

ANEXO III COMPLEJIDAD: Estado del Arte y Cartera de Proyectos

Estado del Arte

Con base en el análisis de los Catálogos de investigadores, instituciones, programas de formación de estudiantes e infraestructura dedicados en todo México a las Ciencias de la Complejidad, queda claro que el desarrollo de este área y enfoque metodológico/conceptual de las ciencias interdisciplinarias es apenas incipiente, pero en algunas Instituciones como la UNAM, el Instituto Politécnico Nacional, incluyendo el CINVESTAV, en la UACM y en la UAM, así como en varias Instituciones del Interior de la República, se encuentra en franco crecimiento y existen algunos grupos de investigación ya con reconocimiento internacional en las Ciencias de la Complejidad en sus distintas vertientes temáticas.

En las siguientes gráficas (1,2 y 3) y cuadros se resumen análisis de los catálogos integrados en el Eje de Complejidad (Anexo Complejidad I). Resulta claro que a la fecha la red integrada en este Eje (Complejidad y Transdisciplinariedad) a partir del apoyo de CONACyT ha logrado integrar ya una proporción importante (85/186) de los investigadores que desarrollan en México algún estudio desde el enfoque de las Ciencias de la Complejidad (Ver Gráfica 1).

En las diferentes áreas de las Ciencias de la Complejidad se tienen registrados 186 investigadores pertenecientes a 26 instituciones nacionales. El área de las Ciencias Físicas es la que integra a un mayor número de investigadores (65) e instituciones (7), las Biológicas con 36 pero con igual número de instituciones que la anterior. Las áreas de las Ciencias Sociales es la que cuenta con mayor participación institucional: BUAP, UC, UIA, UJG, UAT, UNAM, UACM, UAM y UAEM (9), representada por 27 investigadores. Las siguientes áreas se enlistan de acuerdo al número de investigadores participantes, Matemáticas (15), Humanidades (12), Ingenierías (11), Medicas (9), Químicas (8), y las Agrociencias (3).

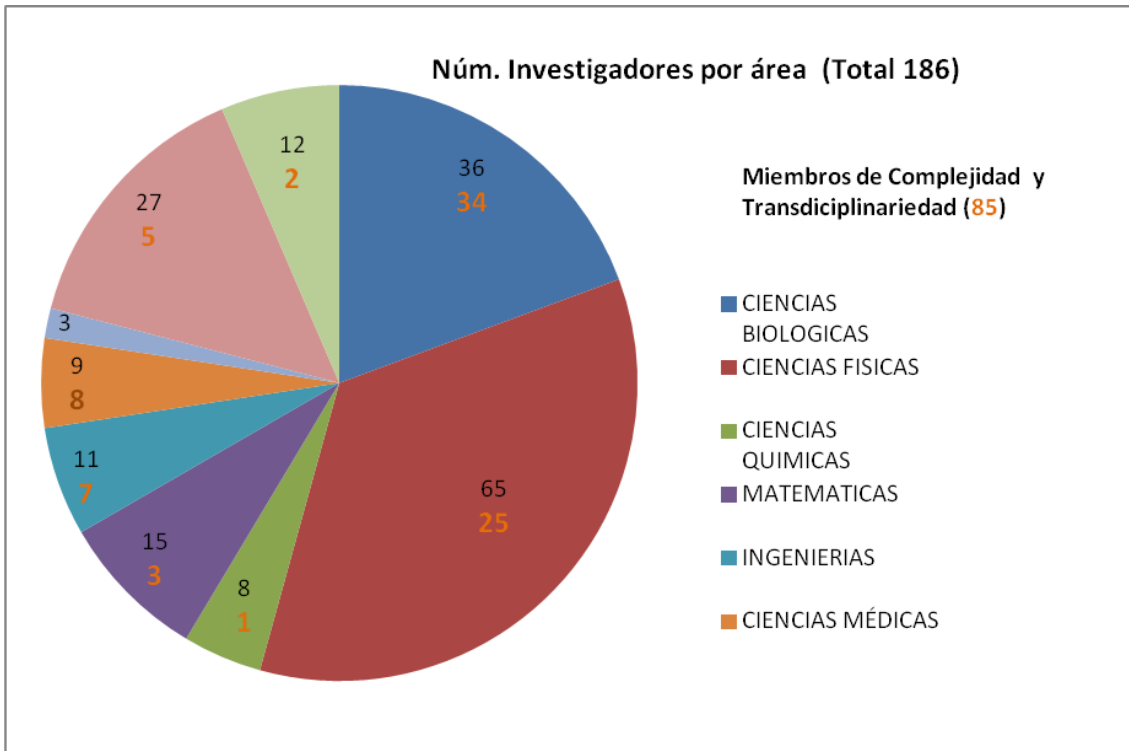
La institución con mayor representación de investigadores haciendo trabajo en las Ciencias de la Complejidad es la Universidad Nacional Autónoma de México (93) localizados en Institutos de Ciencias Físicas (38), en las dependencias del IF, ICF, CIE y del ICN. En las Ciencias Biológicas (29) en IE, IB, FC y FQ. Con menor participación resaltan institutos en las áreas de las Ingenierías, Matemáticas, Médicas, las Sociales y la Humanidades. La Universidad Autónoma Metropolitana (11) junto con la Universidad Nacional Autónoma de la Ciudad de México (8) encabezan las Ciencias Sociales. La BUAP participa en el área de las Matemáticas y Físicas. El IPN y la Universidad de Veracruz su participación se reduce al área de las Ciencias Físicas. En el CINVESTAV y otras Instancias del Politécnico existen investigadores de alto nivel en diversas áreas de ciencias físicas, matemáticas y ciencias de la computación en donde se realiza investigación relacionada con las Ciencias de la Complejidad, aunque aún no se identifican en este área. Pero varios han manifestado su interés por colaborar próximamente en este área. Otras Instituciones como el MICS (Químicas), la UAEMO

(Matemáticas), UACH (Agrociencias), INAH, UG, ITL, UACJ (Humanidades) su participación solo es una área.

