posgrado puede ser coordinador de este programa y será electo de acuerdo a la normatividad interna.

39. Plantel o sede donde se impartirán los cursos.

Plantel Del Valle.

40. Número de aulas que se ocuparán para impartir los cursos.

4 en cada turno

41. Laboratorios para desarrollar las actividades experimentales (cuando aplique).

Laboratorio de Cómputo Adaptativo (ya se cuenta con el laboratorio y se solicita su actualización).

42. Recursos materiales necesarios (equipo, materiales didácticos entre otros).

Dado que la mayoría de los cursos requieren de una presentación con computadora, se requiere uno o dos cañones para proyección.

43. Otros requerimientos (fundamental).

Actualización del acervo biblio-hemerográfico impreso y electrónico, para su acceso, así como cubículos para estudiantes.

La maestría está solicitando entrar al Programa Nacional de Posgrados de Calidad, y por ello solicitará un lugar de trabajo adecuado para sus estudiantes de tiempo completo en el plantel que incluya: escritorios individuales o mesas compartidas, "lockers" para almacenamiento temporal, pizarrón, etc. Este espacio puede ser desde un área común con módulos hasta cubículos aislados, dependiendo de la infraestructura instalada.

PROFESORES INVESTIGADORES

Nombre completo	Fernando Ramírez Alatríste
Plantel	Del Valle
Colegio	Ciencia y humanidades
Academia	Dinámica No Lineal y Sistemas Complejos
Nivel de estudios	Doctorado
Correo electrónico	fernando.ramirez [arroba] uacm.edu.mx
Teléfono fijo	ext 15119
Materias que impartirá	Sistemas complejos I y II, Complejidad I y II, Taller de sistemas complejos, Dinámica No Lineal I, II y III, Introducción a los Sistemas Dinámicos, Introducción a la dinámica no lineal

Nombre completo	José Luis Gutiérrez Sánchez
Plantel	del Valle 24. Academia: 26. Nivel de estudios: 25. Correo electrónico: o 27. Teléfono fijo: 28. Teléfono móvil:
Colegio	Ciencias y Humanidades
Academia	Dinámica No Lineal y Sistemas Complejos
Nivel de estudios	Maestría
Correo electrónico	jose.gutierrez [arroba] uacm.edu.mx jlgtz.fc.unam [arroba] ciencias.unam.mx
Materias que impartirá	Complejidad I y II, Taller de Sistemas Complejos, Ciencia y Sociedad I y II, Introducción a los Sistemas Dinámicos, Introducción a la Dinámica no Lineal.

Nombre completo	Juan Antonio Nido Valencia
Plantel	Del Valle
Colegio	Ciencias y Humanidades
Academia	Dinámica No Lineal y Sistemas Complejos
Nivel de estudios	doctorado
Correo electrónico	nido.juan [arroba] gmail.com
Materias que impartirá	Dinámica No Lineal I, II y III e Introducción a los Sistemas Dinámicos, Introducción a la dinámica no lineal.

Nombre completo	Arezky Hernández Rodríguez
Plantel	Cuautepec
Colegio	Ciencia y tecnología
Academia	Matemáticas
Nivel de estudios	Doctorado
Correo electrónico	arezky.uacm [arroba] gmail.com
Materias que impartirá	Sistemas Complejos I y II, Complejidad I y II, Taller de complejidad

Nombre completo	Jorge Fernando Camacho Pérez
Plantel	Del Valle
Colegio	Ciencias y Humanidades
Academia	Dinámica No Lineal y Sistemas Complejos
Nivel de estudios	Maestría
Correo electrónico	fernando.camacho [arroba] uacm.edu.mx
Materias que impartirá	Dinámica No Lineal I, II y III, Introducción a los Sistemas Dinámicos, Introducción a la dinámica no lineal.

Nombre completo	Felipe Humberto Contreras Alcalá
Plantel	Del Valle
Colegio	Ciencias y Humanidades
Academia	Dinámica no lineal y sistemas complejos
Nivel de estudios	Doctorado
Correo electrónico	Felipe.Contreras [arroba] uacm.edu.mx
Teléfono fijo	15107
Materias que impartirá	Sistemas Complejos I y II, Complejidad I y II, Taller de complejidad

Nombre completo	John Kendell Graham
Plantel	Del Valle
Colegio	Ciencias y Humanidades
Academia	Dinámica no lineal y sistemas complejos
Nivel de estudios	Doctorado
Correo electrónico	swicisit [arroba] gmail.com
Materias que impartirá	Ciencia y Sociedad I y II, Taller de sistemas complejos

Nombre completo	Carlos Islas Moreno
Plantel	Del Valle
Colegio	Ciencias y Humanidades
Academia	Dinámica no lineal y sistemas complejos
Nivel de estudios	Doctorado
Correo electrónico	islas [arroba] matem.unam.mx
Teléfono fijo	ext 15120
Materias que impartirá	Dinámica No Lineal I, II y III, Introducción a los Sistemas Dinámicos, Introducción a la dinámica no lineal.

Nombre completo	Damián Hernández Herrán
Plantel	Del Valle
Colegio	Ciencias y Humanidades
Academia	Dinámica no lineal y sistemas complejos
Nivel de estudios	Doctorado
Correo electrónico	dam1378 [arroba] yahoo.com
Materias que impartirá	Sistemas complejos I y II, Complejidad I y II, Taller de

	sistemas complejos
--	--------------------

Nombre completo	Maruxa Armijo Canto
Plantel	Del Valle
Colegio	Ciencias y Humanidades
Academia	Dinámica no lineal y sistemas complejos
Nivel de estudios	Maestría
Correo electrónico	maruxa_armijo [arroba] yahoo.com.mx
Materias que impartirá	Ciencia y Sociedad I y II y Taller de Sistemas Complejos

Nombre completo	José Antonio Neme Castillo
Plantel	Del Valle
Colegio	Ciencias y Humanidades
Academia	Dinámica no lineal y sistemas complejos
Nivel de estudios	Doctorado
Correo electrónico	antonioneme [arroba] gmail.com
Materias que impartirá	Sistemas complejos I y II, Complejidad I y II, Taller de sistemas complejos

Nombre completo	Juan Luis Martínez Ledesma
Plantel	Del Valle
Colegio	Ciencias y Humanidades
Academia	Dinámica no lineal y sistemas complejos
Nivel de estudios	Maestría
Correo electrónico	juanluism [arroba] gmail.com
Materias que impartirá	Dinámica No Lineal I, II y III, Introducción a los Sistemas Dinámicos, Introducción a la dinámica no lineal.

PROFESORES EXTERNOS INVITADOS

Nombre completo	Germinal Cocho Gil
Correo electrónico	cocho [arroba] fisica.unam.mx
Adscripción	UNAM
Área o departamento	Instituto de física
Nivel de estudios	Doctorado
Materias que impartirá	Ciencia y Sociedad I y II y Taller de Sistemas Complejos

Nombre completo	Pedro Miramontes Vidal
Correo electrónico	pmv [arroba] ciencias.unam.mx
Adscripción	UNAM
Área o departamento	Facultad de Ciencias, Departamento de Matemáticas
Nivel de estudios	Doctorado

Materias que impartirá	Sistemas complejos I y II, Complejidad I y II, Taller de sistemas complejos
-------------------------------	---

Nombre completo	Faustino Sánchez Garduño
Correo electrónico	faustino [arroba] matematicas.unam.mx
Adscripción	UNAM
Área o departamento	Facultad de Ciencias, Departamento de Matemáticas
Nivel de estudios	Doctorado
Materias que impartirá	Dinámica No Lineal I, II y III, Introducción a los Sistemas Dinámicos, Introducción a la dinámica no lineal.

Nombre completo	Pablo Padilla Longoria
Correo electrónico	pabpad [arroba] gmail.com
Adscripción	UNAM
Área o departamento	Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas
Nivel de estudios	Doctorado
Materias que impartirá	Dinámica No Lineal I, II y III, Introducción a los Sistemas Dinámicos, Introducción a la dinámica no lineal.

Nombre completo	Denis Boyer
Correo electrónico	boyer [arroba] fisica.unam.mx
Adscripción	UNAM
Área o departamento	Instituto de física
Nivel de estudios	Doctorado
Materias que impartirá	Dinámica No Lineal I, II y III, Introducción a los Sistemas Dinámicos, Introducción a la dinámica no lineal.

PROGRAMA DE ESTUDIOS: CIENCIA Y SOCIEDAD I

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. X

Plan de estudios del que forma parte: Maestría en Ciencias de la Complejidad (MCC)

Propósito(s) general(es): En el primer curso de ciencia y sociedad, el estudiante,

1. Identificará cómo han evolucionado las concepciones de *lo simple* y *lo complejo* desde la filosofía de la Antigüedad Clásica hasta nuestros días.
2. Reconocerá que, en diferentes etapas de la historia de las ideas, ha habido transiciones en las que tras una *crisis de la razón*, ha surgido una *nueva sensibilidad* y viceversa.
3. Reconocerá, en la crítica a la ciencia de nuestros días, semejanzas y diferencias con aquellos conflictos relacionados con las crisis de la razón a que se refiere el objetivo anterior.

Carácter		Modalidad		Horas de estudio semestral (18 semanas)	
Indispensable	X	Seminario	X Taller	Con Docente	Teóricas 4.5 Prácticas
Optativa *		Curso	Curso-taller	Autónomas	Teóricas 4.5 Prácticas
		Laboratorio	Clínica	Carga horaria semanal: 4.5 Carga horaria semestral: 72	

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Ninguna	Ciencia y Sociedad II

Requerimientos para cursar la asignatura	Comprensión de lectura de textos académicos (desde artículos técnicos hasta ensayos filosóficos) en inglés.
---	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias (Física, Biología o Matemáticas) o Maestro o Doctor en Historia y Filosofía de la Ciencia o Historia.
--------------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	M. en C. Maruxa Armijo Canto; Doctor Germinal Cocho Gil; Doctor John Kendell Graham y M. en C. José Luis Gutiérrez Sánchez

- Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1 Evolución histórica de "lo simple" y "lo complejo" desde los presocráticos hasta nuestros días

1.1 Lo simple y lo complejo en la comprensión de la materia.

- 1.1.1 El *cosmos* de Aristóteles y el *logos* de Heráclito.
- 1.1.2 Los universos de Newton y de Einstein; el determinismo laplaciano.
- 1.1.3 Sistemas hamiltonianos y el caos en los cielos y el mundo cuántico.
- 1.1.4 Sistemas conservativos, sistemas disipativos y la emergencia del orden.

1.2 Lo simple y lo complejo en la comprensión de la vida.

- 1.2.1 Entre Tales de Mileto y Charles Darwin.
- 1.2.2 La termodinámica de Boltzmann y la evolución.
- 1.2.3 Complejidad de los organismos: de von Bertalanffy a Stuart Kauffman.
- 1.2.4 Complejidad y evolución.
- 1.2.5 Complejidad ecológica.
- 1.2.6 Las leyes de potencia de la vida, autoorganización hacia la zona crítica (SOC: *Selforganized Criticality*).

1.3 (*) Lo simple y lo complejo en la comprensión de la mente.

- 1.3.1 Del espíritu de Platón al *l'homme machine* de Lammetrie.
- 1.3.2 Complejidad en redes de neuronas: el modelo del procesamiento en paralelo.
- 1.3.3 La complejidad de la dualidad mente-cerebro.

1.4 (*) Lo simple y lo complejo en la comprensión de la sociedad y la cultura.

- 1.4.1 (*) De la *polis* de Aristóteles al *Leviathan* de Hobbes.
- 1.4.2 Complejidad social. La trampa hidráulica y la emergencia de la organización social.
- 1.4.3 Complejidad cultural. El medioambiente, los tabúes y el pensamiento religioso.

1.5 (*) Lo simple y lo complejo en la comprensión de la economía.

- 1.5.1 La economía de Adam Smith y el equilibrio del mercado.
- 1.5.2 Caos y azar en la economía de mercado.
- 1.5.3 La teoría financiera de Bachelier.
- 1.5.4 Complejidad del desarrollo regional.

2 Transiciones de fase en la historia de la ciencia.

2.1 Del Siglo de las Luces al siglo XIX

- 2.1.1 La Ilustración y La Revolución Científica.
- 2.1.2 La Revolución Francesa.
- 2.1.3 La primera industrialización y la reacción romántica: tendencias retrógradas y anterógradas.

2.2 (*) De lo helénico a lo helenístico

- 2.2.1 Los grandes sistemas filosóficos: Platón y la Academia; Aristóteles y el Liceo.
- 2.2.2 El imperio de Alejandro y el mundo postalejandrino.
- 2.2.3 Pérgamo y Alejandría: estoicos y epicureístas; la revolución olvidada.

2.3 (*) De la Paz de Versalles a la invasión de Polonia

- 2.3.1 La ciencia alemana de principios del siglo xx.
- 2.3.2 La Primera Guerra Mundial y la Paz Armada.

- 2.3.3 El romanticismo retrógrado y la base ideológica del nazismo.
- 2.4 (*) De la Guerra Fría al mundo unipolar**
 - 2.4.1 La Guerra de Vietnam y *Science for the People*.
 - 2.4.2 La teoría de los sistemas complejos.
 - 2.4.3 Relativismo, posmodernidad y movimiento *New Age*

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Se establecerá una dinámica de seminario con base en la lectura de textos relacionados con los temas 1.1, 1.2. y 2.1 que servirán como punto de partida para la discusión en las sesiones semanales; en ellas, se tratará de caracterizar la evolución de “lo simple” y “lo complejo” y de identificar las “transiciones de fase” en la ciencia.

Se ofrecerán cuatro conferencias magistrales sobre el estado del arte en distintos aspectos del desarrollo científico de nuestros días.

Como actividades de aprendizaje y de evaluación formativa y diagnóstica, los estudiantes,

1. Elegirán alguno de los subtemas indicados con asterisco (*) y, a lo largo del semestre, llevarán a cabo una investigación monográfica cuyos resultados darán lugar a:
 - a) la entrega de un portafolios con las fuentes hemerobibliográficas de su investigación;
 - b) una exposición en el seminario.
2. Asistirán a las conferencias magistrales.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

Para obtener el certificado de Ciencia y Sociedad I, el estudiante presentará, por escrito:

1. un reporte de la investigación (descrita en el apartado anterior) que haya llevado a cabo a lo largo del semestre. El reporte, de una extensión máxima de diez (10) cuartillas, debe contener: título, resumen, palabras clave, introducción, desarrollo y bibliografía.
2. un resumen, con extensión máxima de cinco (5) cuartillas, de alguna de las cuatro conferencias magistrales. Los resúmenes deben contener: el título de la conferencia, los datos del conferenciante, la descripción sucinta de la temática abordada y una valoración personal de la importancia del tema.

CRITERIO	PUNTOS
Pertinencia del reporte de investigación	40
Claridad en la introducción y el desarrollo del reporte de investigación	40
Claridad en el resumen de la conferencia complementaria	20
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

1. Albert, Alain (Editor) (1995): *Chaos and Society*. Amsterdam, IOS Press.
2. Allen, Peter M. (1997): *Cities and Regions as Self-Organizing Systems. Models of Complexity*.