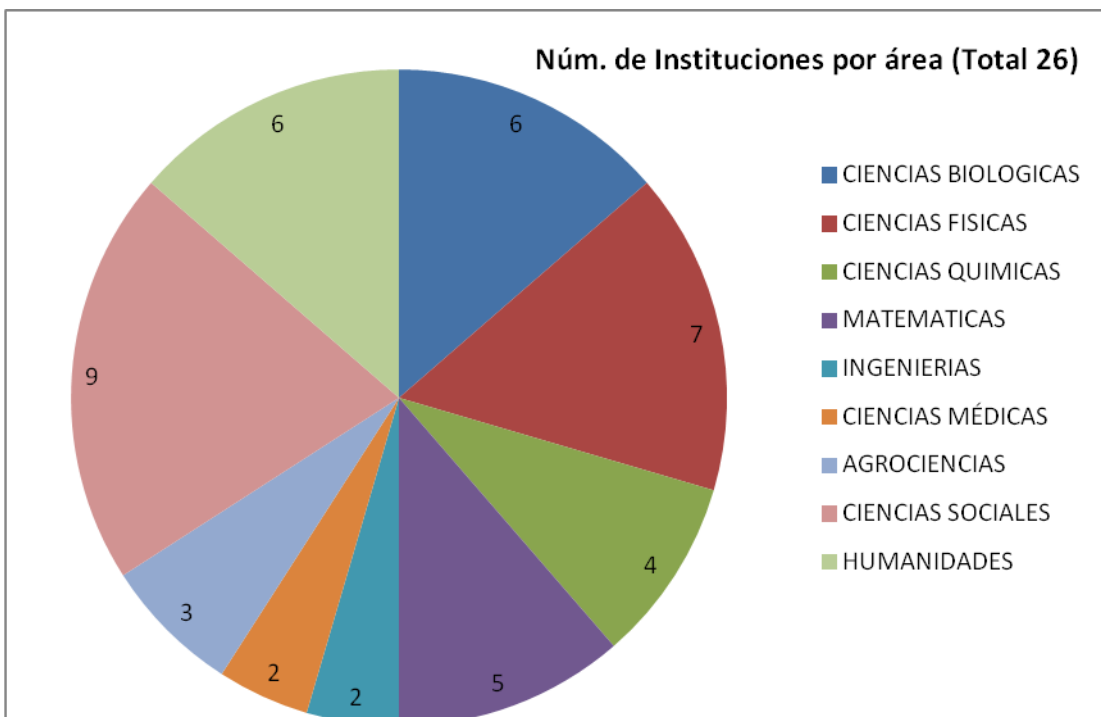
Diversas instituciones como la UNAM tienen varias dependencias realizando investigación en ciencias de la complejidad; en esta última, 7 de sus dependencias realizan actividades de investigación directamente relacionada con las ciencias de la complejidad. Otros ejemplos son el IPN, MICS, y LCCOMP con al menos una dependencia o laboratorio que ya están desarrollando proyectos con este enfoque.

Cabe mencionar que en el único lugar donde existe un programa de docencia completo enfocado a la enseñanza de métodos de las ciencias de la complejidad es en la UACM (Maestría en Dinámica no Lineal y Sistemas Complejos -MDNLYSC), sin embargo otras instituciones como la UAMc y el CINVESTAV han implementado programas transdisciplinarios enfocados en algunos aspectos metodológicos o conceptuales tocantes a las ciencias de la complejidad.

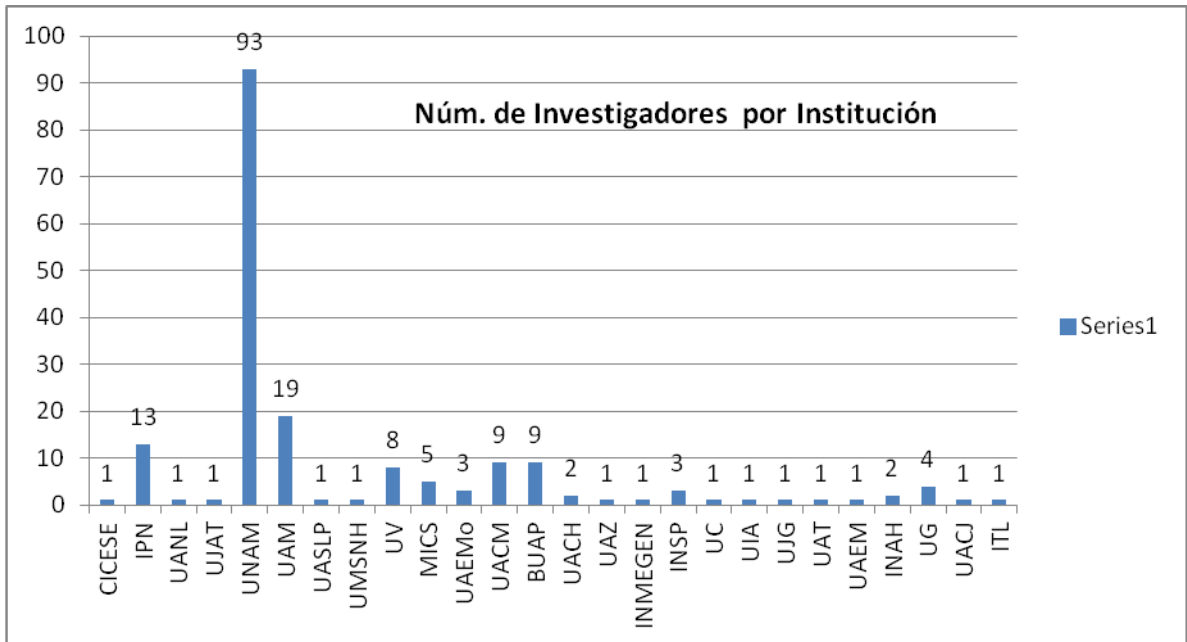
En la UNAM, se inició el desarrollo en las Ciencias de la Complejidad en el Departamento de Sistemas Complejos del Instituto de Físico desde hace más de 20 años, y a partir de entonces ha crecido este área en varios institutos. Desde hace tres años se fundó el Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) que ha dado un impulso importante a este área y a partir del cual ha crecido la Red de Complejidad en este Eje apoyado por CONACyT, que ahora incluye a instituciones, investigadores y estudiantes de las más importantes Instituciones de investigación y educación superior del DF y del resto de la República Mexicana. A partir del apoyo de CONACyT al Eje de Complejidad se han organizado eventos (seminarios, talleres, reuniones de trabajo, una reunión nacional, cursos, coloquios) enfocados en las ciencias de la complejidad en sus diferentes dependencias, y a partir de estas reuniones se están formalizando nuevas colaboraciones y proyectos en las ciencias de la complejidad, entre las que se encuentran las enlistadas en la Cartera de Proyectos (Anexo Complejidad III).



Grafica 1. Número de Investigadores por área de conocimiento a nivel nacional. En anaranjado se muestra el número de investigadores que ya están registrados en el Eje de Complejidad y participan activamente en proyectos de investigación en alguno de los Programas.



Grafica 2. Número de Instituciones por área de conocimiento a nivel nacional que hacen investigación en ciencias de la complejidad.



Grafica 3. Número de Investigadores por Instituciones por área de conocimiento a nivel nacional que realizan investigación en ciencias de la complejidad.

A partir de la Reunión Nacional de las Ciencias de la Complejidad, se logró atraer a representantes de prácticamente todos los grupos de México que desarrollan investigaciones de las Ciencias de la Complejidad, de acuerdo a nuestros catálogos. Sin duda, podrían quedar algunos grupos aún por considerar, pero el número debe ser muy pequeño, ya que la convocatoria para la Reunión Nacional de las Ciencias de la Complejidad fue muy amplia y exitosa, y de manera independiente se hizo la conformación del Catálogo y encontramos una coincidencia completa entre ambas bases de datos.

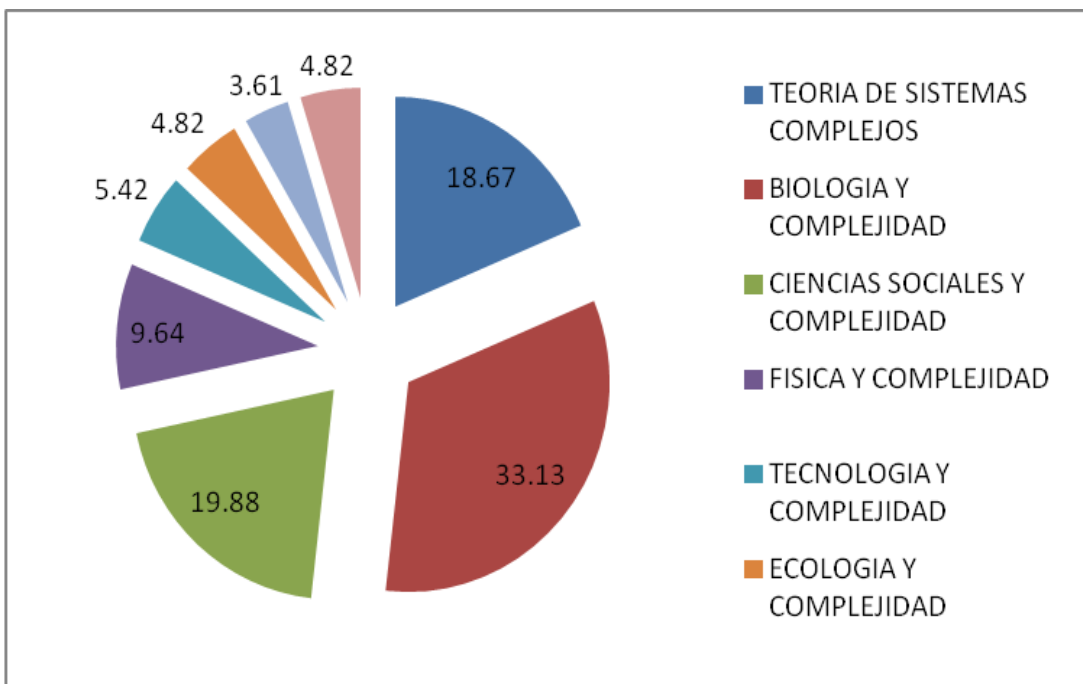
Con base en toda la información recabada, se resume El Estado del Arte de las Ciencias de la Complejidad en México en las siguientes gráficas (4,5 y 6) y tablas (1,2 y 3).

En la primera Reunión Nacional de Ciencias de la Complejidad que se llevó a cabo del 4 al 6 de octubre de 2010 en México D.F. Se presentaron con gran éxito trabajos (5 fueron Conferencias Magistrales, 14 Ponencias Invitadas, 15 presentaciones orales y 134 posters) en las diferentes áreas del conocimiento, principalmente en las aéreas biológicas (55), las sociales (33) y teóricas (31) (Tabla 1 y gráfica 4).

La mayor parte de la investigación en sistemas complejos se realiza en el Distrito Federal, pero se realiza investigación con este enfoque de alta calidad en otros Estados de la República mexicana, y también hay colaboraciones con extranjeros (Tabla 2 y grafica 5). La instituciones que tienen una mayor actividad en las ciencias de la complejidad son: Universidad Nacional Autónoma de México (48%), el IPN (6.13%) y en igual porcentaje: UACM, el CINVESTAV y el Mexican Institute of Complex Systems (4-5%) (Tabla 3 y grafica 6).

Tabla 1.- Áreas en las que se realiza investigación en ciencias de la complejidad.

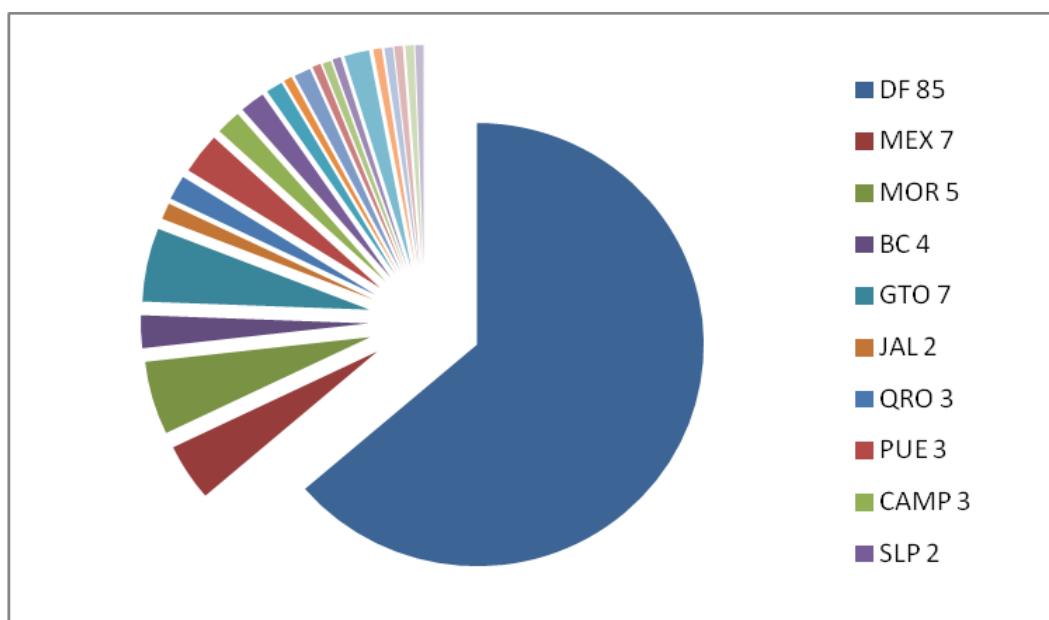
AREAS DEL CONOCIMIENTO EN LAS QUE SE HACE INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS COMPLEJOS			%
TEORIA DE SISTEMAS COMPLEJOS	31	0.19	18.67
BIOLOGIA Y COMPLEJIDAD	55	0.33	33.13
CIENCIAS SOCIALES Y COMPLEJIDAD	33	0.20	19.88
FISICA Y COMPLEJIDAD	16	0.10	9.64
TECNOLOGIA Y COMPLEJIDAD	9	0.05	5.42
ECOLOGIA Y COMPLEJIDAD	8	0.05	4.82
ECONOMIA Y FINANZAS	6	0.04	3.61
SALUD Y COMPLEJIDAD	8	0.05	4.82
	166	1.00	100.00



Gráfica 4.- Áreas en las que se usa el enfoque de sistemas complejos en México.

Tabla 2.- Proporción aproximada de la investigación en complejidad realizada en distintos Estados de la República.