Amsterdam, Gordon and Breach Science Publishers.

3. Altmann, Gabriel y Walter A. Koch, (Editores) (1998): *Systems, New Paradigms for the Human Sciences*. Berlín, De Gruyter.
4. (bb) Axelrod, Robert (1984): *The Evolution of Cooperation*. Nueva York, Basic Books.
5. Axelrod, Robert (1997): *The Complexity of Cooperation. Agent-based Models of Competition and Cooperation*. Chichester. Princeton University Press.
6. (bb) Berlin, Isaiah (2001): *The Roots of Romanticism* Princeton, Princeton University Press.
7. Bernal, John Desmond, (1973): *Historia social de la ciencia*. Barcelona. Península.
8. (bb) Bushev, Mikhail (1994): *Synergetics: Chaos, Order, Self-Organization*. Singapur, World Scientific.
9. (bb) Cocho, Germinal; P. Miramontes y J.L. Gutiérrez (2002) : “Ciencia y humanismo. Capacidad creadora y enajenación” en <http://www.mathmoo.unam.mx/biomat/pedro/pdf/portugal.pdf>
10. de la Peña, Luis (2007): “La interdisciplina como meta” en *La interdisciplina y las grandes teorías del mundo moderno*. (Julio Muñoz Rubio, Coordinador). México, CEIICH-UNAM. Colección Debate y Reflexión. pp. 253-277.
11. Diacu, Florin y Philip Holmes (1996): *Celestial Encounters. The Origins of Chaos and Stability*. Chichester, Princeton University Press.
12. Dussel, Enrique (2007): “El programa científico de investigación de Karl Marx (ciencia social funcional y crítica)” en *La interdisciplina y las grandes teorías del mundo moderno*. (Julio Muñoz Rubio, Coordinador). México, CEIICH-UNAM. Colección Debate y Reflexión. pp. 43-68.
13. Érdi, Péter (2008): *Complexity Explained*. Berlín, Springer Verlag.
14. (bb) Feyerabend, Paul Karl, (1989): *Contra el método: esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. Barcelona. Ariel.
15. Gutiérrez Sánchez, José Luis (1999): “Teorías, sistemas y comprensión del mundo”, en *Perspectivas en las teorías de sistemas*. (Santiago Ramírez, Coordinador). (Colección Aprender a Aprender). México, CEIICH-UNAM-Siglo XXI. (pp. 93-100).
16. Gutiérrez Sánchez, José Luis (2000): “El sueño de Isaac Asimov o ¿son matematizables las ciencias de lo humano?, en *Política y Cultura 13*: 33-54, Matemáticas ante las ciencias sociales. Verano de 2000. México, Departamento de Política y Cultura, UAM-X.
17. Heilbron, J.L. (2000): *The Dilemmas of an Upright Man. Max Planck and the Fortunes of German Science*. Cambridge, Harvard University Press.
18. Holmes, Richard (2010): *The Age of Wonder. How the Romantic Generation Discovered the Beauty and Terror of Science*. Nueva York. Vintage Books.
19. Kauffman, Stuart (1995): *At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*. Nueva York, Oxford University Press.
20. Kauffman, Stuart (2000): *Investigations*. Nueva York, Oxford University Press.
21. (bb) Kuhn, Thomas, (1971): *La estructura de las revoluciones científicas*. México, Fondo de Cultura Económica.
22. Lévy Leblond, Jean Marc y Alain Jaubert (1980): *(Auto)crítica de la ciencia*. México, Nueva Imagen.
23. (bb) Mainzer, Klaus (2007): *Thinking in Complexity. The Computational Dynamics of Matter, Mind and Mankind*. Berlín. Springer Verlag.
24. Matthies, M., H. Malchow y J. Kriz, (Editores) (2001): *Integrative Systems Approaches to Natural and Social Dynamics*. Berlín. Springer Verlag.
25. Mayr, Ernst W. y William B. Provine (1997): *The Evolutionary Synthesis*. Harvard. Harvard University Press.
26. (bb) Miramontes, Pedro; J.L. Gutiérrez y G. Cocho (2007): “La evolución biológica desde la

perspectiva de la teoría de los sistemas complejos” en *La interdisciplina y las grandes teorías del mundo moderno*. (Julio Muñoz Rubio, Coordinador). México, CEIIH-UNAM. Colección Debate y Reflexión. pp. 151-180.

27. Mitchell, Melanie (2009): *Complexity. A Guided Tour*. Nueva York. Oxford University Press.
28. Morris, Richard (2001): *The Evolutionists. The Struggle for Darwin's Soul*. Nueva York. Henry Holt and Company.
29. Morowitz, Harold J. (2002): *The Emergence of Everything. How the World Became Complex*. Nueva York. Oxford University Press.
30. Richards, Robert J. (2002): *The Romantic Conception of Life. Science and Philosophy in the Age of Goethe*. Londres. The University of Chicago Press.
31. (bb) Rose, Steven y Hilary Rose (compiladores) (1979): *Economía política de la ciencia*. México, Nueva Imagen.
32. (bb) Rose, Steven y Hilary Rose (compiladores) (1979): *La radicalización de la ciencia*. México, Nueva Imagen.
33. (bb) Russo, Lucio (2004): *The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Had to Be Reborn* (Levy, S., Traductor). Berlín, Springer Verlag.
34. (bb) Scheffer, Marten (2009): *Critical Transitions in Nature and Society*. Princeton, Princeton University Press.
35. Turchin, Peter et al. (Editores) (2006): *Historical Dynamics and Development of Complex Societies*. Moscú, URSS.
36. Turchin, Peter (2006): *War and Peace and War*. Nueva York, Plume.
37. von Bertalanffy, L; W.R. Ashby y G.M. Weinberg (1976): *Tendencias en la teoría general de sistemas*. Madrid, Alianza Universidad.
38. (bb) von Bertalanffy, Ludwig (1976): *Teoría general de los sistemas*. México, Fondo de Cultura Económica.
39. Volkenshtein M.V. (1981): *Biofísica*. Moscú. Mir.
40. (bb) Waddington, Conrad Hal (1977). *Tools for Thought. How to Understand and Apply the Latest Scientific Techniques of Problem Solving*. Nueva York. Basic Books Inc. Publishers.

PROGRAMA DE ESTUDIOS: CIENCIA Y SOCIEDAD II

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. X

Plan de estudios del que forma parte: Maestría en Ciencias de la Complejidad (MCC)

Propósito(s) general(es): En el segundo curso de ciencia y sociedad, el estudiante,

1. Identificará las características genéricas del comportamiento dinámico en zona crítica;
2. Aplicará la identificación del objetivo anterior a la interpretación de procesos de adaptación y aprendizaje en distintos sistemas naturales y sociales.

Carácter		Modalidad				Horas de estudio semestral (18 semanas)			
Indispensable	X	Seminario	X	Taller		Con Docente	Teóricas	4.5	Autónomas
		Curso		Curso-taller			Prácticas		Teóricas
Optativa *		Laboratorio		Clínica					Prácticas
						Carga horaria semanal: 4.5		Carga horaria semestral:	
								72	

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Ciencia y Sociedad I; Sistemas Complejos I (opción curricular A) o Complejidad I (opción curricular B)	Taller de Complejidad

Requerimientos para cursar la asignatura	Comprensión de lectura de textos académicos (desde artículos técnicos hasta ensayos filosóficos) en inglés.
---	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias (Física, Biología, Matemáticas o de la Computación) o Maestro o Doctor en Historia y Filosofía de la Ciencia o Historia.
--------------------------------------	---

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	M. en C. Maruxa Armijo Canto; Doctor Germinal Cocho Gil; Doctor John Kendell Graham y M. en C. José Luis Gutiérrez Sánchez

- Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1 Transiciones críticas

- 1.1 Posibilidad de que existan diferentes estados estables.**
- 1.2 Algunos mecanismos**
- 1.3 Ciclos y caos.**
- 1.4 Emergencia de patrones en sistemas complejos.**
- 1.5 Fluctuaciones de todos los tamaños: heterogeneidad y diversidad.**
- 1.6 De la teoría a la realidad:**
 - 1.6.1 Diferentes estados estables
 - 1.6.2 Cuencas de atracción.
 - 1.6.3 Resiliencia.
 - 1.6.4 Capacidad adaptativa, inteligencia y aprendizaje.
 - 1.6.5 Transiciones críticas.

2 Estudios de caso

2.1 La evolución biológica:

- 2.1.1 La Conferencia de Princeton y la hegemonía de la síntesis neodarwiniana.
- 2.1.2 Crítica científica de la ortodoxia neodarwiniana: el problema de los fenotipos faltantes, equilibrio puntuado y estructuralismo dinámico.
- 2.1.3 La propuesta del "diseño inteligente" y la autoorganización evolutiva como una nueva visión del azar y la necesidad.

2.2 Cambio socioeconómico-cultural

- 2.2.1 Enigmas de la cultura como resultantes de la auto-organización socio-cultural hacia la zona crítica: vacas sagradas, porcofilia y porcofobia.
- 2.2.2 La trampa hidráulica, el modo de producción asiático y la emergencia de las castas burocrático-administrativas.
- 2.2.3 De la teoría de "la larga duración" de Fernand Braudel a la clíno-dinámica o dinámica de la historia: alcances, esperanzas y limitaciones.

2.3 (*) El clima.

- 2.3.1 Autoorganización hacia la zona crítica del sistema terrestre.

2.3.2 Usos y abusos de la hipótesis *Gaia*.

2.3.3 Los ecosistemas terrestres.

2.4 (*) El programa *Evo-Devo*:

2.4.1 Hacia una biología teórica: el programa de René Thom y Conrad Hal Waddington.

2.4.2 Implicaciones evolutivas del modelo morfogénico de Turing.

2.4.3 Paisajes epigenéticos, redes booleanas, cuencas de atracción y diferenciación celular.

2.5 (*) Las revoluciones políticas y sociales

2.5.1 Fluctuaciones de todos los tamaños y "situación revolucionaria"

2.5.2 Tendencias retrógradas y anterógradas en la Revolución Bolchevique.

2.5.3 El socialismo en un solo país y la caída del socialismo real.

2.6 (*) Cooperación y dinámica social

2.6.1 El dilema del prisionero y su reiteración.

2.6.2 Vive y deja vivir: emergencia de la cooperación en la historia de la vida.

2.6.3 Comunidades de aprendizaje y comunidades de práctica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Se establecerá una dinámica de seminario con base en la lectura de textos relacionados con los temas 1.1 a 1.6, 2.1 y 2.2 que servirán como punto de partida para la discusión en las sesiones semanales; en ellas, se tratará de identificar los aspectos genéricos del comportamiento dinámico de un sistema en "zona crítica" y reconocerlos en los "estudios de caso" del segundo punto del temario.

Se ofrecerán cuatro conferencias magistrales sobre el estado del arte en distintos aspectos del desarrollo científico de nuestros días

Como actividades de aprendizaje y de evaluación formativa y diagnóstica, los estudiantes,

1. Elegirán alguno de los subtemas indicados con asterisco (*) y, a lo largo del semestre, llevarán a cabo una investigación monográfica cuyos resultados darán lugar a:
 - a) la entrega de un portafolios con las fuentes hemerobibliográficas de su investigación;
 - b) una exposición en el seminario.
2. Asistirán a las conferencias magistrales y presentarán un resumen escrito de cada una.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

Para obtener el certificado de Ciencia y Sociedad II, el estudiante presentará

1. Un ensayo sobre alguno de los temas de cualquiera de los dos cursos en donde defienda un punto de vista personal (que puede o no coincidir con el de los autores que refiera en su escrito).
2. Un portafolios con copia simple de las fuentes que haya utilizado en la elaboración de su ensayo.
3. Una réplica oral ante el Comité de Certificación correspondiente para recibir observaciones respecto al trabajo escrito y, en caso necesario, presentar el portafolios con las referencias utilizadas para sustentar el ensayo.

El ensayo, de una extensión máxima de quince (15) cuartillas, debe contener: título, resumen, introducción, desarrollo, conclusiones y bibliografía. En la introducción, el sustentante deberá presentar la descripción general de la estructura del ensayo y justificar la elección del tema. En la evaluación se tomarán en cuenta los siguientes indicadores:

1. el apego a las instrucciones generales para su elaboración;
2. la claridad en la exposición;
3. la coherencia entre lo que el sustentante, en la introducción del trabajo, anuncia que hará y lo que haya hecho al desarrollarlo;
4. la fuerza de los argumentos; esto es, el sustento razonado que haga de sus afirmaciones y conclusiones y
5. el manejo de la bibliografía y la información.

CRITERIO	PUNTOS
Apego a las instrucciones	10
Claridad en la exposición	20
Coherencia entre propósitos y desarrollo	20
Fuerza de los argumentos	40
Manejo de información	10
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

1. Albert, Alain (Editor) (1995): *Chaos and Society*. Amsterdam, IOS Press.
2. Allen, Peter M. (1997): *Cities and Regions as Self-Organizing Systems. Models of Complexity*. Amsterdam, Gordon and Breach Science Publishers.
3. Altmann, Gabriel y Walter A. Koch, (Editores) (1998): *Systems, New Paradigms for the Human Sciences*. Berlín, De Gruyter.
4. (bb) Axelrod, Robert (1984): *The Evolution of Cooperation*. Nueva York, Basic Books.
5. Axelrod, Robert (1997): *The Complexity of Cooperation. Agent-based Models of Competition and Cooperation*. Chichester. Princeton University Press.
6. (bb) Berlin, Isaiah (2001): *The Roots of Romanticism* Princeton, Princeton University Press.
7. Bernal, John Desmond, (1973): *Historia social de la ciencia*. Barcelona. Península.
8. (bb) Bushev, Mikhail (1994): *Synergetics: Chaos, Order, Self-Organization*. Singapur, World Scientific.
9. (bb) Cocho, Germinal; P. Miramontes y J.L. Gutiérrez (2002) : “Ciencia y humanismo.