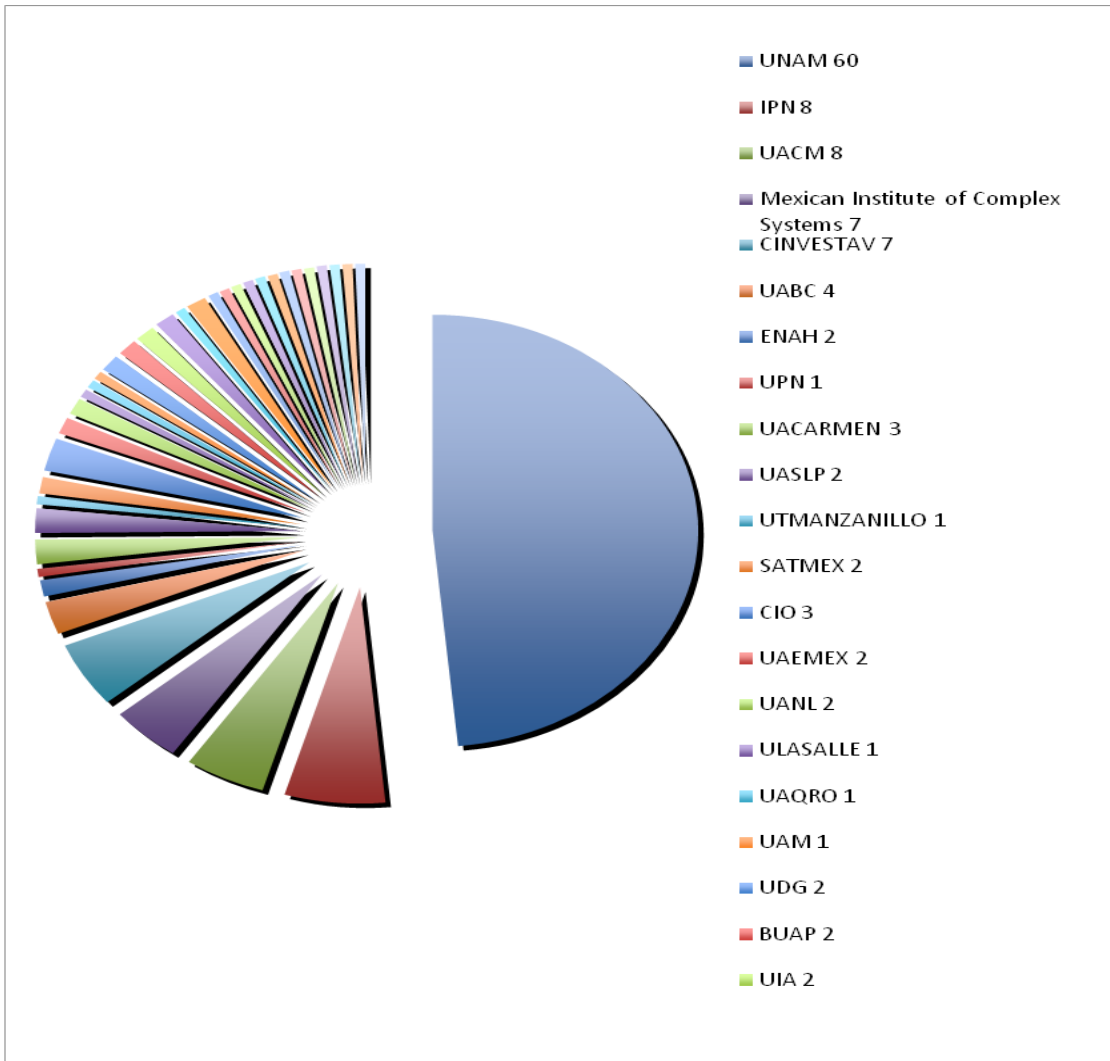
LUGAR DE ORIGEN			
DF 85	107	0.64	63.69
MEX 7	7	0.04	4.17
MOR 5	9	0.05	5.36
BC 4	4	0.02	2.38
GTO 7	9	0.05	5.36
JAL 2	2	0.01	1.19
QRO 3	3	0.02	1.79
PUE 3	5	0.03	2.98
CAMP 3	3	0.02	1.79
SLP 2	3	0.02	1.79
NL 2	2	0.01	1.19
MICH 1	1	0.01	0.60
VER 2	2	0.01	1.19
TLAX 1	1	0.01	0.60
CHIS 1	1	0.01	0.60
COL 1	1	0.01	0.60
BRASIL 3	3	0.02	1.79
CANADA 1	1	0.01	0.60
COLOMBIA 1	1	0.01	0.60
OAX	1	0.01	0.60
SUIZA	1	0.01	0.60
USA	1	0.01	0.60



Grafica 5.- Proporción de investigadores en ciencias de la complejidad en diversos Estados de la República.

Tabla 3.- Instituciones que realizan investigación en ciencias de la complejidad y porcentaje relativo aproximado de los trabajos en este área que se realizan en cada una de las instituciones investigadas.

INSTITUCIONES			%
UNAM 60	79	0.48	48.47
IPN 8	10	0.06	6.13
UACM 8	8	0.05	4.91
Mexican Institute of Complex Systems 7	7	0.04	4.29
CINVESTAV 7	8	0.05	4.91
UABC 4	4	0.02	2.45
ENAH 2	2	0.01	1.23
UPN 1	1	0.01	0.61
UACARMEN 3	3	0.02	1.84
UASLP 2	3	0.02	1.84
UTMANZANILLO 1	1	0.01	0.61
SATMEX 2	2	0.01	1.23
CIO 3	4	0.02	2.45
UAEMEX 2	2	0.01	1.23
UANL 2	2	0.01	1.23
ULASALLE 1	1	0.01	0.61
UAQRO 1	1	0.01	0.61
UAM 1	1	0.01	0.61
UDG 2	2	0.01	1.23
BUAP 2	2	0.01	1.23
UIA 2	2	0.01	1.23
UV 2	2	0.01	1.23
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas 1	1	0.01	0.61
UDOPARANA 2	2	0.01	1.23
INAOE 1	1	0.01	0.61
UTLAX 1	1	0.01	0.61
UTORONTO 1	1	0.01	0.61
UMICH 1	1	0.01	0.61
UALAGOAS 1	1	0.01	0.61
ITESM 1	1	0.01	0.61
CENTRO MEDICO IMSS 1	1	0.01	0.61
TESE 1	1	0.01	0.61
INMEGEN	1	0.01	0.61
U ZURICH	1	0.01	0.61
SSA	1	0.01	0.61
ECOSUR	1	0.01	0.61
FL ATL UNIV	1	0.01	0.61
	163	1.00	100.00



Grafica 6.- Gráfica de las instituciones en las que se realiza investigación en ciencias de la complejidad.

Cartera de Proyectos del Eje de Complejidad

En el Eje de Complejidad, se organizó la cartera de proyectos generados con base en el apoyo de CONACYT distribuidos en 5 Programas Básicos de Investigación y 54 proyectos, que se resumen en el siguiente cuadro. Para cada Programa se indica si hay actividades de vinculación con algún sector de la sociedad, divulgación y/o difusión.

PROGRAMA	PROY	TEMA	PARTICIPAN	VINCULACIÓN	DIVULGACIÓN	DIFUSIÓN
Complejidad ecológica	3	Recursos, Restauración, Bioseguridad. Biodiver	23	SI	SI	SI
	3	Aspectos Ecológicos de Enfermedades	38	SI	SI	SI
Complejidad y Biología Celular	10	Biología Molecular	14	SI	SI	SI
	6	Modelos Matemáticos y Computacionales	27	SI	SI	SI
Inteligencia Computacional	8	Computación y	68	SI	SI	SI
	6	Mecánica Estadística.	28	NO	NO	NO
Complejidad Social	4	Sociedad y cultura	44	SI	SI	SI
	4	Modelos sociales	3	SI	SI	SI
Complejidad y Salud Pública	4	Diabetes mellitus	14	SI	SI	SI
		Influenza		SI	SI	SI
		Enf emergentes		SI	SI	SI

I.- Complejidad ecológica

Los ecosistemas son entes integrados por varios niveles de organización biológica que se encuentran en interacción continua. En ellos se dan una gama de fenómenos autorganizados en grandes escalas espacio-temporales. La mejor comprensión de las dinámicas en los ecosistemas, es garantía para su conservación y manejo, de tal manera que se pueda preservar la biodiversidad y su existencia sea compatible con una sociedad humana que demanda de manera cada vez más intensa, los recursos naturales necesarios para su existencia. Los ecosistemas son por definición sistemas complejos y su estudio desde la perspectiva de la complejidad, es inmediata. Dentro de esta visión, tenemos cuatro grandes áreas de estudio:

1. Biodiversidad, Ecología, Conservación y Restauración: México es un país con una mega-diversidad biológica que lo coloca dentro de los primeros 10 países a nivel mundial. Uno de los retos a enfrentar es conocer cómo se distribuye esta diversidad biológica en México y predecir su desarrollo futuro, particularmente como resultado de actividades humanas como la agricultura y el calentamiento global. Este tipo de estudios tienen un interés científico muy grande por sí mismos, pero además, sus aplicaciones tienen importantes ramificaciones sociales y económicas en salud pública y agricultura.
2. Enfermedades emergentes: México enfrenta grandes problemas de salud pública a causa de las enfermedades emergentes. Dengue, paludismo, la enfermedad de Chagas

y leishmaniasis, entre otras, implican un reto enorme para el sistema de salud pública y grandes costos, tanto económicos como sociales. Por ejemplo, hay entre 1.2 y 2 millones de personas que sufren la enfermedad de Chagas en México y si se pudiera diagnosticar en etapas tempranas para evitar la cronicidad, se podrían ahorrar cerca de \$1.26 mil millones de dólares. Las metodologías que se están desarrollando en el C3, para integrar y analizar los datos biológicos, médicos, epidemiológicos, socioeconómicos y ambientales, en esta enfermedad para el caso mexicano permitirán identificar reservorios potenciales de esta enfermedad. Estas herramientas serán útiles para explorar alternativas de manejo, control y prevención de esta y, eventualmente otras enfermedades emergentes en nuestro país.

3. Comportamiento colectivo social de animales: El comportamiento colectivo de animales debido a interacciones sociales entre ellos y también con su ambiente es un área fundamental para entender fenómenos y estructuras emergentes debido a interacciones entre agentes complejos. Por ejemplo, ¿cómo surge espontáneamente la cooperación en redes sociales? y ¿cómo se da la exploración espacial de ambientes complejos?. Estos estudios resultan fundamentales y serán la base para aplicaciones socioambientales concretas.
4. Bioseguridad: siendo México el centro de origen y diversidad de una proporción muy importante de especies cultivadas; base de la alimentación mundial, resulta importante resguardarla. Esto está signado en Convenios Internacionales que comprometen al Estado mexicano a ello. Actualmente, uno de los riesgos importantes que enfrenta esta agrobiodiversidad es la liberación a campo abierto de transgénicos. En este apartado del Programa de Complejidad Ecológica nos enfocamos en recabar integrar modelos de simulación para explorar el riesgo y la vulnerabilidad a distintos niveles y de diversos actores, frente a la liberación de transgénicos. Nos hemos enfocado en el maíz, por ser el alimento básico de México, y en menor medida en el algodón. Estos proyectos se integrarán al Observatorio Socioambiental que es un proyecto transversal a muchos otros de Complejidad, y que se describe en el apartado de Vinculación con el Sector Socioambiental.

En el Programa de Complejidad Ecológica existen 8 proyectos, 4 en el tema de Recursos y Restauración Ecológica, 2 en Aspectos Ecológicos de Enfermedades Emergentes, uno en el área de biodiversidad y cambio climático, y uno que comprende aspectos de Bioseguridad.

El grupo de investigación interdisciplinario de “Redes Complejas Ecológicas” está constituido por 38 personas de regiones diferentes del país (Chiapas, Distrito Federal, Jalisco, Nuevo León y Tabasco).

A continuación se enlistan y dan algunos detalles de una subconjunto de los Proyectos en desarrollo dentro del Eje de Complejidad.

1. Biodiversidad, ecología, conservación y restauración.

Tema: Estudio de Recursos y Restauración Ecológica

A) Complejidad de la Restauración Ecológica

Responsable: Dr. Octavio Miramontes

Participantes: Eliane Ceccon, Marcos da Luz (Brasil), Marcia Marques (Brasil)

Descripción: Se entiende la restauración de ambientes ecológicamente degradados

desde la perspectiva de los sistemas complejos.

Participantes: Eliane Ceccon, Marcos da Luz (Brasil), Marcia Marques (Brasil)

Financiamiento: CONACYT y PAPPIT-UNAM.

B) Interacciones ecológicas, reglas de ensamblaje y redes de interacción en comunidades áridas de México.

Responsable: Dr. Alfonso Valiente Banuet

Participantes: Alfonso Valiente Banuet, Carlos Silva Pereyra, Luguí

Sortibrán Martínez, Juan Pablo Castillo.

Descripción: El objetivo de este estudio es determinar los mecanismos de estructuración de comunidades con base en métodos experimentales y el uso de redes complejas tanto por arriba como por debajo del suelo. Con base en este conocimiento diseñar métodos de restauración y de desarrollo sostenido.

Participantes: Alfonso Valiente Banuet, Carlos Silva Pereyra, Luguí Sortibrán Martínez, Juan Pablo Castillo.

C) Complejidad de la Ecología del Paisaje - El análisis geoespacial (Teledetección, SIG y Geoestadística) en el estudio de la relación bosques y agua ante el fenómeno de Cambio Climático Global.

Responsables: Dra. María Concepción García.

Participantes: María Concepción García Aguirre (Eje de Complejidad, Fac Ciencias, UNAM); Gerardo Negrete, Leobardo Terpán y José Luis Pérez Damián adscritos al INE (SEMARNAT); Ernesto Díaz Islas (SEMARNAT); Marisol Anglés, (Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM), María Eugenia García Cortés (Ciencias de la Comunicación). Silvia Iriarte; Pedro Eloy Mendoza Hernández y Mariana Hernández en el tema de restauración (Fac Ciencias, UNAM); Gloria Espinola, David Juárez y Alma Angélica Hernández (UNAM).

Luis Nelson Arroyo (Geomorfólogo, Costa Rica).

Descripción.

El objetivo de este proyecto es desarrollar investigación sobre la aplicación de análisis geoespacial a estudios complejos como lo es la ecología del paisaje, en particular la relación entre los recursos bosques y agua desde una perspectiva multidisciplinaria. La zona de estudio incluye los bosques que rodea la ciudad de México (Sierra de las Cruces, Sierra Nevada y Sierra de Chichinautzin).

Participantes:

María Concepción García Aguirre (C3, Fac Ciencias, UNAM); Gerardo Negrete, Leobardo Terpán y José Luis Pérez Damián adscritos al INE (SEMARNAT); Ernesto Díaz Islas (SEMARNAT); Marisol Anglés, (Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, María Eugenia García Cortés (Ciencias de la Comunicación).

Financiamiento: en trámite

Productos destacados:

Artículos:

García-Aguirre M.C., Álvarez, R., Dirzo, R., Ortiz, M.A., Mah Eng, M. 2010.

Delineation of biogeomorphic land units across a tropical natural and humanized terrain in Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Geomorphology*. 121:245-256.

Capítulos de libro:

García-Aguirre, M.C., Álvarez, R., Aceves, F. Geology and Geomorphology in Landscape Ecological Analysis for Forest Conservation and Hazard and Risk Assessment, Illustrated with Mexican Case Histories. Intech Open Access Publisher, Croatia. Aceptado.

D) Agrobiodiversidad de maíz y cambio climático

Responsable: Dr. Enrique Martínez Meyer, Carolina Ureta (est de doctorado) y Elena R. Álvarez-Buylla

Participantes: Dr. Enrique Martínez Meyer, Carolina Ureta (est de doctorado) y Elena R. Álvarez-Buylla, Hugo Perales, entre otros.