Capacidad creadora y enajenación” en <http://www.mathmoo.unam.mx/biomat/pedro/pdf/portugal.pdf>

10. de la Peña, Luis (2007): “La interdisciplina como meta” en *La interdisciplina y las grandes teorías del mundo moderno*. (Julio Muñoz Rubio, Coordinador). México, CEIICH-UNAM. Colección Debate y Reflexión. pp. 253-277.
11. Diacu, Florin y Philip Holmes (1996): *Celestial Encounters. The Origins of Chaos and Stability*. Chichester, Princeton University Press.
12. Dussel, Enrique (2007): “El programa científico de investigación de Karl Marx (ciencia social funcional y crítica)” en *La interdisciplina y las grandes teorías del mundo moderno*. (Julio Muñoz Rubio, Coordinador). México, CEIICH-UNAM. Colección Debate y Reflexión. pp. 43-68.
13. Érdi, Péter (2008): *Complexity Explained*. Berlín, Springer Verlag.
14. (bb) Feyerabend, Paul Karl, (1989): *Contra el método: esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. Barcelona. Ariel.
15. Gutiérrez Sánchez, José Luis (1999): “Teorías, sistemas y comprensión del mundo”, en *Perspectivas en las teorías de sistemas*. (Santiago Ramírez, Coordinador). (Colección Aprender a Aprender). México, CEIICH-UNAM-Siglo XXI. (pp. 93-100).
16. Gutiérrez Sánchez, José Luis (2000): “El sueño de Isaac Asimov o ¿son matematizables las ciencias de lo humano?”, en *Política y Cultura* 13: 33-54, Matemáticas ante las ciencias sociales. Verano de 2000. México, Departamento de Política y Cultura, UAM-X.
17. Heilbron, J.L. (2000): *The Dilemmas of an Upright Man. Max Planck and the Fortunes of German Science*. Cambridge, Harvard University Press.
18. Holmes, Richard (2010): *The Age of Wonder. How the Romantic Generation Discovered the Beauty and Terror of Science*. Nueva York. Vintage Books.
19. Kauffman, Stuart (1995): *At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*. Nueva York, Oxford University Press.
20. Kauffman, Stuart (2000): *Investigations*. Nueva York, Oxford University Press.
21. (bb) Kuhn, Thomas, (1971): *La estructura de las revoluciones científicas*. México, Fondo de Cultura Económica.
22. Lévy Leblond, Jean Marc y Alain Jaubert (1980): *(Auto)crítica de la ciencia*. México, Nueva Imagen.
23. (bb) Mainzer, Klaus (2007): *Thinking in Complexity. The Computational Dynamics of Matter, Mind and Mankind*. Berlín. Springer Verlag.
24. Matthies, M., H. Malchow y J. Kriz, (Editores) (2001): *Integrative Systems Approaches to Natural and Social Dynamics*. Berlín. Springer Verlag.
25. Mayr, Ernst W. y William B. Provine (1997): *The Evolutionary Synthesis*. Harvard. Harvard University Press.
26. (bb) Miramontes, Pedro; J.L. Gutiérrez y G. Cocho (2007): “La evolución biológica desde la perspectiva de la teoría de los sistemas complejos” en *La interdisciplina y las grandes teorías del mundo moderno*. (Julio Muñoz Rubio, Coordinador). México, CEIICH-UNAM. Colección Debate y Reflexión. pp. 151-180.
27. Mitchell, Melanie (2009): *Complexity. A Guided Tour*. Nueva York. Oxford University Press.
28. Morris, Richard (2001): *The Evolutionists. The Struggle for Darwin's Soul*. Nueva York. Henry Holt and Company.
29. Morowitz, Harold J. (2002): *The Emergence of Everything. How the World Became Complex*. Nueva York. Oxford University Press.
30. Richards, Robert J. (2002): *The Romantic Conception of Life. Science and Philosophy in the Age of Goethe*. Londres. The University of Chicago Press.
31. (bb) Rose, Steven y Hilary Rose (compiladores) (1979): *Economía política de la ciencia*. México, Nueva Imagen.

- 32.(bb) Rose, Steven y Hilary Rose (compiladores) (1979): *La radicalización de la ciencia*. México, Nueva Imagen.
- 33.(bb) Russo, Lucio (2004): *The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Had to Be Reborn* (Levy, S., Traductor). Berlín, Springer Verlag.
- 34.(bb) Scheffer, Marten (2009): *Critical Transitions in Nature and Society*. Princeton, Princeton University Press.
35. Turchin, Peter et al. (Editores) (2006): *Historical Dynamics and Development of Complex Societies*. Moscú, URSS.
36. Turchin, Peter (2006): *War and Peace and War*. Nueva York, Plume.
37. von Bertalanffy, L; W.R. Ashby y G.M. Weinberg (1976): *Tendencias en la teoría general de sistemas*. Madrid, Alianza Universidad.
- 38.(bb) von Bertalanffy, Ludwig (1976): *Teoría general de los sistemas*. México, Fondo de Cultura Económica.
39. Volkenshtein M.V. (1981): *Biofísica*. Moscú. Mir.
- 40.(bb) Waddington, Conrad Hal (1977). *Tools for Thought. How to Understand and Apply the Latest Scientific Techniques of Problem Solving*. Nueva York. Basic Books Inc. Publishers.

PROGRAMA DE ESTUDIOS: DINÁMICA NO LINEAL I

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo 28 de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. x

Plan de estudios del que forma parte: MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Propósito(s) general(es): El alumno aprenderá aspectos conceptuales, teóricos y prácticos de la teoría de los sistemas dinámicos; específicamente, los concernientes al análisis cualitativo de la estabilidad local y global de las soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias y en diferencias no lineales. Consecuentemente, el alumno podrá comprender las implicaciones de estos conceptos en modelaciones de procesos sociales, biológicos y físicos basadas con este enfoque.

Carácter		Modalidad		Horas de estudio semestral (18 semanas)	
Indispensable	X	Seminario	Taller	Con Docente	Teóricas 6.0
		Curso	X Curso-taller		Autónomas Teóricas 6.0
Optativa *		Laboratorio	Clínica		Prácticas
				Carga horaria semanal: 6.0	Carga horaria semestral: 96

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
	Dinámica No Lineal II y Dinámica No Lineal III (optativa)

Requerimientos para cursar la asignatura	Conocimientos de ecuaciones diferenciales ordinarias, cálculo diferencial e integral de varias variables, álgebra lineal y elementos de análisis matemático.
--	--

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias con especialidad en Física o Matemáticas.
-------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	M. en C. Jorge Fernando Camacho Pérez, Dr. Faustino Sánchez Garduño

- Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1. Introducción a la teoría de los sistemas dinámicos.

- a) Modelaciones de fenómenos o procesos físicos, biológicos o sociales que dependen del tiempo considerando que éste varía en forma continua o a intervalos discretos.
- b) Sistemas dinámicos continuos y discretos autónomos y no autónomos con respecto del tiempo.
- c) Sistemas discretos.
 - i) Ecuaciones en diferencias.
 - ii) Análisis gráfico (diagramas de telaraña) y órbitas.
 - iii) Puntos fijos y periódicos.
- d) Sistemas continuos.
 - i) Sistemas de ecuaciones diferenciales.
 - ii) El problema de Cauchy y el concepto de flujo.
 - iii) Espacio fase y soluciones de equilibrio.
 - iv) Existencia y unicidad, sensibilidad y derivabilidad ante las condiciones iniciales y los parámetros de las soluciones.

2. Sistemas lineales.

- a) Sistemas discretos.
 - i) Ecuaciones en diferencias lineales homogéneas y no homogéneas.
 - ii) Solución general de mapeos lineales.
 - iii) Mapeos en el plano.
- b) Sistemas continuos.
 - i) Sistemas lineales homogéneos y no homogéneos.
 - ii) Sistemas con coeficientes constantes, diagonalización de la matriz de coeficientes y formas canónicas o de Jordan.
 - iii) Sistemas lineales autónomos bidimensionales y tridimensionales.

3. Teoría de estabilidad y descripción global de trayectorias.

- a) Estabilidad.
 - i) Sistemas discretos.
 - A) Estabilidad de puntos fijos de mapeos.
 - B) Mapeos no lineales y matriz jacobiana.
 - C) Puntos fijos en mapeos bidimensionales: sumideros, fuentes y sillars.
 - ii) Sistemas continuos.
 - A) Estabilidad de Lyapunov.
 - B) Sistemas lineales, linealización de sistemas no lineales y matriz jacobiana.
 - C) Equivalencia topológica local; teorema de Hartman-Grobman.
 - D) Función de Lyapunov.
- b) Descripción global de trayectorias.
 - i) Ceroclinas.
 - ii) Primera integral, sistemas hamiltonianos y de gradiente.
 - iii) Órbitas homoclínicas y heteroclínicas.
 - iv) Teorema de Liouville.

4. Órbitas periódicas.

- a) Sistemas continuos.
 - i) Sistemas lineales no autónomos periódicos. Teoría de Floquet.
 - ii) Órbitas periódicas en sistemas no lineales, ciclos límite y separatrices.
 - iii) Criterio negativo de Bendixon y prueba de Dulac.
 - iv) Conjuntos α y ω límite y teorema de Poincaré-Bendixon.
 - v) Sistemas de Lienard.
 - vi) Métodos perturbativo y de promedio para la estimación de la amplitud y el periodo de las órbitas.
- b) Sistemas discretos.
 - i) Sección de Poincaré.
 - ii) Cuasiperiodicidad.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Discutir en clase los aspectos conceptuales, teóricos y aplicados; fortalecer estas exposiciones con la exhibición de paquetes y programas de cómputo, considerar la resolución de ejercicios en clase y de tarea; sugerir lecturas; así como asesorar proyectos relacionados con las temáticas del curso que podrían entregarse por escrito y exponerse ante la clase al final del curso.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

CRITERIO	PUNTOS
Tareas (conceptuales, teóricas y prácticas)	30
Evaluaciones parciales (conceptuales, teóricas y prácticas)	40
Lecturas	10
Proyecto final	20
Total	100

BIBLIGRAFÍA

1. K. T. Alligood, T. D. Sauer and J. A. Yorke, Chaos. An Introduction to Dynamical Systems (Springer, New York, 1996).
2. A. Medio and M. Linares, Nonlinear dynamics. A primer (Cambridge University Press, UK, 2001).
3. D. K. Arrowsmith and C. M. Place, Dynamical Systems, Differential Equations, Maps and Chaotic Behaviour (Chapman and Hall/CRC, USA, 1992).
4. S. H. Strogatz, Nonlinear Dynamics and Chaos With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering (Westview Press, USA, 2000).

5. M. W. Hirsch, S. Smale and R. L. Devaney, Differential Equations, Dynamical Systems and An Introduction to Chaos. Second Edition (Elsevier Academic Press, USA, 2003).
6. J. W. Jordan and Smith, Nonlinear Ordinary Differential Equations. An Introduction to Dynamical Systems. Third Edition (Oxford University Press, New York, 2004).
7. S. Lynch, Dynamical Systems with Applications using MAPLE (Birkhauser, USA, 2001).
8. G. Fulford, P. Forrester and A. Jones, Modelling with Differential and Difference Equations (Cambridge University Press, UK, 2001).
9. J. Hetao Liu, A First Course in the Qualitative Theory of Differential Equations (Pentice Hall, New Jersey, 2003).
10. P. Glendinning, Stability, instability and chaos: an introduction to the theory of nonlinear differential equation (Cambridge University Press, UK, 1999).
11. V. I. Arnold, Ordinary Differential Equations (MIT Press, USA, 1973).
12. J. Cronin, Differential Equations: Introduction and Qualitative Theory, Second Edition (Marcel Dekker, New York, 1994).
13. F. Brauer and John A. Nohel, The Qualitative Theory of Ordinary Differential Equations: An Introduction (Dover, New York, 1989).
14. A. H. Nayfeh and B. Balachandran, Applied Nonlinear Dynamics (Wiley-VCH, Germany, 2004).
15. S. Wiggins, Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos. Second Edition (Springer, UK, 2003).
16. L. Perko, Differential Equations and Dynamical Systems. Third Edition (Springer, New York, 2001).
17. J. Guckenheimer and P. Holmes, Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields (Springer-Verlag, New York, 2002).

Lecturas sugeridas:

1. M. J. Sometband, Entre el orden y el caos: La complejidad, La Ciencia para todos 167 (FCE, México, 1999).
2. I. Stewart, ¿Juaga Dios a los dados? (Crítica, Barcelona, 2007).
3. R. H. Abraham and C. D. Shaw, Dynamics. The Geometry of Behaviour. Second Edition (Addison-Wesley, USA, 1992).
4. Miguel A. F. Sanjuan y José Manuel Casado Vázquez, "Dinámica No Lineal: Orígenes y Futuro", Física para todos / Física no mundo, enero (2005).
5. S. Pérez-Cacho García, F. M. Gómez Cubillo y J. M. Marbán Prieto, Modelos matemáticos y procesos dinámicos. Un primer contacto (Universidad de Valladolid, Valladolid, 2002).
6. D. Kaplan and L. Glass, Understanding Nonlinear Dynamics (Springer-Verlag, New York, 1995).
7. L. von Bertalanffy, Teoría general de los sistemas (FCE, México, 1995).
8. Juan E. Nápoles Valdés, "Un siglo de teoría cualitativa de ecuaciones diferenciales", Lecturas Matemáticas, Universidad de la Cuanca del Plata 25 (2004).
9. P. N. V. Tu, Dynamical Systems: An Introduction with Applications in Economics and Biology (Springer-Verlag, Berlin, 1992).

Algunas páginas en Internet de interés:

1. DFIELD and PPLANE, <http://math.rice.edu/~dfield/dfpp.html>

2. Easy Java Simulations (EJS), <http://www.um.es/fem/EjsWiki/pmwiki.php?userlang=es>
 3. Dynamical Systems, <http://techmath.uibk.ac.at/numbau/alex/dynamics/index.html>
 4. The Dynamical Systems and Technology Project at Boston University,
<http://math.bu.edu/DYSYS/>
 5. Geogebra applet for families of discrete dynamical systems,
<http://divisbyzero.com/2010/01/01/geogebra-applet-for-families-of-discrete-dynamical-systems/>
 6. JAVA Applets, <http://math.bu.edu/DYSYS/applets/>
 7. Interactive Programs Applets,
http://www.jpimentel.com/ciencias_experimentales/pagwebciencias/pagweb/applets_2.htm
- Física con ordenador, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>

PROGRAMA DE ESTUDIOS: DINÁMICA NO LINEAL II

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo 28 de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. x

Plan de estudios del que forma parte: MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Propósito(s) general(es): El alumno aprenderá aspectos conceptuales, teóricos y prácticos de la teoría de los sistemas dinámicos; específicamente, los concernientes al estudio de las variedades invariantes, las bifurcaciones locales y globales de las soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias y en diferencias no lineales, así como del análisis del comportamiento caótico que pudieran exhibir éstas. Consecuentemente, el alumno contará con la posibilidad de comprender las implicaciones de estos conceptos en modelaciones de procesos sociales, biológicos y físicos basadas con este enfoque.

Carácter		Modalidad		Horas de estudio semestral (18 semanas)	
Indispensable	X	Seminario	Taller	Con Docente	Teóricas 6.0
		Curso	X Curso-taller		Prácticas
Optativa *		Laboratorio	Clínica		
				Carga horaria semanal: 6.0	Carga horaria semestral: 96

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Dinámica No Lineal I	

Requerimientos para cursar la asignatura	Elementos del análisis cualitativo de los sistemas dinámicos; específicamente, los concernientes a los conceptos de estabilidad local y global de las soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias y en diferencias.
---	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias con especialidad en Física o Matemáticas.
--------------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	M. en C. Jorge Fernando Camacho Pérez, Dr. Faustino Sánchez Garduño

- Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1. Variedades invariantes.