Descripción: El objetivo de este estudio es modelar mediante métodos standard de modelado de nicho y mediante de minería de datos desarrollados en este Eje de Complejidad los nichos ecológicos de las razas de maíz nativo de México y hacer proyecciones de la distribución de estas razas antes diversos escenarios de cambio climático. También se exploran cuales son los factores ambientales, agronómicos y socioeconómicos que explican en mayor medida la distribución de las razas. Finalmente, se hará una valoración de si la clasificación en razas con que actualmente se cuenta es la más adecuada.

Productos destacados:

Tesis de Doctorado de Carolina Ureta, en proceso.

Carolina Ureta, Enrique Martínez-Meyer, Hugo R. Perales, Elena R. Álvarez-Buylla. 2011. Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico. Article first published online: 28 DEC 2011; DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02607.x

2. Enfermedades emergentes

A) Redes Complejas Ecológicas. Aplicación a las Enfermedades Emergentes y a la Biodiversidad.

Responsable: Dr. Christopher Stephens

Participantes: en este proyecto colaboran 38 personas las cuales están distribuidas en los siguientes grupos de trabajo: sistemas complejos y minería de datos, mamíferos del Instituto de Biología, UNAM, Lab. de inmunoparasitología de Fac. de Medicina, UNAM, Centro Regional de Investigación de Salud Pública (Chis), División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT, Lab. de Entomología Médica, Fac. de Ciencias Biológicas, UANL, Centro Universitario de Costa Sur, U de G.

Descripción: El grupo de investigación interdisciplinario de Redes Complejas Ecológicas está constituido por 38 personas de 5 regiones diferentes del país (Chiapas, Distrito Federal, Jalisco, Nuevo León y Tabasco). El grupo investiga sobre Leishmaniasis y la Enfermedad de Chagas o Tripanosomiasis. Con la integración de los diferentes grupos (teoría y modelación, laboratorio y trabajo de campo, se ha creado “una línea de producción” del conocimiento que da un círculo virtuosos donde los modelos pueden ser comprobados por experimentos que se pueden afinar posteriormente.

Participantes: en este proyecto colaboran 38 personas las cuales están distribuidas en los siguientes grupos de trabajo:

sistemas complejos y minería de datos, mamíferos del Instituto de Biología, UNAM, Lab. de inmunoparasitología de Fac. de Medicina, UNAM, Centro Regional de Investigación de Salud Pública (Chis), División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT, Lab. de Entomología Médica, Fac. de Ciencias Biológicas, UANL, Centro Universitario de Costa Sur, U de G.

Financiamiento.- CONACYT

Productos destacados:

Se han publicado 13 artículos, y se ha enviado 5 artículos más a diferentes revistas para su revisión. Se han dirigido 9 tesis (7 de las cuales están terminadas). Se ha creado un nuevo sistema electrónico que permite pasar directamente los datos tomados en campo a nuestras bases de datos. Contamos con una versión preliminar de una plataforma de minería de datos con la que se facilita el análisis de datos, además de que permite hacer este análisis disponible a un grupo mucho más amplio.

B) Importancia de los cafetales y cacaoales como cultivos propicios para el establecimiento de reservorios, vectores y parásitos involucrados en la transmisión de la Enfermedad de Chagas y Leishmaniasis.

Responsable: Dr. Víctor Sánchez-Cordero.

3. Comportamiento colectivo social de animales

A) Búsquedas de medioambientes complejos

Responsable: Dr. Denis Boyer

Participantes: Octavio Miramontes

Descripción: Se estudian modelos de caminantes aleatorios y deterministas aplicados a problemas de búsquedas en medioambientes complejos

Financiamiento: PAPIIT-UNAM

Productos destacados:

Boyer, D., O Miramontes and H Larralde

Lévy-like behaviour in deterministic models of intelligent agents exploring heterogeneous environments. *Journal of Physics A* 42: 434015, 2009

M. C. Santos, D. Boyer, O. Miramontes, G. M. Viswanathan, E. P. Raposo, J. L. Mateos, and M. G. E. da Luz. The origin of power-law distributions in deterministic walks: the influence of landscape geometry. *Phys. Rev. E* 75, 061114 2007.

4. Bioseguridad

A) Modelos de dispersión de transgenes y de estimación de error en monitoreo de transgenes.

Responsable: E. R. Alvarez-Buylla

Participantes: E. R. Alvarez-Buylla, Alma Piñeyro, Ana Wegier, Hugo Perales, Antonio Serratos, Joost vande

Descripción: Se estudian modelos de caminantes aleatorios y deterministas aplicados a problemas de búsquedas en medioambientes complejos

Financiamiento: CONACyT, CONABIO, UC-MEXUS

Productos destacados:

Piñeyro-Nelson, A., van Heerwaarden, J., Perales, H.R., Serratos-Hernández, J.A., Rangel, A., Hufford, M.B., Gepts, P., Garay-Arroyo, A., Rivera-Bustamante, R. and **Álvarez-Buylla, E.R.** (2009) Resolution of the mexican transgene detection controversy: Error sources and scientific practice in commercial and ecological contexts. ***Molecular Ecology*** 18: 4145-4150.

Wegier, A., Piñeyro-Nelson, A., Alarcón, J., Gálvez-Mariscal, A., Álvarez-Buylla, E.R. and Piñero, D. (2011) Recent long-distance transgene flow conforms to historical patterns of gene flow in wild cotton (*Gossypium hirsutum*) at its center of origin. ***Molecular Ecology*** 10.1111/j.1365-294X.2011.05258.x (2011).

Se está trabajando en una plataforma de simulaciones de movilidad de transgenes para ambientes agrícolas que se trasladará al mapa de México para hacer análisis realistas sobre la dispersabilidad de transgenes en el territorio nacional. Con base en esta plataforma, se podrán hacer análisis de riesgo y de vulnerabilidad.

II. Inteligencia computacional

La modelación matemática tradicional ha sido útil para describir y estudiar ciertos fenómenos y aspectos de sistemas complejos, como por ejemplo en la genética poblacional. Sin embargo, tales modelos no han sido capaces de describir la complejidad en el sentido de una jerarquía de grados de libertad efectivos (agentes) cualitativamente diferentes a distintas escalas. Puede ser que la complejidad no se pueda modelar con modelación matemática analítica, y entonces sea necesario recurrir a la simulación para tratar de crear sistemas complejos artificiales, o entenderlos mejor a nivel fenomenológico a través de la minería de datos.

Por estas razones, la Inteligencia Computacional jugará un papel importante en el C₃, tanto por las metodologías importantes que proporcionará a las diversas líneas, como porque se desarrollará como un área de investigación en sí misma que permitirá explorar diferentes escenarios y el papel de distintos tipos de interacciones y agentes.

Por ejemplo, para ver ¿cuáles son los impedimentos de una evolución biológica continua? Las áreas iniciales a explorar serán:

1. Sistemas económicos: mercados financieros.
2. Minería de datos en enfermedades emergentes.
3. Vida Artificial.
4. Relación entre área de aplicación y metodología para el ejemplo de enfermedades emergentes.

En el Programa de Inteligencia Complejidad se agrupan 16 proyectos, ocho en el tema de computación y sistemas complejos y ocho en el tema de Mecánica Estadística.

Tema: Computación y Sistemas Complejos

1.- Complejidad y Teoría de Números

Responsable: Dr. Octavio Miramontes

Participantes: Bartolome Luque y Lucas Lacasa (UPC-MADRID)

Descripción: Se usan conceptos de los sistemas complejos para estudiar Propiedades dinámicas de los números enteros.