- a) Sistemas continuos.
 - i) Variedades, conjuntos invariantes y variedades invariantes.
 - ii) Subespacios estable, inestable y central de sistemas lineales autónomos.
 - iii) Variedades estable, inestable y central en puntos de equilibrio de sistemas no lineales autónomos.
 - iv) Existencia y métodos de construcción de las variedades invariantes.
 - v) Formas normales.
- b) Sistemas discretos.
 - i) Subespacios estable, inestable y central en mapeos lineales.
 - ii) Variedades estable, inestable y central en puntos fijos de mapeos no lineales.
 - iii) Variedades estable, inestable y central de órbitas periódicas.

2. Bifurcaciones.

- a) Sistemas continuos.
 - i) Bifurcaciones locales.
 - A) Bifurcaciones locales nodo-silla, pitchfork y transcítica. Teorema de Sotomayor.
 - B) La aparición de ciclos límite a través de bifurcaciones. Teorema de Poincaré-Andronov-Hopf.
 - C) Biestabilidad, multiestabilidad y el fenómeno de histéresis.
 - D) Codimensión de una bifurcación y desdoblamiento (unfolding).
 - E) Bifurcaciones de Takens-Bogdanov y de sistemas hamiltonianos.
 - ii) Bifurcaciones globales de trayectorias.
 - A) Bifurcaciones de trayectorias heteroclínicas (silla-silla, nodo-silla) y homoclínicas.
 - B) Bifurcaciones en órbitas periódicas no hiperbólicas.
 - iii) Estabilidad estructural. Teorema de Peixoto.
 - iv) Métodos perturbativo y de promedio para bifurcaciones locales, en órbitas periódicas, en sistemas hamiltonianos, etc.
- b) Sistemas discretos.
 - i) Bifurcaciones locales en mapeos: nodo-silla, pitchfork, transcítica y de Neimark-Sacker.
 - ii) Codimensión de una bifurcación local en un mapeo.
 - iii) Bifurcaciones en mapeos bidimensionales.

3. Caos.

- a) Sistemas discretos.
 - i) Caos determinista.
 - A) Sensibilidad a las condiciones iniciales, mezcla y puntos periódicos de mapeos unidimensionales (logístico, tienda, desplazamiento de Bernoulli, etc.).
 - B) Exponentes de Lyapunov.
 - C) Órbitas ergódicas e histogramas de mapeos unidimensionales.
 - ii) Orden y caos.
 - A) Duplicidad de periodo, universalidad y constante de Feigenbaum.
 - B) Teorema de Sharkovskii.
 - C) Otras rutas al caos: cuasi-periodicidad, intermitencia y crisis.
 - iii) Atractores extraños: el mapeo de Henon.

- iv) Dinámica simbólica y mapeo de herradura de Smale.
- v) Geometría del Caos: conjuntos de Julia y de Mandelbrot.
- b) Sistemas continuos.
 - i) Características y medición del caos.
 - A) Sensibilidad a las condiciones iniciales.
 - B) Espectro de Lyapunov, densidades invariantes, espectro de potencias y funciones de correlación.
 - ii) Sistemas hamiltonianos.
 - A) Fundamentos de la mecánica de Hamilton, transformaciones canónicas y formas hamiltonianas normales.
 - B) Sistemas integrables, cuasi integrables y separables, y el teorema de KAM.
 - iii) Algunos sistemas dinámicos tridimensionales.
 - A) Sistemas de Lorenz, Rossler, Chua, Hodking-Huxley, etc.
 - B) Caos cuando $n \geq 3$.
 - iv) Osciladores no lineales forzados de Duffing y Van der Pol.
- c) Temas recientes en el análisis de dinámicas caóticas.
 - i) Análisis de series de tiempo caóticas.
 - ii) Dispersión caótica.
 - iii) Control y sincronización del caos.
 - iv) Caos espacio-temporal y cuántico.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Discutir en clase los aspectos conceptuales, teóricos y aplicados; fortalecer estas exposiciones con la exhibición de paquetes y programas de cómputo, considerar la resolución de ejercicios en clase y de tarea; sugerir lecturas; así como asesorar proyectos relacionados con las temáticas del curso que podrían entregarse por escrito y exponerse ante la clase al final del curso.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

CRITERIO	PUNTOS
Tareas (conceptuales, teóricas y prácticas)	30
Evaluaciones parciales (conceptuales, teóricas y prácticas)	40
Lecturas	10
Proyecto final	20
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

Además de la indicada en el programa de estudios de *Dinámica No Lineal I*, se sugieren:

1. J. Hale and H. Koçak, Dynamics and Bifurcations (Springer-Verlag, New York, 1991).
2. G. Ioos and D. D. Joseph, Elementary Stability and Bifurcation Theory, Second Edition (Springer, New York, 1997).
3. J. Carr, Applications of Centre Manifold Theory (Springer-Verlag, New York, 1981).
4. T. Ma and S. Wang, Bifurcation Theory and Applications, (World Scientific, Singapore, 2005).
5. W. B. Zhang, Differential Equations, Bifurcations, and Chaos in Economics (World Scientific, Singapore, 2005).
6. H. O. Peitgen, H. Jürgens and Dietmar Saupe, Chaos and Fractals. New Frontiers of Science. Second Edition (Springer, USA, 2004).
7. M. Schroeder, Chaos Fractals, Power Laws: Minutes from an Infinite Paradise (Dover, New York, 2009).
8. G. L. Baker and J. P. Gollup, Chaotic Dynamics An Introduction. Second Edition (Cambridge, University Press, UK, 2002).
9. E. Ott, Chaos in Dynamical Systems. Second Edition (Cambridge University Press, New York, 2002).
10. R. C. Hilborn, Chaos and Nonlinear Dynamics. An Introduction for Scientists and Engineers. Second Edition (Oxford University Press, New York, 2006).
11. M. Lakshmanan and S. Rajasekar, Nonlinear Dynamics, Integrability, Chaos and Patterns (Springer, Germany, 2003).
12. J. M. T. Thompson and H. B. Stewart, Nonlinear Dynamics and Chaos. Second Edition (Wiley, New York, 2001).
13. F. C. Moon, Chaotic and Fractal Dynamics. An Introduction for Applied Scientists and Engineers (Wiley-VCH, Germany, 2004).
14. P. Berge, Y. Pomeau and C. Vidal, Order Within Chaos (Hermann, Paris, 1984).
15. H. J. Korsch and H. J. Jodl, Chaos A Program Collection for the PC. Second Edition (Springer, Germany, 1999).
16. M. Tabor, Chaos and Integrability in Nonlinear Dynamics. An Introduction (John Wiley and Sons, New York, 1989).
17. H. G. Schuster and W. Just, Deterministic Chaos. An Introduction. Fourth Edition (Wiley-VCH, Germany, 2005).
18. J. Clinton Sprott, Chaos and Time-Series Analysis (Oxford University Press, UK, 2008).

Lecturas sugeridas:

1. J. Briggs y F. D. Peat, Espejo y reflejo: del caos al orden. Guía ilustrada de la teoría del caos y la ciencia de la totalidad (Gedisa, Barcelona 1990).
2. I. Schifter, La ciencia del caos, La Ciencia para todos 142 (FCE, México, 1996).
3. V. Talanquer, Fractus, fracta, fractal. Fractales de laberintos y espejos, La Ciencia para todos ____ (FCE, México, 1996).
4. E. Braun, Caos, fractales y cosas raras, La Ciencia para todos ____ (FCE, México, 1996).
5. Florin Diacu and Philip Holmes, Celestial Encounters (Princeton University Press, UK, 1996).
6. G. P. Williams, Chaos Theory Tamed (Joseph Henry Press, USA, 1997).
7. E. N. Lorenz, The Essence of Chaos (University of Washington Press, Seattle, 1995).

8. J. Gleick. Chaos: Making a New Science (Penguin, New York, 2008).
9. A. Efros. Física y geometría del desorden (Mir, Moscu, 1987).
10. I. Prigogine, Las leyes del caos (Crítica, Barcelona, 2004).
11. C. Brown, Chaos and Catastrophe Theories. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences 107 (SAGE Publications, USA, 1995).

Algunas páginas en Internet de interés:

1. Serendip, Chaotic Dynamical Systems and Complex Systems,
<http://serendip.brynmawr.edu/chaos/index.html>
2. JAVA APPLETs for Chaos and Fractals,
<http://www.student.math.uwaterloo.ca/~pmat370/JavaLinks.html>
3. Chaos and Fractals, <http://www3.wittenberg.edu/bshelburne/Chaos&FractalsHomePage.htm>
4. Flujo de Couette-Taylor, <http://www-fa.upc.es/websfa/fluids/marc/tc.php?lang=eng>

PROGRAMA DE ESTUDIOS: DINÁMICA NO LINEAL III

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo 28 de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. x

Plan de estudios del que forma parte: MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Propósito(s) general(es): El alumno aprenderá aspectos conceptuales, teóricos y prácticos de la teoría de los sistemas dinámicos; específicamente, los concernientes al análisis cualitativo de los fenómenos de excitabilidad, auto organización y emergencia de patrones que exhiben algunas familias de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, así como el de aquellas ecuaciones diferenciales no lineales que cuentan con soluciones de tipo solitón. Consecuentemente, el alumno podrá comprender las implicaciones de estos conceptos en modelaciones de procesos sociales, biológicos y físicos basadas con este enfoque.

Carácter		Modalidad		Horas de estudio semestral (18 semanas)	
Indispensable		Seminario	Taller	Con Docente	Teóricas 4.5
		Curso	X Curso-taller		Prácticas
Optativa *	X	Laboratorio	Clínica	Carga horaria semanal: 4.5	
				Carga horaria semestral: 72	

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Dinámica No Lineal I y Dinámica No Lineal II	

Requerimientos para cursar la asignatura	Elementos del análisis cualitativo de los sistemas dinámicos; específicamente, los concernientes a los conceptos de estabilidad y bifurcaciones locales y globales.
---	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias con especialidad en Física o Matemáticas.
--------------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	M. en C. Jorge Fernando Camacho Pérez y Dr. Denis Boyer

- Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1. Propagación de ondas en medios excitables.

- a) Medios excitables y sus características.
- b) Transmisión de impulsos nerviosos.
 - i) Los modelos continuos de Hodgkin-Huxley y de FitzHugh-Nagumo para neuronas.
 - ii) Un modelo espacio-temporal.
- c) Ecuaciones de reacción-difusión.
 - i) Leyes de conservación y de Fick.
 - ii) Modelación de procesos difusivos.
- d) Soluciones de tipo onda viajera.
 - i) Análisis local y global.
 - ii) Ecuación de Fisher-KPP.

2. Auto organización y emergencia de patrones.

- a) Estructuras disipativas y rompimientos de simetrías.
- b) Patrones generados por ondas bi y tridimensionales.
 - i) Reacción química de Belousov-Zhabotinski.
 - ii) Modelos de células cardíacas.
- c) Patrones de vegetación y el modelo del Brusselator.
 - i) Inestabilidad de Turing.
 - ii) Inestabilidad de Hopf.
- d) Patrones en algunos sistemas físicos.
 - i) Convección de Rayleigh-Bénard y la ecuación de Swift-Hohenberg.
 - ii) El sistema oscilante de Faraday y la ecuación de Ginzburg-Landau.
- e) Morfogénesis, quimiotaxis y filotaxis.
- f) Coexistencia de patrones regulares y caos.

3. Solitones.

- a) Ecuaciones de solitones y sus soluciones (de Korteweg-de Vries, Schrödinger no lineal, sine-Gordon, etc.).
- b) Técnicas de solución (Dispersión inversa y métodos numéricos).
- c) Construcción y formación de solitones.
- d) Sistemas físicos que exhiben solitones: ondas de agua superficiales, cristales líquidos, fibras ópticas, sistemas magnéticos, etc.).

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Discutir en clase los aspectos conceptuales, teóricos y aplicados; fortalecer estas exposiciones con la exhibición de paquetes y programas de cómputo, considerar la resolución de ejercicios en clase y de tarea; sugerir lecturas; así como asesorar proyectos relacionados con las temáticas del curso que podrían entregarse por escrito y exponerse ante la clase al final del curso.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

CRITERIO	PUNTOS
Tareas (conceptuales, teóricas y prácticas)	30
Evaluaciones parciales (conceptuales, teóricas y prácticas)	40
Lecturas	10
Proyecto final	20
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

1. M. I. Rabinovich, A. B. Ezersky and P. D. Weidman, (World Scientific, Singapore, 2001).
2. L. Lam, Nonlinear Physics for Beginners. Fractals, Chaos, Pattern Formation, Cellular Automata and Complex Systems (World Scientific, Singapore, 1998).
3. L. Lam, Introduction to Nonlinear Physics (Springer-Verlag, New York, 1997).
4. R. Hoyle, Pattern Formation. An Introduction to Methods (Cambridge University Press, UK, 2006).
5. M. C. Cross and P. C. Hohenberg, Pattern formation outside of equilibrium, Reviews of Modern Physics 65, 3 (1993).
6. H. Meinhardt, Models of Biological Pattern Formation (Academic Press, London, 1982).
7. G. Randons, W. Just and P. Haussler (Eds.), Collective Dynamics of Nonlinear and Disordered Systems (Springer-Verlag, Berlin, 2005).
8. J. Billingham and A. C. King, Wave Motion (Cambridge University press, UK, 2000).
9. J. D. Murray, Mathematical Biology: I, An Introduction, Third Edition (Springer, New York, 2003).
10. J. D. Murray, Mathematical Biology: II, Spatial Models and Biomedical Applications, Third Edition (Springer, New York, 2003).
11. N. F. Britton, Essential of Mathematical Biology (Springer, New York, 2004).
12. C. H. Taubes, Modelling Differential Equations in Biology (Cambridge University Press, New York, 2008).
13. H. Malchow, S. V. Petrovskii and E. Venturino, Spatiotemporal Patterns in Ecology and Epidemiology (Chapman and Hall/CRC, New York, 2007).
14. E. Infield and G. Rowlands, Nonlinear Waves, Solitons and Chaos (Cambridge University Press, UK, 2000).
15. P. G. Drazin and R. S. Johnson, Solitons: An Introduction (Cambridge University press, UK, 1993).

Lecturas sugeridas:

1. F. Sánchez Garduño, P. Miramontes y J. L. Gutiérrez Sánchez (Coord.), Clásicos de la biología matemática (Siglo XXI-UNAM, México, 2002).
2. L. Esteva y M. Falconi, Biología Matemática (Facultad de Ciencias UNAM, México, 2002).

3. R. Kulakov, Introducción a la Física de procesos no lineales. (Mir, Moscú, 1990).
4. R. Kádomtsev, Ondas a nuestro alrededor. (Mir, Moscú, 1984).
5. J. A. Scott Kelso, Dynamic Patterns: The Self-Organization of Brain and Behavior (Complex Adaptative Systems) (MIT, USA; 1995).
6. N. Boccara, Modelling Complex Systems (Springer, N Y, 2010).
7. C. Gros, Complex and Adaptative Dynamical Systems. A Primer (Springer-Verlag, Berlin, 2011).

Algunas páginas en Internet de interés:

1. Reacción de Belousov-Zhabotinski, <http://web.eecs.utk.edu/~mclennan/Classes/420/NetLogo/B-Z%20Reaction.html>
2. Celdas de Benard, <http://energy.concord.org/energy2d/bernard-cells.html>
3. Java applets, <http://www.tkm.uni-karlsruhe.de/~carr/soliton.html>
4. Computational Physics Applets, <http://www.physics.orst.edu/~rubin/nacphy/CPapplets/>
5. Physics applets, http://www.edinformatics.com/il/il_physics.htm

PROGRAMA DE ESTUDIOS: INTRODUCCIÓN A LA DINÁMICA NO LINEAL

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo 30 de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. x

Plan de estudios del que forma parte: MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Propósito(s) general(es): El alumno comprenderá aspectos conceptuales de la teoría de los sistemas dinámicos discretos y continuos; específicamente, los concernientes a los fundamentos del análisis cualitativo de la estabilidad, las bifurcaciones y el comportamiento caótico de las soluciones de los sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias (SEDO) y los sistemas de ecuaciones en diferencias (SED) no lineales. Consecuentemente, con base en representaciones geométricas y el manejo de programas de cómputo específicos, el alumno podrá determinar cualitativamente las implicaciones de estos conceptos en modelaciones de procesos sociales, biológicos y físicos basadas con este enfoque.

Carácter		Modalidad		Horas de estudio semestral (18 semanas)	
Indispensable	X	Seminario	Taller	Con Docente	Teóricas 6.0 Prácticas
Optativa *		Curso	Curso-taller	Autónomas	Teóricas 6.0 Prácticas
		Laboratorio	Clínica	Carga horaria semanal: 6.0 Carga horaria semestral: 96	

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Introducción a los Sistemas Dinámicos	

Requerimientos para cursar la asignatura	Conocimientos de los fundamentos del análisis cualitativo de las soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) y de las ecuaciones en diferencias (ED) lineales.
---	--

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias con especialidad en Física o Matemáticas.
--------------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	M. en C. José Luis Gutiérrez Sánchez, Dr. Fernando Ramírez Alatríste y M. en C. Jorge Fernando Camacho Pérez

- Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

3. Sistemas no lineales.

- a) Discusión de los SEDO no lineales, en el contexto de modelos de interacción de dos especies (en competencia y presa-depredador).
- b) Descripción cualitativa de la estabilidad de las soluciones de los SEDO no lineales alrededor de sus puntos de equilibrio.
- c) Descripción cualitativa de la estabilidad de las soluciones de los SED no lineales alrededor de sus puntos de equilibrio
- d) Discusión de las características cualitativas de los ciclos límite.
- e) Uso de la computadora para la solución analítica, cualitativa y numérica de los SEDO y SED no lineales.
- f) Charlas complementarias sobre modelación.
 - i) Modelos presa-depredador modificados.
 - ii) Epidemiología: El modelo SIR de Kermarck y McKendrick.
 - iii) La dinámica del amor: Laura y Petrarca.
 - iv) Reacciones químicas: El modelo Brusselator.
 - v) El péndulo doble.

4. Bifurcaciones y caos.

- a) SEDO y SED dependientes de un parámetro y cambios cualitativos en sus soluciones.
- b) Caos en ED, en el contexto del mapeo logístico.
 - i) Sensibilidad a las condiciones iniciales y densidad de la imagen.
 - ii) Ruta al caos por duplicación de periodos.
 - iii) Taller de experimentación computacional con mapeos caóticos.
- c) Caos en SEDO no lineales tridimensionales, en el contexto del modelo de Lorenz.
 - i) Efecto mariposa.
 - ii) La geometría de los atractores extraños.
- d) Charlas complementarias sobre modelación
 - i) Dinámica de una cuenta ideal que se desliza en un aro giratorio.
 - ii) Ciclos bifurcados en el modelo Keynesiano.
 - iii) Los atractores extraños de Rossler, Chua y Hodking-Huxley.
 - iv) Modelos económicos caóticos.
 - v) Osciladores no lineales forzados.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Discutir en clase los aspectos conceptuales preferentemente mediante con el manejo de programas de cómputo y videos; considerar la resolución de ejercicios en clase y de tarea. Asimismo, sugerir lecturas y asesorar proyectos relacionados con las temáticas del curso que podrían entregarse por escrito y exponerse ante la clase al final del mismo.

Las sesiones se impartirán en el laboratorio de cómputo. Se sugiere que cada una de las temáticas indicadas en las charlas complementarias sobre modelación, sean sesiones bien documentadas de una vez por semana, presentadas ante la clase por el profesor. Sería también deseable que el profesor deje alguna(s) variante(s) de estas modelaciones a los estudiantes para que éstos las resuelvan poniendo en práctica sus conocimientos adquiridos.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

CRITERIO	PUNTOS
Tareas (conceptuales y prácticas)	30
Evaluaciones parciales (conceptuales y prácticas)	40
Lecturas	10
Proyecto final	20
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

Además de la indicada en el programa de estudios de *Introducción a los Sistemas Dinámicos*, se sugieren:

1. D. Kaplan and L. Glass, *Understanding Nonlinear Dynamics* (Springer-Verlag, New York, 1995).
2. S. H. Strogatz, *Nonlinear Dynamics and Chaos with Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering* (Westview Press, USA, 2000).
3. R. H. Abraham and C. D. Shaw, *Dynamics. The Geometry of Behavior. Second Edition* (Addison-Wesley, USA, 1992).
4. C. Brown, *Chaos and Catastrophe Theories. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences 107* (SAGE Publications, USA, 1995).
5. G. P. Williams, *Chaos Theory Tamed* (Joseph Henry Press, USA, 1997).
6. E. Beltrami, *Mathematics for mathematical modeling* (Academic Press, Orlando, 1987).

Algunas lecturas sugeridas:

1. J. Briggs y F. D. Peat, *Espejo y reflejo: del caos al orden. Guía ilustrada de la teoría del caos y la ciencia de la totalidad* (Gedisa, Barcelona 1990).
2. Miguel A. F. Sanjuan y José Manuel Casado Vázquez, "Dinámica No Lineal: Orígenes y Futuro", *Física para todos / Física no mundo*, enero (2005).
3. M. J. Sometband, *Entre el orden y el caos: La complejidad, La Ciencia para todos 167* (FCE, México, 1999).
4. I. Schifter, *La ciencia del caos, La Ciencia para todos 142* (FCE, México, 1996).

5. V. Talanquer, Fractus, fracta, fractal. Fractales de laberintos y espejos, La Ciencia para todos __ (FCE, México, 1996).
6. E. Braun, Caos, fractales y cosas raras, La Ciencia para todos __ (FCE, México, 1996).
7. Florin Diacu and Philip Holmes, Celestial Encounters (Princeton University Press, UK, 1996).
8. E. N. Lorenz, The Essence of Chaos (University of Washington Press, Seattle, 1995).
9. J. Gleick. Chaos: Making a New Science (Penguin, New York, 2008).
10. A. Efros, Física y geometría del desorden (Mir, Moscú, 1987).
11. I. Prigogine, Las leyes del caos (Crítica, Barcelona, 2004).

Algunas páginas en Internet de interés:

1. Serendip, Chaotic Dynamical Systems and Complex Systems, <http://serendip.brynmawr.edu/chaos/index.html>
2. JAVA APPLETS for Chaos and Fractals, <http://www.student.math.uwaterloo.ca/~pmat370/JavaLinks.html>
3. Chaos and Fractals, <http://www3.wittenberg.edu/bshelburne/Chaos&FractalsHomePage.htm>

PROGRAMA DE ESTUDIOS: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DINÁMICOS

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo 30 de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. x

Plan de estudios del que forma parte: MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Propósito(s) general(es): El alumno comprenderá aspectos conceptuales de la teoría de los sistemas dinámicos discretos y continuos; específicamente, los concernientes a los fundamentos del análisis cualitativo de las soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) y de ecuaciones en diferencias (ED) lineales. Consecuentemente, con base en representaciones geométricas y el manejo de programas de cómputo específicos, el alumno podrá determinar cualitativamente las implicaciones de estos conceptos en modelaciones de procesos sociales, biológicos y físicos basadas con este enfoque.

Carácter		Modalidad		Horas de estudio semestral (18 semanas)	
Indispensable	X	Seminario	Taller	Con Docente	Teóricas 6.0
		Curso	X Curso-taller		Prácticas
Optativa *		Laboratorio	Clínica	Carga horaria semanal: 6.0	
				Carga horaria semestral: 96	

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
	Introducción a la Dinámica No Lineal

Requerimientos para cursar la asignatura	Conocimientos de álgebra, geometría analítica y nociones de cálculo diferencial e integral de una variable.
---	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias con especialidad en Física o Matemáticas.
--------------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	M. en C. José Luis Gutiérrez Sánchez, Dr. Fernando Ramírez Alatríste y M. en C. Jorge Fernando Camacho Pérez

- Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1. Introducción.

- a) Introducción a los modelos y representaciones matemáticas de procesos sociales, biológicos y físicos, basadas en sistemas de EDO (dinámica continua) y de ED (dinámica discreta).
- b) Discusión de los conceptos básicos de relación de recurrencia, derivada, antiderivada (y algunas reglas básicas), de EDO y de ED, así como los de serie de tiempo, campo de pendientes, línea de fase, solución estacionaria, fuentes y sumideros en el contexto de modelos de crecimiento poblacional discretos (lineal y logístico) y continuos (Malthus y Verhulst).
- c) Discusión de los conceptos de punto fijo, puntos periódicos y diagrama de telaraña para ED, en el contexto del modelo logístico.
- d) Uso de la computadora para la solución analítica, cualitativa y numérica de las EDO y ED.
- e) Implicaciones prácticas del teorema de existencia y unicidad.
- f) Charlas complementarias sobre modelación.
 - i) Otros modelos poblacionales.
 - ii) Diseminación de innovaciones tecnológicas.
 - iii) La falsificación de obras de arte por Van Meegeren.
 - iv) Dinámica del desarrollo de tumores.
 - v) Proyección del parque vehicular de la Ciudad de México.

2. Sistemas lineales.

- a) Discusión de los sistemas EDO (SEDO) lineales en el contexto del modelo bidimensional de la relación amorosa de Romeo y Julieta de Strogatz.
- b) Geometría de las soluciones, representación matricial y caracterización cualitativa de su dinámica.
- c) Discusión de los sistemas de ED (SED) lineales en el contexto del modelo de Leslie.
- d) Uso de la computadora para la solución analítica, cualitativa y numérica de los SEDO y SED lineales.
- e) Charlas complementarias sobre modelación.
 - i) Un problema de cría de conejos: La sucesión de Fibonacci.
 - ii) Procesos recurrentes en Economía: El modelo de Samuelson.
 - iii) Un modelo para la detección de la diabetes.
 - iv) Teorías matemáticas de la guerra.
 - v) Píldoras para el resfriado.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Discutir en clase los aspectos conceptuales preferentemente mediante con el manejo de programas de cómputo y videos; considerar la resolución de ejercicios en clase y de tarea. Asimismo, sugerir lecturas y asesorar proyectos relacionados con las temáticas del curso que podrían entregarse por escrito y exponerse ante la clase al final del mismo.

Las sesiones se impartirán en el laboratorio de cómputo. Se sugiere que cada una de las temáticas indicadas en las charlas complementarias sobre modelación, sean sesiones bien documentadas de

una vez por semana, presentadas ante la clase por el profesor. Sería también deseable que el profesor deje alguna(s) variante(s) de estas modelaciones a los estudiantes para que éstos las resuelvan poniendo en práctica sus conocimientos adquiridos.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

CRITERIO	PUNTOS
Tareas (conceptuales y prácticas)	30
Evaluaciones parciales (conceptuales y prácticas)	40
Lecturas	10
Proyecto final	20
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

1. D. Acheson, From Calculus to Chaos. An Introduction to Dynamics (Oxford University Press, New York, 1998).
2. J. L. Gutiérrez Sánchez y F. Sánchez Garduño, Matemáticas para las Ciencias Naturales. Aportaciones matemáticas Textos 11 (Sociedad Matemática Mexicana, México, 1998).
3. S. Pérez-Cacho García, F. M. Gómez Cubillo y J. M. Marbán Prieto, Modelos matemáticos y procesos dinámicos. Un primer contacto (Universidad de Valladolid, Valladolid, 2002).
4. R. R. Huckfeldt, C. W. Hohfeld and T. W. Likens, Dynamic Modeling. An Introduction, Series: Quantitative Applications in the Social Sciences 27 (SAGE, Publications, USA, 1982).
5. P. Blanchard, R. L. Devaney, and G. R. Hall, Ecuaciones Diferenciales (International Thomson Editores, México, 1998).
6. R. L. Borrelli, C. S. Coleman, Ecuaciones diferenciales. Una perspectiva de modelación (Oxford-AlfaOmega, México, 2005).
7. D. Lomen y D. Lovelock, Ecuaciones Diferenciales a través de gráficas, modelos y datos (CECSA, México, 2000).
8. M. Braun, Ecuaciones diferenciales y sus aplicaciones (Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1990).
9. B. Barnes and G. R. Fulford, Mathematical Modeling With Case Studies: A Differential Equations Approach Using MAPLE (CRC, New York, 2002).
10. J. H. Davis, Differential Equations with MAPLE. An Interactive Approach (Birkhauser, Boston 2001).
11. S. Lynch, Dynamical Systems with Applications using MAPLE (Birkhauser, USA, 2001).

Lecturas sugeridas:

1. R. Courant y H. Robbins, ¿Qué son las matemáticas? Conceptos y métodos fundamentales (FCE, México, 2002).
2. I. Stewart, ¿Juaga Dios a los dados? (Crítica, Barcelona, 2007).
3. L. von Bertalanffy, Teoría general de los sistemas (FCE, México, 1995).
4. Juan E. Nápoles Valdés, "Un siglo de teoría cualitativa de ecuaciones diferenciales", Lecturas Matemáticas, Universidad de la Cuenca del Plata 25 (2004).
5. V. Amelkin, Ecuaciones diferenciales aplicadas a la práctica (MIR, Moscú, 1987).

Algunas páginas en Internet de interés:

1. DFIELD and PPLANE, <http://math.rice.edu/~dfield/dfpp.html>
2. Easy Java Simulations (EJS), <http://www.um.es/fem/EjsWiki/pmwiki.php?userlang=es>
3. Dynamical Systems, <http://techmath.uibk.ac.at/numbau/alex/dynamics/index.html>
4. The Dynamical Systems and Technology Project at Boston University, <http://math.bu.edu/DYSYS/>
5. Geogebra applet for families of discrete dynamical systems, <http://divisbyzero.com/2010/01/01/geogebra-applet-for-families-of-discrete-dynamical-systems/>
6. JAVA Applets, <http://math.bu.edu/DYSYS/applets/>
7. Interactive Programs Applets, http://www.jpimentel.com/ciencias_experimentales/pagwebciencias/pagweb/applets_2.htm
8. Física con ordenador, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>

PROGRAMA DE ESTUDIOS: SISTEMAS COMPLEJOS I

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo 26 de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. X

Plan de estudios del que forma parte: Maestría en Ciencias de la Complejidad

Propósito(s) general(es): El estudiante:

1. Reconocerá las características básicas asociadas con un sistema complejo.
2. Comprenderá y calculará la dimensión fractal de varios fractales.
3. Comprenderá y clasificará las transiciones de fase en la física.
4. Extrapolará el concepto criticalidad de la física para sistemas complejos.
5. Clasificará y programará autómatas celulares en 1 y 2 dimensiones.
6. Aplicará el teorema de Takens para el análisis de series de tiempo no lineales.