Financiamiento: PAPIIT-UNAM

Productos destacados:

B Luque, O. Miramontes, L Lacasa Number theoretic example of scale-free topology inducing self-organized criticality Physical Review Letters 101(15),158702, 2008

L Lacasa, B Luque, O Miramontes Phase transition and computational complexity in a prime number generator New Journal of Physics 10, 023009, 2008

B Luque, L Lacasa, O Miramontes Phase transition in a stochastic prime number generator Phys. Rev. E 76, 010103(R) 2007 (Rapid Communication)

2.- Computación con sistemas complejos

Responsable: Dr. Genaro Juárez Martínez

Participantes: Dr. Harold V. McIntosh (UAP), Dr. Juan Carlos Seck Tuoh Mora (UAEH), Dr. Sergio Víctor Chapa Vergara (CINVESTAV), Rogelio Basurto Flores y Paulina Anaid, León Hernández (estudiantes CINVESTAV-IPN), Dr. Christopher R. Stephens (UNAM), Mtro. Germán Téllez Caastillo (CIC-IPN).

Descripción: Desarrollo de computación no-convencional utilizando resultados obtenidos en autómatas celulares.

Productos destacados:

En este proyecto se desea implementar resultados que se han obtenido en el área de autómatas celulares ejecutando modelos de computación no-convencional. La idea principal es modelar la competición de patrones en canales de información, como señales, entonces cada patrón representado como 0 ó 1 compite por el espacio y el resultado es una operación booleana.

La meta es encontrar un fenómeno químico-físico-biológico que funcione como una competición de patrones. Pensamos que el fenómeno citoplásmico es una vía para llegar a esta implementación.

Tenemos desarrollado un número de reglas tipo Life, llamadas Life dc22 (http://uncomp.uwe.ac.uk/genaro/Life_dc22.html), que presentan un comportamiento dinámico caótico (dada la clasificación de Wolfram), pero que para ciertas configuraciones iniciales codificadas desde patrones complejos que emergen en las reglas de autómatas celulares, podemos construir canales y estimularlos a través del choque de una partícula, para entonces generar el patrón deseado dentro del canal diseñado. Actualmente tenemos implementado el conjunto de compuertas universales, half-adder y un sumador binario completo, que realiza la computación en un camino.

Referencias:

1. Genaro J. Martínez, Andrew Adamatzky, Kenichi Morita, and Maurice Margenstern, Computation with competing patterns in Life-like automaton, *Game of Life Cellular Automata* (A. Adamatzky Ed.), Springer, 547-572, chapter 27, 2010. [PDF]
2. Genaro J. Martínez, Kenichi Morita, Andrew Adamatzky, and Maurice Margenstern, "Majority adder implementation by competing patterns in Life-like rule B2/S2345," *Lecture Notes in Computer Science* 6079, 93-104, 2010. [PDF]
3. Genaro J. Martínez, Andrew Adamatzky, Harold V. McIntosh, and Ben De Lacy Costello, Computation by competing patterns: Life rule B2/S2345678, *Automata 2008: Theory and Applications of Cellular Automata* (Andrew Adamatzky, Ramon Alonso-Sanz, Anna Lawniczak, Genaro J. Martínez, Kenichi Morita, and Thomas Worsch Eds.), Luniver Press, 356-366, 2008. [PDF]
4. Genaro J. Martínez, Andrew Adamatzky, and Ben De Lacy Costello, "On logical gates in precipitating medium: cellular automaton model," *Physics Letters A* 1(48), 1-5, 2008. [PDF]
5. Andrew Adamatzky, Genaro J. Martínez, and Juan C. Seck-Tuoh-Mora, "Phenomenology of reaction-diffusion binary-state cellular automata," *International Journal of Bifurcation and Chaos* 16(10), 1-21, 2006. [PDF]
6. Genaro J. Martínez, Kenichi Morita, Andrew Adamatzky, and Maurice Margenstern, Computation with competing patterns in Life-like automaton: Binary adder

implementation, presentation at *9th International Conference on Unconventional Computation 2010*, June 21-25, 2010, University of Tokyo, Japan.
<http://eprints.uwe.ac.uk/11024/>

3.- Investigaciones en sistemas complejos adaptativos

Responsable: Dr. Christopher Rhodes Stephens Stevens

Financiamiento: PAPIIT IN120509

4.- Sistemas de Transporte auto-organizantes

Responsable: Dr. Carlos Gershenson

Financiamiento: IACOD T2100111,
\$150,000 MXP, 12 meses. *Aprobado.*

5.- Semáforos auto-organizantes

Responsable: Dr. Carlos Gershenson

Participantes: Dr. Carlos Gershenson, Dr. David Rosenblueth,

Descripción: Se propone un algoritmo auto-organizante para el control eficiente de semáforos. Simulaciones por computadora muestran que se reducen a la mitad los tiempos de espera

Productos destacados:

Gershenson, C. & D. A. Rosenblueth (In Press). Self-organizing traffic lights at multiple-street intersections. *Complexity*.

Rosenblueth, D. A. & C. Gershenson. (In Press). A model of city traffic based on elementary

8.- Dinámica de Sistemas Complejos y Redes Biológicas

Responsable: Dr. Denis Boyer

Participantes: O. Miramontes, D. Boyer, E. Ceccon, R.M. Mariscal

Tema: *Mecánica Estadística*

9.- Mecánica estadística para sistemas complejos

Responsable: Dr. Alberto Robledo Nieto

Colaboradores investigadores:

1. Dr. Daniele Vilone, Instituto Interdisciplinar de Física de Sistemas Complejos Palma de Mallorca, España. Temas: Dinámica evolutiva, modelos de agentes y caos en teoría de juegos.

2. Dr. Bartolomé Luque, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Temas: Teoría de números, ley de Benford, transcripción de series de tiempo a redes.

3. Dr. Fulvio Baldovin, Universidad de Padova, Italia. Temas: Sistemas con interacciones a largo alcance, dinámica no lineal en las transiciones al caos.

4. Dr. Stefan Thurner, Universidad de Viena, Viena, Austria. Temas: Modelos de evolución biológica o social. Redes sociales.

5. Dr. Miguel A. Fuentes, Instituto Balseiro, Bariloche, Argentina. Temas: Dinámica no lineal. Efecto de ruido estocástico en atractores caóticos.

6. Dr. Moisés Martínez Mares, Universidad Autónoma Metropolitana (Iztapalapa). Temas: Localización en redes mesoscópicas, intermitencia.