Carácter	Modalidad	Horas de estudio semestral (18 semanas)
Indispensable X	Seminario	Con Docente Teóricas 6.0
	Taller	Autónomas Teóricas 6.0
	Curso X	Prácticas
Optativa *	Laboratorio	Carga horaria semanal: 6.0
	Clínica	Carga horaria semestral: 96

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
	Sistemas Complejos 2

Requerimientos para cursar la asignatura	Conocimientos de álgebra, computación y programación.
--	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias con especialidad en: Física, Matemáticas o Computación.
-------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	Dr. Fernando Ramírez Alatríste M. en C. José Luis Gutiérrez Sánchez

Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

- 1. Introducción a los Sistemas Complejos**
 1. No linealidad
 2. Azar y determinismo, regularidad y caos
 3. Complejidad, herramientas
 4. Sistemas fuera de equilibrio, ruptura de simetría
- 2. Fractales**
 1. Simetrías en la naturaleza
 2. Autosemejanza y estructura geométrica
 1. Ejemplos de autosemejanza en el espacio
 2. Ejemplos de autosemejanza en el tiempo
 3. Implicaciones biológicas de la autosemejanza
 4. Autosemejanza implica una relación de escalamiento
 5. Relaciones de escalamiento
 6. Invariancia de escala
 3. Conjunto de Cantor
 4. Dimensión fractal
 1. Dimensión de autosemejanza
 2. Dimensión de capacidad y conteo de cajas
 3. Dimensión de Hausdorff
 4. Dimensión topológica
 5. Dimensión de embebimiento
 5. Propiedades Estadísticas
 1. La autosemejanza implica que los momentos no existen
 2. Ejemplos
 6. Fractales aleatorios
 7. Crecimiento fractal y percolación
- 3. Criticalidad**
 1. Teoría de Landau las transiciones de fase
 1. Transiciones de fase de primer y segundo orden
 2. Rompimiento espontáneo de simetría
 2. Criticalidad en Sistemas dinámicos
 1. Función de correlación
 2. Longitud de correlación
 3. Invariancia de escala
 4. Universalidad en el punto crítico
 3. Distribuciones libre de escala
 1. Ley de Pareto
 2. Ley de Zipf
 3. Distribución log-Normal
 4. Ruido $1/f$
- 4. Autómatas celulares**
 1. Autómatas celulares en 1D
 1. El autómata celular
 2. Funciones de transición
 3. Reglas totalísticas

4. Condiciones de frontera
5. Algunos autómatas elementales
6. Autómatas celulares que conservan su número
7. Flujo vehicular
8. Clasificación de Wolfram de los autómatas celulares elementales
9. Parámetro de Langton
10. Computación Universal
2. Autómatas celulares en 2D: El juego de la vida de Conway
 1. Formas de vida
 2. Osciladores
 3. Deslizadores
3. Aplicaciones
 1. Modelo de segregación de Schelling
 2. Dilema del prisionero
 3. Depredador-presa
 4. Crecimiento de colonias de bacterias
 5. Difusión
 6. Espín de Ising
 7. La pila de arena
 8. Modelo del fuego en el bosque
4. Auto-organización hacia la zona crítica
 1. Terremotos
 2. Pila de arena
- 5. Series de tiempo No lineales**
 1. Teorema de Takens
 2. Reconstrucción del atractor
 3. Falsos primeros vecinos
 4. El tiempo de retraso
 5. Información mutua promedio
 6. Gráficas de recurrencia

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Sesiones tipo cátedra donde se desarrolle matemáticamente los temas. El uso de la computadora es fundamental para estos cursos, por lo que se proponen sesiones prácticas en el laboratorio de cómputo, con el profesor como facilitador, guiando los temas con ejemplos prácticos y ejercicios para complementar el tema.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

CRITERIO	PUNTOS
Tareas (conceptuales y prácticas)	20
Evaluaciones parciales (conceptuales y prácticas)	80
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

1. Abraham, Neal B., A. M. Albano, A. Passamante, P. E. Rapp y R. Gilmore (Editores) (1992): Complexity and Chaos: Proceedings of the Second Bryn Mawr Workshop on Measures on Complexity and Chaos. Bryn Mawr, Pennsylvania, 13-15 de agosto; Singapur, World Scientific.
2. Anderson Phillip W., (1994): "Physics: The Opening to Complexity". National Academy of Science Proceedings of the Colloquium on Physics: The Opening of Complexity, 27-28 de junio de 1994, Irvine.
3. Auyang, S.Y. (1998): Foundations of Complex System Theories: In Economics, Evolutionary Biology, and Statistical Physics. Cambridge, Cambridge University Press
4. Badii, Remo y Antonio Politi (1997): Complexity: Hierarchical Structures and Scaling in Physics. Nueva York, Cambridge University Press.
5. Bak, Per (1996): How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. Nueva York, Copernicus.
6. Bak, Per y M. Paczuski (1995): Complexity, Contingency, and Criticality en Proceedings of the National Academy of Science 92: 6689-6696.
7. Barnsley Michael F. (1988): Fractals Everywhere. Boston, Academic Press.
8. Bossomaier, Terry R. J. y David G. Green (Eds.), (1999): Complex Systems. Cambridge, Cambridge University Press
9. Claudius Gros, "Complex and Adaptive Dynamical Systems", Springer-Verlag, 2008.
10. Coveney, P. y Roger Highfield, (1992): "The Arrow of Time: A Voyage Through Science to Solve Time's Greatest Mystery". Nueva York, Fawcett Books.
11. Coveney, P. y Roger Highfield (1996). Frontiers of Complexity : The Search for Order in a Chaotic World. Nueva York, Fawcett Books.
12. Falconer, Kenneth J. (1990): Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications. Chichester, John Wiley
13. Goodwin, Brian (1994): "How the Leopard Changed its Spots. The evolution of complexity", Nueva York, Touchstone.
14. Holger Kantz and Thomas Schreiber, Nonlinear Time Series Analysis, Cambridge University Press, 2004.
15. Kaufman, Stuart, (1994): "At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity.", Oxford, Oxford University Press.
16. Larry S. Liebowitz, Fractals and Chaos: Simplified for life Sciences, Oxford University Press, 1998.
17. Lewin, Roger (2000): "Complexity: Life at the Edge of Chaos.", Chicago, University of Chicago Press.
18. Nicolis, Grégoire e Ilya Prigogine (1989): "Exploring Complexity: An Introduction.", Nueva York, W. H. Freeman & Co.
19. Nino Boccarda (1994), "Modeling Complex Systems", Springer-Verlag.

20. Prigogine, Ilya e Isabelle Stengers (1989): "Order Out of Chaos: Man's New Dialogue With Nature." Nueva York, Bantam Doubleday.
21. Stewart, Ian (1998): Life's Other Secret: The New Mathematics of the Living World. Nueva York, John Wiley.
22. Waldrop, M. Mitchell (1992): Complexity: the Emerging Science at the Edge of Order and Chaos. Nueva York, Touchstone Books.

PROGRAMA DE ESTUDIOS: COMPLEJIDAD I

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo 26 de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre			
Nivel	Licenciatura	Maestría	X	Doctorado	
Ciclo	Integración	Básico		Superior	
Colegio	H. y C.S.	C. y T.		C. y H.	X

Plan de estudios del que forma parte: Maestría en Ciencias de la Complejidad

Propósito(s) general(es): El estudiante:

1. Identificará conceptualmente las características básicas asociadas con un sistema complejo.
2. Se iniciarán en la simulación computacional de sistemas dinámicos no lineales discretos simples en los cuales es posible identificar comportamientos complejos

Carácter		Modalidad		Horas de estudio semestral (18 semanas)		
Indispensable	X	Seminario		Taller		
		Curso	X	Curso-taller		
Optativa *		Laboratorio		Clínica		

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
	Complejidad II

Requerimientos para cursar la asignatura	Conocimientos de álgebra y computación.
---	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias con especialidad en: Física, Matemáticas o Computación.
--------------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	Dr. Fernando Ramírez Alatriste M. en C. José Luis Gutiérrez Sánchez

Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1. Introducción a los Sistemas Complejos

1. No linealidad
2. Azar y determinismo, regularidad y caos
3. Complejidad, herramientas
4. Sistemas fuera de equilibrio, ruptura de simetría
2. **Fractales**
 1. Simetrías en la naturaleza
 2. Autosemejanza y estructura geométrica
 1. Ejemplos de autosemejanza en el espacio
 2. Ejemplos de autosemejanza en el tiempo
 3. Implicaciones biológicas de la autosemejanza
 4. Autosemejanza implica una relación de escalamiento
 5. Relaciones de escalamiento
 6. Invariancia de escala
 3. Conjunto de Cantor
 4. Dimensión fractal
 1. Dimensión de autosemejanza
 2. Dimensión de capacidad y conteo de cajas
 5. Fractales aleatorios
 6. Crecimiento fractal y percolación
3. **Criticalidad y transiciones de fase**
 1. Teoría de las transiciones de fase
 1. Transiciones de fase de primer y segundo orden
 2. Rompimiento espontáneo de simetría
 2. Distribuciones libre de escala
 1. Ley de Pareto
 2. Ley de Zipf
 3. Distribución log-Normal
 4. Ruido $1/f$
 3. Patrones emergentes en sistemas complejos
 1. Patrones espaciales
 2. Patrones temporales, sincronización
 3. Ciclos adaptativos
4. **El mundo de los programas simples: autómatas celulares**
 1. Una dimensión
 1. Autómatas elementales. Definición y propiedades generales
 2. Clasificación de Wolfram
 3. Computación universal
 2. Dos dimensiones: El Juego de la vida de Conway
 3. Aplicaciones
 1. Modelo de segregación de Schelling
 2. Dilema del prisionero
 3. Depredador-presa
 4. La pila de arena
 5. Modelo del fuego en el bosque
5. **Auto-organización hacia la zona crítica**
 1. Terremotos
 2. Pila de arena

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

El uso de la computadora es fundamental para estos cursos, por lo que se proponen sesiones prácticas en el laboratorio de cómputo, con el profesor como facilitador, guiando los temas con ejemplos prácticos y ejercicios para complementar el tema.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

CRITERIO	PUNTOS
Tareas (conceptuales y prácticas)	20
Evaluaciones parciales (conceptuales y prácticas)	80
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson Phillip W., (1994): "Physics: The Opening to Complexity".National Academy of Science Proceedings of the Colloquium on Physics: The Opening of Complexity, 27-28 de junio de 1994, Irvine.
2. Claudius Gros, "Complex and Adaptative Dynamical Systems", Spriger-Verlag, 2008.
3. Coveney, P. y Roger Highfield, (1992):"The Arrow of Time: A Voyage Through Science to Solve Time's Greatest Mystery". Nueva York, Fawcett Books.
4. Coveney, P. y Roger Highfield (1996). Frontiers of Complexity : The Search for Order in a Chaotic World. Nueva York, Fawcett Books.
5. Goodwin, Brian (1994): "How the Leopard Changed its Spots. The evolution of complexity", Nueva York, Touchstone.
6. Holger Kantz and Thomas Schreiber, Nonlinear Time Series Analysis, Cambridge University Press, 2004.
7. Kaufman, Stuart, (1994): "At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity.", Oxford, Oxford University Press.
8. Larry S. Liebovitch, Fractals and Chaos: Simplified for life Sciences, Oxford University Press, 1998.
9. Lewin, Roger (2000): "Complexity: Life at the Edge of Chaos.", Chicago, University of Chicago Press.
10. Nicolis, Grégoire e Ilya Prigogine (1989): "Exploring Complexity: An Introduction.", Nueva York, W. H. Freeman & Co.
11. Nino Boccarda(1994), "Modeling Complex System", Spriger-Verlag.
12. Prigogine, Ilya e Isabelle Stengers (1989): "Order Out of Chaos: Man's New Dialogue With Nature." Nueva York, Bantam Doubleday.
13. Stewart, Ian (1998): Life's Other Secret: The New Mathematics of the Living World. Nueva York, John Wiley.

14. Waldrop, M. Mitchell (1992): Complexity: the Emerging Science at the Edge of Order and Chaos. Nueva York, Touchstone Books.

PROGRAMA DE ESTUDIOS: SISTEMAS COMPLEJOS II

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo 26 de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. X

Plan de estudios del que forma parte: Maestría en Ciencias de la Complejidad

Propósito(s) general(es): El estudiante:

1. Reconocerá las herramientas básicas (Agentes, Redes, Series de tiempo no lineales) para el estudio de un sistema complejo.
2. Realizará simulaciones basadas en agentes de modelos de sistemas complejos.
3. Comprenderá la teoría de grafos.
4. Analizará el crecimiento de redes complejas analítica y numéricamente.
5. Comprenderá la formación de patrones desde las perspectivas de ecuaciones de reacción difusión y autómatas celulares.
6. Realizará un análisis de estabilidad para sistemas que formen patrones simples.

Carácter		Modalidad		Horas de estudio semestral (18 semanas)	
Indispensable	X	Seminario	Taller	Con Docente	Teóricas 6.0
		Curso	X Curso-taller	Prácticas	Teóricas 6.0
Optativa *		Laboratorio	Clínica	Carga horaria semanal: 6.0	Carga horaria semestral: 96

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Sistemas Complejos I	Taller de Sistemas Complejos

Requerimientos para cursar la asignatura	Conocimientos de álgebra y computación. Sistemas complejos 1
--	--

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias con especialidad en: Física, Matemáticas o Computación.
-------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	Dr. Fernando Ramírez Alatríste M. en C. José Luis Gutiérrez Sánchez

Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito

INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1. Modelación Basada en Agentes (MBA)

1. Conceptos básicos
2. Introducción a Netlogo
3. Aplicaciones del MBA a problemas sociales
 1. Modelos de la regla de la mayoría
 2. Modelos de propagación de información
 3. Modelos de cooperación
 4. Modelos con estrategias
 5. Modelos de movimiento de agentes (flujo vehicular)

2. Redes complejas

1. Teoría general
 1. Conceptos básicos de la teoría de grafos
 2. Propiedades de las redes aleatorias
 3. Distribuciones de grado
 1. Redes exponenciales
 2. Redes libres de escala
 4. Formalismo de la función generadora
 5. Propiedad de mundo pequeño
 1. Modelos de mundo pequeño
2. Crecimiento de redes
 1. Enlace igualitario
 2. Enlace preferencial
 3. Transición de fase en redes con distribución exponencial
3. Redes Neuronales(*)
 1. Introducción
 2. Estructura y características
4. Redes booleanas(*)
 1. Redes booleanas y topologías de grafos
 2. Funciones de acoplamiento
 3. Dinámica
 4. El flujo de información a través de la red
 5. El diagrama de fase de campo medio
 6. El diagrama de fase de bifurcación
 7. Redes booleanas libres de escala
 8. El ciclo celular de la levadura

3. Medios excitables y formación de patrones

1. Formación de patrones en pieles de animales(*) con AC
2. Medios Excitables
 1. La máquina de Hodgepodge
 2. Reacción de Belousov-Zabotinsky
 3. Actividad Neuronal
3. Ecuaciones de difusión
 1. Solución de la ecuación de difusión
 2. Ecuación de reacción-difusión

3. Análisis de estabilidad
4. Solitones(*)
- 4. Computabilidad, procesos informáticos y cognitivos(*)**
 1. Medios computables y cómputo emergente
 2. Computadoras naturales y artificiales
 3. Computabilidad e incomputabilidad
 4. Sistemas clasificadores y reconocimiento de patrones

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Sesiones tipo cátedra donde se desarrolle matemáticamente los temas. El uso de la computadora es fundamental para estos cursos, por lo que se proponen sesiones prácticas en el laboratorio de cómputo, con el profesor como facilitador, guiando los temas con ejemplos prácticos y ejercicios para complementar el tema.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

CRITERIO	PUNTOS
Tareas (conceptuales y prácticas)	20
Evaluaciones parciales (conceptuales y prácticas)	80
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

1. Abraham, Neal B., A. M. Albano, A. Passamante, P. E. Rapp y R. Gilmore (Editores) (1992): Complexity and Chaos: Proceedings of the Second Bryn Mawr Workshop on Measures on Complexity and Chaos. Bryn Mawr, Pennsylvania, 13-15 de agosto; Singapur, World Scientific.
2. Anderson Phillip W., (1994): "Physics: The Opening to Complexity". National Academy of Science Proceedings of the Colloquium on Physics: The Opening of Complexity, 27-28 de junio de 1994, Irvine.
3. Auyang, S.Y. (1998): Foundations of Complex System Theories: In Economics, Evolutionary Biology, and Statistical Physics. Cambridge, Cambridge University Press
4. Badii, Remo y Antonio Politi (1997): Complexity: Hierarchical Structures and Scaling in Physics. Nueva York, Cambridge University Press.
5. Bak, Per (1996): How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. Nueva York, Copernicus.
6. Bak, Per y M. Paczuski (1995): Complexity, Contingency, and Criticality en Proceedings of the National Academy of Science 92: 6689-6696.
7. Barnsley Michael F. (1988): Fractals Everywhere. Boston, Academic Press.
8. Bossomaier, Terry R. J. y David G. Green (Eds.), (1999): Complex Systems. Cambridge, Cambridge University Press

9. Claudius Gros, "Complex and Adaptative Dynamical Systems", Spriger-Verlag, 2008.
10. Coveney, P. y Roger Highfield, (1992): "The Arrow of Time: A Voyage Through Science to Solve Time's Greatest Mystery". Nueva York, Fawcett Books.
11. Coveney, P. y Roger Highfield (1996). Frontiers of Complexity : The Search for Order in a Chaotic World. Nueva York, Fawcett Books.
12. Falconer, Keneth J. (1990): Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications. Chichester, John Wiley
13. Goodwin, Biran (1994): "How the Leopard Changed its Spots. The evolution of complexity", Nueva York, Touchstone.
14. Holger Kantz and Thomas Schreiber, Nonlinear Time Series Analysis, Cambridge University Press, 2004.
15. Kaufman, Stuart, (1994): "At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity.", Oxford, Oxford University Press.
16. Larry S. Liebovitch, Fractals and Chaos: Simplified for life Sciences, Oxford University Press, 1998.
17. Lewin, Roger (2000): "Complexity: Life at the Edge of Chaos.", Chicago, University of Chicago Press.
18. Nicolis, Grégoire e Ilya Prigogine (1989): "Exploring Complexity: An Introduction.", Nueva York, W. H. Freeman & Co.
19. Nino Boccarra(1994), "Modeling Complex System", Spriger-Verlag.
20. Prigogine, Ilya e Isabelle Stengers (1989): "Order Out of Chaos: Man's New Dialogue With Nature." Nueva York, Bantam Doubleday.
21. Stewart, Ian (1998): Life's Other Secret: The New Mathematics of the Living World. Nueva York, John Wiley.
22. Waldrop, M. Mitchell (1992): Complexity: the Emerging Science at the Edge of Order and Chaos. Nueva York, Touchstone Books.

PROGRAMA DE ESTUDIOS: COMPLEJIDAD II

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo 26 de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. X

Plan de estudios del que forma parte: Maestría en Ciencias de la Complejidad

Propósito(s) general(es): El estudiante:

1. Reconocerá las herramientas básicas (Agentes, Redes, Series de tiempo no lineales) para el estudio de un sistema complejo.
2. Realizará simulaciones basadas en agentes de modelos sistemas complejos.
3. Comprenderá las propiedades topológicas básicas de una red compleja.
4. Utilizará software para analizar redes complejas.
5. Utilizará software para el análisis de series de tiempo.

Carácter		Modalidad		Horas de estudio semestral (18 semanas)	
Indispensable	X	Seminario	Taller	Con Docente	Teóricas 6.0
		Curso	X Curso-taller	Prácticas	Autónomas Teóricas 6.0
Optativa *		Laboratorio	Clínica	Carga horaria semanal: 6.0	Carga horaria semestral: 96

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Complejidad I	Taller de Sistemas Complejos

Requerimientos para cursar la asignatura	Conocimientos de álgebra y computación. Complejidad 1
--	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias con especialidad en: Física, Matemáticas o Computación.
-------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	Dr. Fernando Ramírez Alatríste M. en C. José Luis Gutiérrez Sánchez

Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1. **Modelación Basada en Agentes (MBA)**
 1. Conceptos básicos
 2. Introducción a Netlogo
 3. Aplicaciones del MBA a problemas sociales
 1. Modelos de la regla de la mayoría
 2. Modelos de propagación de información
 3. Modelos de cooperación
 4. Modelos con estrategias
 5. Modelos de movimiento de agentes (flujo vehicular)
2. **Redes complejas**
 1. Teoría general
 1. Conceptos básicos de la teoría de grafos
 2. Redes exponenciales
 3. Redes libres de escala
 4. Propiedad de mundo pequeño
 1. Modelos de mundo pequeño
 2. Crecimiento de redes
 1. Enlace igualitario
 2. Enlace preferencial
 3. Transición de fase en redes con distribución exponencial
 3. Redes Neuronales(*)
 1. Introducción
 2. Estructura y características
3. **Series de Tiempo no lineales**
 1. Teorema de Taken
 2. Reconstrucción del atractor
 3. Falsos primeros vecinos
 4. El tiempo de retraso
 5. Información mutua promedio
 6. Gráficas de recurrencia

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

El uso de la computadora es fundamental para estos cursos, por lo que se proponen sesiones prácticas en el laboratorio de cómputo, con el profesor como facilitador, guiando los temas con ejemplos prácticos y ejercicios para complementar el tema.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

CRITERIO	PUNTOS
Tareas (conceptuales y prácticas)	20
Evaluaciones parciales (conceptuales y prácticas)	80
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson Phillip W., (1994): "Physics: The Opening to Complexity". National Academy of Science Proceedings of the Colloquium on Physics: The Opening of Complexity, 27-28 de junio de 1994, Irvine.
2. Claudius Gros, "Complex and Adaptative Dynamical Systems", Spriger-Verlag, 2008.
3. Coveney, P. y Roger Highfield, (1992): "The Arrow of Time: A Voyage Through Science to Solve Time's Greatest Mystery". Nueva York, Fawcett Books.
4. Coveney, P. y Roger Highfield (1996). Frontiers of Complexity : The Search for Order in a Chaotic World. Nueva York, Fawcett Books.
5. Goodwin, Brian (1994): "How the Leopard Changed its Spots. The evolution of complexity", Nueva York, Touchstone.
6. Holger Kantz and Thomas Schreiber, Nonlinear Time Series Analysis, Cambridge University Press, 2004.
7. Kaufman, Stuart, (1994): "At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity.", Oxford, Oxford University Press.
8. Larry S. Liebowitch, Fractals and Chaos: Simplified for life Sciences, Oxford University Press, 1998.
9. Lewin, Roger (2000): "Complexity: Life at the Edge of Chaos.", Chicago, University of Chicago Press.
10. Nicolis, Grégoire e Ilya Prigogine (1989): "Exploring Complexity: An Introduction.", Nueva York, W. H. Freeman & Co.
11. Nino Boccarda (1994), "Modeling Complex System", Spriger-Verlag.
12. Prigogine, Ilya e Isabelle Stengers (1989): "Order Out of Chaos: Man's New Dialogue With Nature." Nueva York, Bantam Doubleday.
13. Stewart, Ian (1998): Life's Other Secret: The New Mathematics of the Living World. Nueva York, John Wiley.
14. Waldrop, M. Mitchell (1992): Complexity: the Emerging Science at the Edge of Order and Chaos. Nueva York, Touchstone Books.

PROGRAMA DE ESTUDIOS: TALLER DE COMPLEJIDAD

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. X

Plan de estudios del que forma parte: Maestría en Ciencias de la Complejidad (MCC)

Propósito(s) general(es): En el taller de complejidad, el estudiante,

1. interactuará con representantes de distintas organizaciones, funcionarios y profesionistas de distintos campos del conocimiento, interesados en las problemáticas de la Ciudad de México.
2. aplicarán herramientas de análisis y representación de sistemas complejos para generar búsquedas interdisciplinarias de solución de problemas específicos de la Ciudad de México.
3. producirá proyectos de investigación y de investigación-acción que integren contribuciones de participantes con distintas formaciones y en los que se aplique la visión y las herramientas de la teoría de los sistemas complejos

Carácter	Modalidad	Horas de estudio semestral (18 semanas)
Indispensable X	Seminario Taller X	Con Teóricas Autónomas Teóricas
	Curso Curso-taller	Prácticas 4.5 Prácticas 4.5
Optativa *	Laboratorio Clínica	Carga horaria semanal: 4.5 Carga horaria semestral: 72

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Ciencia y Sociedad I y II; Sistemas Complejos I y II (opción curricular A); Complejidad I y II (opción curricular B)	Seminario de investigación

Requerimientos para cursar la asignatura	Comprensión de los fundamentos de la teoría de los sistemas complejos, de la forma en que se construyen modelos dinámicos de procesos no lineales y de las simulaciones computacionales como experimentación <i>in silico</i> .
--	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias (Física, Biología, Matemáticas o de la Computación).
-------------------------------	---

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no Lineal y Sistemas Complejos	Doctor Germinal Cocho Gil; M. en C. José Luis Gutiérrez Sánchez y Doctor Fernando Ramírez Alatriste

- Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1 Problemas específicos de la Ciudad de México

1.1 Objetivos: Los participantes,

- 1.1.1 Identificarán elementos de la dinámica de los procesos relacionados con cada problema y que pueden ser factores determinantes en su evolución.
- 1.1.2 Con base en la identificación anterior, propondrán una jerarquización de los determinantes posibles según el peso que, desde su perspectiva, se le pueda atribuir a cada uno.

1.2 Contenido temático

- 1.2.1 Salud y alimentación;
- 1.2.2 Violencia y seguridad;
- 1.2.3 Sustentabilidad:
 - 1.2.3.1 medioambiente: agua, energía y cambio climático;
 - 1.2.3.2 transporte y tránsito vehicular;
 - 1.2.3.3 crecimiento y planeación del desarrollo urbano.
- 1.2.4 Educación:
 - 1.2.4.1 El sistema de educación pública;
 - 1.2.4.2 La influencia de los medios masivos;
 - 1.2.4.3 Experiencias alternativas;
 - 1.2.4.4 Internet y redes

2 Política organizativa

2.1 Objetivos: Los participantes,

- 2.1.1 Identificarán cómo influyen los procesos de transformación de la materia, la energía, la información, el conocimiento y la política organizativa en la evolución de los problemas específicos de la Ciudad de México abordados en el módulo 1.
- 2.1.2 Con base en la identificación anterior, plantearán qué tipo de participación ciudadana, de comunidades de ayuda, aprendizaje o práctica y de redes comunitarias podrían, desde su perspectiva, constituir factores capaces de influir en la dinámica de tales problemas específicos.

2.2 Contenido temático

- 2.2.1 Materia, energía, información, comunicación y política organizativa;
- 2.2.2 Participación ciudadana;
- 2.2.3 Comunidades de ayuda mutua, aprendizaje y práctica;
- 2.2.4 Redes comunitarias.

3 Herramientas de representación y análisis

3.1 Objetivos: Los participantes,

- 3.1.1 Identificarán la complejidad como una característica que puede resultar de las interacciones no lineales de los componentes de un sistema que evoluciona, aprende o se adapta de manera autónoma y endógena y da lugar a propiedades globales del sistema que no están presentes en los agentes individuales y sólo surgen merced a la acción colectiva.
- 3.1.2 Sobre la base de los objetivos correspondientes al módulo 1 y de la identificación anterior, plantearán hipótesis respecto a cómo emerge la complejidad en la dinámica de los problemas de la Ciudad de México.
- 3.1.3 Aplicarán simuladores computacionales para representar numérica y geométricamente *in silico* el comportamiento de sistemas dinámicos continuos o discretos; en particular, la evolución de redes complejas o de interacción multi-agentes.

3.2 Contenido temático: uso de simuladores computacionales (en el contexto de los modelos propuestos en los módulos anteriores) de dinámica:

- 3.2.1 de redes.
- 3.2.2 sistemas continuos.
- 3.2.3 multiagentes.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

En las primeras cuatro sesiones se establecerá una dinámica de seminario-taller en las que se vayan planteando los problemas específicos de la Ciudad de México para los cuales se buscará, en el desarrollo ulterior del curso, desarrollar una propuesta de proyecto de investigación o de investigación-acción que, desde la perspectiva de los sistemas complejos, pueda hacer aportaciones a la solución de cada problema. Las siguientes cuatro sesiones, se desarrollarán dinámicas de pequeños grupos de discusión (de cuatro o cinco personas) interdisciplinaria, donde se sugiera cuáles pueden ser los componentes del sistema dinámico cuya evolución habría que modelar. El resto del semestre, los equipos elaborarán el proyecto de investigación e iniciarán las posibles simulaciones computacionales inherentes al mismo.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

Para obtener el certificado del Taller de Complejidad, el estudiante presentará, por escrito un proyecto de investigación interdisciplinario sobre algún problema de la Ciudad de México (salud,

tráfico vehicular, medioambiente, agua, educación, organización social, etcétera) que se aborde desde la perspectiva de los sistemas complejos. El proyecto deberá incluir:

1. Resumen; al final de éste, palabras clave.
2. Introducción
3. Antecedentes
4. Objetivo general
5. Objetivos particulares
6. Justificación
7. Metodología
8. Referencias hemerobibliográficas.

CRITERIO	PUNTOS
Coherencia entre las partes del proyecto de investigación	30
Claridad de los objetivos general y particulares del proyecto de investigación	20
Pertinencia de las herramientas matemáticas de modelación	50
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

1. Albert, Alain (Editor) (1995): *Chaos and Society*. Amsterdam, IOS Press.
2. Allen, Peter M. (1997): *Cities and Regions as Self-Organizing Systems. Models of Complexity*. Amsterdam, Gordon and Breach Science Publishers.
3. Altmann, Gabriel y Walter A. Koch, (Editores) (1998): *Systems, New Paradigms for the Human Sciences*. Berlín, De Gruyter.
4. Arthur, Brian W. (1997): *The Economy as an Evolving Complex System II*. Reading, Perseus Books. (Proceedings Volume, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Vol 27).
5. (bb) Axelrod, Robert (1984): *The Evolution of Cooperation*. Nueva York, Basic Books.
6. Axelrod, Robert (1997): *The Complexity of Cooperation. Agent-based Models of Competition and Cooperation*. Chichester. Princeton University Press.
7. Axelrod, Robert y Michael D. Cohen (2000): *Harnessing Complexity: Organizational Implications of a Scientific Frontier*. Reading, Free Press.
8. Batty, Michael (2005) *Cities and Complexity. Undersatnding Cities with Cellular Automatas, Agent-Based Models and Fractals*. Cambridge, Massachussets. MIT Press.
9. Bonabeau, Eric, Marco Dorigo y Guy Theraulaz (1999): *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. Nueva York, Oxford University Press. (Santa Fe Institute Studies on the Sciences of Complexity).
10. (bb) Bushev, Mikhail (1994): *Synergetics: Chaos, Order, Self-Organization*. Singapur, World Scientific.
11. Camazine, Scott (Editor) (2001): *Self-Organization in Biological Systems*. Princeton Studies in Complexity. Princeton, Princeton University Press.
12. Dugatkin, Lee Alan (1997): *Cooperation Among Animals: An Evolutionary Perspective*. Nueva

York, Oxford University Press.

13. Eldredge, Niles y Marjorie Greene (1992): *Interactions: the Biological Context of Social Systems*. Nueva York, Columbia University Press.
14. Érdi, Péter (2008): *Complexity Explained*. Berlín, Springer Verlag.
15. Epstein, Joshua M. y Robert L. Axtell (1996): *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*. Washington, Brookings Institution. (A monograph of the 2050 Project, a collaborative effort of the Brookings Institution, the Santa Fe Institute and the World Resources Institute.
16. Gilbert, Nigel y Rosaria Conte (Editores) (1995): *Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. Londres, UCL Press.
17. Gumerman, George J. (2000): *Dynamics in Human and Primate Societies: Agent-Based Modeling of Social and Spatial Processes*. (Editor: T. A. Kohler), Nueva York, Oxford University Press. (Santa Fe Institute Studies on the Sciences of Complexity).
18. Herrmann, Heinz (1998). *From Biology to Sociopolitics: Conceptual Continuity in Complex Systems*. New Haven, Yale University Press.
19. Karlqvist, Anders (1994): *Cooperation and Conflict in General Evolutionary Processes*. (Editor: J. L. Casti), Nueva York, John Wiley & Sons.
20. Kropotkin, Peter (1989): *Mutual Aid: A Factor of Evolution*. Boston, Black Rose Books.
21. (bb) Mainzer, Klaus (2007): *Thinking in Complexity. The Computational Dynamics of Matter, Mind and Mankind*. Berlín. Springer Verlag.
22. Mandelbrot, Benoît (Editor) (1997): *Fractals and Scaling in Finances: Discontinuity, Concentration, Risk*. Nueva York, Springer. Verlag.
23. Mantegna, Rosario Nunzio y H. Eugene Stanley (1999): *An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance*. Nueva York, Cambridge University Press
24. Matthies, M., H. Malchow y J. Kriz, (Editores) (2001): *Integrative Systems Approaches to Natural and Social Dynamics*. Berlín. Springer Verlag.
25. Mitchell, Melanie (2009): *Complexity. A Guided Tour*. Nueva York. Oxford University Press.
26. Moritz, Robin F. A. y Edward E. Southwick (1992): *Bees as superorganisms: an evolutionary reality*. Berlín, Springer. Verlag.
27. Omicini, Andrea, Robert Tolksdorf y Franco Zambonelli (Editores) (2000): *Engineering Societies in the Agents World: First International Workshop*. Berlín, Springer. Verlag.
28. Pascale, Richard T., Mark Millemann y Linda Gioja (2000): *Surfing the Edge of Chaos: The Laws of Nature and the New Laws of Business*. Nueva York, Three Rivers Press.
29. Peters, Edgar (1994): *Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment and Economics*. Nueva York, John Wiley & Sons.
30. Stacey, Ralph D. (1996): *Complexity and Creativity in Organizations*. Berrett-Koehler.
31. Stacey, Ralph D., Douglas Griffin y Patricia Shaw (2001): *Complexity and Management: Fad or Radical Challenge?* (Complexity and Emergence in Organisations). Routledge.
32. Resnick, Mitchel (1997): *Turtles, Termites, and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds*. Cambridge, MIT Press. (Complex Adaptive Systems).
33. Ridley, Matt (1998): *The Origins of Virtue: Human Instincts and the Evolution of Cooperation*. Nueva York, Viking.
34. (bb) Scheffer, Marten (2009): *Critical Transitions in Nature and Society*. Princeton, Princeton University Press.
35. Turchin, Peter et al. (Editores) (2006): *Historical Dynamics and Development of Complex Societies*. Moscú, URSS.
36. von Bertalanffy, L; W.R. Ashby y G.M. Weinberg (1976): *Tendencias en la teoría general de sistemas*. Madrid, Alianza Universidad.
37. (bb) von Bertalanffy, Ludwig (1976): *Teoría general de los sistemas*. México, Fondo de

Cultura Económica.

38. Volkenshtein M.V. (1981): *Biofísica*. Moscú. Mir.
39. (bb) Waddington, Conrad Hal (1977). *Tools for Thought. How to Understand and Apply the Latest Scientific Techniques of Problem Solving*. Nueva York. Basic Books Inc. Publishers.
40. Watts, Duncan J. (1999): *Small Worlds: the Dynamics of Networks between Order and Randomness*. Princeton, Princeton University Press. (Princeton Studies in Complexity).

PROGRAMA DE ESTUDIOS: TALLER PROPEDÉUTICO DE MODELACIÓN

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo 26 de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre			
Nivel	Licenciatura	Maestría	X	Doctorado	
Ciclo	Integración	Básico		Superior	
Colegio	H. y C.S	C. y T.		C. y H.	X

Plan de estudios del que forma parte: Maestría en complejidad opción B

Propósito(s) general(es): El estudiante:

1. Discutirá temas selectos de áreas afines al interés del estudiante a través de artículos donde la complejidad ha dado enfoques alternativos.
2. Realizará un trabajo de campo donde recolecte datos de un sistema social/biológico de su interés y los analice con las técnicas propias de su disciplina.
3. Discutirá su trabajo bajo el enfoque de otras disciplinas afines.
4. Contrastará el trabajo del punto anterior con el enfoque de Sistemas Complejos.
5. Desarrollará un modelo del sistema social/biológico con las herramientas de sistemas complejos, dejando su implementación para el taller de Sistemas Complejos.

Carácter		Modalidad			Horas de estudio semestral (18 semanas)					
Indispensable		Seminario	Taller		Con Docente	Teóricas	1	Autónomas	Teóricas	1
		Curso	Curso-taller	X		Prácticas	2		Prácticas	1
Optativa *	X	Laboratorio	Clínica		Carga horaria semanal: 3.0		Carga horaria semestral: 48			

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Sistemas Complejos II B	Taller de Sistemas Complejos

Requerimientos para cursar la asignatura	Conocimientos de álgebra y computación.
---	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias con especialidad en: Física, Matemáticas o Computación.
--------------------------------------	--

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
---	------------------------

MDNlySC

Dr. Fernando Ramírez Alatríste
M. en C. José Luis Gutiérrez Sánchez

Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

1. **Modelación matemática**
2. **Proceso del modelado**
 - a) Lluvia de ideas
 - b) Enfoque sus ideas en la teoría
 - c) Construcción de hipótesis
 - d) Diagramas de flujo
 - e) Codificación y documentación
 - f) Validación del modelo
 - g) Comprobación y publicación
 - h) Ejemplos
3. **Construcción de modelos del interés del estudiante, en esta parte, el temario se adaptará al interés del estudiante, por lo que no es posible plantear uno general.**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

Las primeras partes consistirán en cátedras, el punto 3 se llevará casi todo el curso-taller y consistirá en sesiones de exposición por parte del estudiante del trabajo realizado y sesiones para desarrollar el modelo del sistema de interés por parte del estudiante.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

CRITERIO	PUNTOS
Exposición parciales	50
Exposiciones final	50
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

1. Manual de Netlogo en <http://online.sfsu.edu/~jjohnson/NetlogoTranslation/index.html>
2. Bender, E.A. [1978] (2000). An Introduction to Mathematical Modeling, New York : Dover.
3. Gershenfeld, N. (1998) The Nature of Mathematical Modeling, Cambridge University press
4. Pérez-Cacho, S.; F. Ma. Gómez Cubillo y J. Ma. Marbán Prieto (2002): *Modelos matemáticos y procesos dinámicos. Un primer contacto*. Valladolid, Universidad de Valladolid (348 p.).

PROGRAMA DE ESTUDIOS: SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. X

Plan de estudios del que forma parte: Maestría en Ciencias de la Complejidad (MCC)

Propósito(s) general(es): En el seminario de investigación, el estudiante,

1. Identificará su tema de investigación de entre la lista de líneas de investigación disponibles para la maestría
2. Iniciará el desarrollo de este tema
3. Identificará a su posible director de tesis

Carácter		Modalidad				Horas de estudio semestral (18 semanas)			
Indispensable	X	Seminario	X	Taller		Con Docente	Teóricas	3	Autónomas
		Curso		Curso-taller			Prácticas		Teóricas
Optativa *		Laboratorio		Clínica					Prácticas
						Carga horaria semanal:		3	Carga horaria semestral:
									48

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Ninguna	Seminario de Tesis

Requerimientos para cursar la asignatura	Comprensión de lectura de textos académicos (desde artículos técnicos hasta ensayos filosóficos) en inglés.
---	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias (Física, Biología o Matemáticas)
--------------------------------------	---

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	Dr. Felipe Contreras

- Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

Algunos de los temas de las líneas de investigación que se analizarán en este seminario incluyen:

- 1) Sociocomplejidad y simulación computacional de dinámicas sociales.
- 2) Dinámica de la economía y los mercados financieros.
- 3) Aplicaciones de la teoría de los sistemas complejos a la organización de los servicios públicos y la solución de problemas urbanos (salud, red hidráulica, vialidad y transporte, etcétera).
- 4) Morfogénesis y evolución.
- 5) Biología teórica, origen de la vida y evolución.
- 6) Genómica computacional y reconocimiento de patrones.
- 7) Dinámica de sistemas y medios excitables
- 8) Epidemiología, inmunología y ecología matemáticas.
- 9) Modelos basados en agentes y cómputo neuronal
- 10) Modelos matemáticos de la evolución de genes y proteínas.
- 11) Máquinas moleculares biológicas.
- 12) Sustentabilidad, medioambiente y complejidad.
- 13) Cómputo emergente y redes complejas
- 14) Minería de datos
- 15) Las que surjan de la dinámica de crecimiento de las ciencias de la complejidad

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

Para obtener el certificado de Seminario de Investigación, el estudiante presentará, por escrito:

1. un reporte de la investigación (descrita en el apartado anterior) que haya llevado a cabo a lo largo del semestre. El reporte, de una extensión máxima de diez (10) cuartillas, debe contener: título, resumen, palabras clave, introducción, desarrollo y bibliografía.

CRITERIO	PUNTOS
Pertinencia del reporte de investigación	50
Claridad en la introducción y el desarrollo del reporte de investigación	50
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

La incluida en todas las otras unidades curriculares.

PROGRAMA DE ESTUDIOS: SEMINARIO DE TESIS

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	Marzo de 2012
Aprobación	
Aplicación	

Clave		Semestre	
Nivel	Licenciatura	Maestría	X Doctorado
Ciclo	Integración	Básico	Superior
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	C. y H. X

Plan de estudios del que forma parte: Maestría en Ciencias de la Complejidad (MCC)

Propósito(s) general(es): En el Seminario de Tesis, el estudiante,

1. Concluirá el desarrollo de su tema de tesis
2. Aprenderá las habilidades básicas para desarrollar una tesis

Carácter	Modalidad	Horas de estudio semestral (18 semanas)
Indispensable X	Seminario X Taller	Con Docente Teóricas 3 Autónomas Teóricas 3
	Curso Curso-taller	Prácticas
Optativa *	Laboratorio Clínica	Carga horaria semanal: 3 Carga horaria semestral: 48

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Ninguna	Seminario de Tesis

Requerimientos para cursar la asignatura	Comprensión de lectura de textos académicos (desde artículos técnicos hasta ensayos filosóficos) en inglés.
--	---

Perfil deseable del profesor:	Maestro o Doctor en Ciencias (Física, Biología o Matemáticas)
-------------------------------	---

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
Dinámica no lineal y sistemas complejos	Dr. Felipe Contreras

- Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

CONTENIDOS

Algunos de los temas de las líneas de investigación que se analizarán en este seminario incluyen:

- 1) Sociocomplejidad y simulación computacional de dinámicas sociales.
- 2) Dinámica de la economía y los mercados financieros.
- 3) Aplicaciones de la teoría de los sistemas complejos a la organización de los servicios públicos y la solución de problemas urbanos (salud, red hidráulica, vialidad y transporte, etcétera).
- 4) Morfogénesis y evolución.
- 5) Biología teórica, origen de la vida y evolución.
- 6) Genómica computacional y reconocimiento de patrones.
- 7) Dinámica de sistemas y medios excitables
- 8) Epidemiología, inmunología y ecología matemáticas.
- 9) Modelos basados en agentes y cómputo neuronal
- 10) Modelos matemáticos de la evolución de genes y proteínas.
- 11) Máquinas moleculares biológicas.
- 12) Sustentabilidad, medioambiente y complejidad.
- 13) Cómputo emergente y redes complejas
- 14) Minería de datos
- 15) Las que surjan de la dinámica de crecimiento de las ciencias de la complejidad

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CERTIFICACIÓN

Para obtener el certificado de Seminario de Investigación, el estudiante presentará, por escrito:

1. Presentación de avances mensuales a su director de tesis

CRITERIO	PUNTOS
Pertinencia de los avances	50
Claridad en el desarrollo del tema	50
Total	100

BIBLIOGRAFÍA

La incluida en todas las otras unidades curriculares.