Estudiantes de posgrado:

1. Jorge Velázquez Castro. Doctorado, posgrado en Ciencias Físicas, UNAM.

2. Nicolás Palma Aramburu. Maestría, posgrado en Ciencias Físicas, UNAM.

3. Carlo Altamirano Allende. Maestría, posgrado en Ciencias Físicas, UNAM.

Descripción:

El propósito de las investigaciones en este proyecto es el desarrollo de una mecánica estadística para los sistemas complejos más representativos de las nuevas fronteras interdisciplinarias entre la física y la ecología, la economía y la sociología. Consideramos: i) Mapeos no lineales individuales o acoplados para representar la dinámica evolutiva. ii) Procesos estocásticos de renovación de eventos y modelos de agentes para representar sistemas económicos y sociales. iii) Redes carentes de escalas para representar series de tiempo, en especial las trayectorias en atractores en el borde del caos. Intentamos analizar si las dinámicas observadas en modelos de poblaciones, de agentes económicos y de redes sociales, los cuales muestran transiciones de fases y fenómenos complejos reminiscentes de la física estadística, pueden ser caracterizadas - en sus circunstancias transicionales más interesantes - en términos de las conductas y propiedades del caos marginal. El caos marginal a su vez obedece una estructura mecánico estadística generalizada a partir de la cual se pretende desarrollar entendimiento y metodologías de estudio para los sistemas complejos ya referidos. El contenido del proyecto es original pues difiere de otras líneas de investigación en sistemas complejos al enfocarse a desarrollar el tema aun no explorado de caracterizar la mecánica estadística asociada a los fenómenos carentes de escalas y descritos vía leyes de potencia que muestran estos sistemas. Resultados positivos (algunos ya obtenidos) en el ejercicio de este proyecto tienen un potencial valioso en las aplicaciones a temas interdisciplinarios en sistemas complejos, a la vez que representan un posible avance en el formalismo general de la teoría de las desviaciones grandes, el lenguaje matemático de la mecánica estadística.

En particular, la ruta al caos en sistemas no lineales conocida bajo el nombre de intermitencia (o bifurcación tangente) juega un papel importante en el contenido del proyecto. El proponente y sus colaboradores han estudiado a profundidad las propiedades dinámicas de esta transición al caos y han producido nuevos conocimientos asociados a ella. El más importante de estos conocimientos es la existencia de una estructura termodinámica generalizada subyacente a este proceso no lineal. Otro rasgo importante es el descubrimiento de analogías rigurosas con fenómenos en sistemas muy diversos, tanto dentro de la física de la materia condensada, como en el campo de los sistemas complejos. El presente proyecto se fundamenta en estos nuevos conocimientos e intenta tomar ventaja de ellos para desarrollar

metodologías de trabajo de amplio alcance. Las otras dos rutas conocidas al caos, vía cuasi periodicidad y vía duplicación de periodos han sido investigadas también por el mismo grupo de investigadores con igual grado de formalidad y con resultados comparables en cuanto a la presencia de un marco termodinámico y existencia de equivalencias o aplicaciones en una amplia variedad de sistemas.

El proyecto tiene como uno de sus propósitos verificar y desarrollar las implicaciones de una importante predicción: La transición al caos vía intermitencia expresa un comportamiento universal compartido por un gran número de sistemas complejos que ha sido documentado (empíricamente) al paso de los años bajo los nombres de las leyes de Benford y de Zipf. Estas leyes establecen, en el primer caso, un comportamiento logarítmico para el primer dígito en datos numéricos, y en el segundo, una ley de potencia (con exponente cercano a la unidad) para la distribución de frecuencias o tamaños en función de su importancia o rango. Recientemente dedujimos estas leyes a partir de una hipótesis sencilla sobre la ocupación de configuraciones en cuerpos de datos numéricos y mostramos que estas leyes obedecen una estructura mecánico estadística y una termodinámica. Recientemente hemos logrado un paso adicional que consiste en el hallazgo de una analogía estricta entre la transición al caos vía intermitencia y el formalismo empleado para la deducción de estas leyes. Nuestra predicción constituye un paso fundamental para un entendimiento definitivo y desemboca en una metodología para el análisis sistemático de una amplia variedad de sistemas complejos. Este es el caso también para los sistemas complejos que forman redes pues estos obedecen la ley de Zipf (con exponentes diferentes de la unidad) y a su vez estas redes que muestran invariancia de escala (limitada de nuevo por efectos de tamaño finito) son frecuentemente objeto de estudio en aplicaciones de carácter ecológico, económico o social.

Financiamiento:

Integración de Redes Temáticas CONACYT de Investigación: \$280,000.00 MN

No. Registro:000000000122921

Resultados de investigación:

Recientemente se han obtenido resultados de investigación bien definidos sobre:

- 1) La sensibilidad anómala en dos mapas acoplados en el borde del caos (con lo cual el estudiante de maestría Nicolás Palma Aramburu reunió el material, redactó su tesis de posgrado y obtuvo el título de Maestro en Ciencias).
- 2) Se concluyeron las investigaciones sobre la distribución de probabilidad estacionaria asociada a sumas de posiciones de trayectorias en el borde del caos de duplicación de periodos (con el Dr. Miguel Fuentes, Sta. Fe, EUA).
- 3) Se extendió considerablemente el estudio sobre las relaciones entre las leyes de Benford y Zipf y una termodinámica generalizada. En particular se descubrió una conexión con una de las rutas conocidas al caos (con Carlo Altamirano Allende estudiante de maestría).

4) Se concluyeron las investigaciones sobre los procesos de renovación los cuales incluyen el caso interesante de eventos correlacionados y transiciones de fase a lo largo del tiempo (se publicaron dos artículos y se efectuó la redacción de la tesis doctoral del alumno Jorge Velásquez Castro, con fecha de examen en enero 2011).

5) Se extendieron los resultados sobre el fenómeno de localización en las propiedades de transporte en redes al caso de materiales con diferentes tipos de dispersores y se estableció la relación entre las transiciones aislante-conductor y orden-caos (con el Dr. Moisés Martínez Mares, UAM-I).

6) Se concluyeron las investigaciones sobre el modelo de rotores conocido como "Hamiltonian Mean Field" ó "HMF" mediante los métodos de inserción de partícula de Widom y de funcionales de la densidad con resultados excelentes, se redactará en el futuro cercano la publicación correspondiente (con el Dr. Fulvio Baldovin, Universidad de Padova, Italia).

7) Se efectuaron investigaciones (en colaboración con Bartolomé Luque y Lucas Lacasa, Universidad Politécnica de Madrid, España) sobre la transcripción al lenguaje de redes de la ruta al caos vía duplicación de periodos, generándose resultados inesperados en relación a la entropía de dichas redes; se ha enviado un artículo para publicación.

8) Se efectuaron investigaciones sobre la dinámica en teoría de juegos (en colaboración con Anxo Sánchez y Daniele Vilone, Universidad Carlos III de Madrid, España) las que arrojaron como resultado central la ocurrencia insólita del caos en este tema; se encuentra en prensa un artículo en Physical Review Letters.

Productos destacados:

Artículos científicos 2010-2011

1. Fuentes, M.A., Robledo, A., Renormalization Group structure for sums of variables generated by incipiently chaotic maps, Journal of Statistical Mechanics P01001+13 (2010).

2. Fuentes, M.A., Robledo, A., Stationary distributions of sums of marginally chaotic variables as renormalization group fixed points, J. Phys. Conf. Series 201 (2010) 012002.

3. Robledo, A., q-deformed statistical-mechanical structure in the dynamics of the Feigenbaum attractor, Journal of Physics: Conf. Ser. 246, 012025 (2010).

4. Velázquez, J., Robledo, A., Renewal stochastic processes with correlated events. Phase transitions along time evolution, Physical Review E 83, 031103 (2011).

5. Velázquez, J., Robledo, A., Statistical-mechanical structure for renewal stochastic processes, Int. J. Appl. Math. Stat. (IJAMAS) (en prensa).

6. Altamirano, C., Robledo, A., Possible thermodynamic structure underlying the laws of Zipf and Benford, European Physical Journal B (en prensa).

7. Robledo, A., Laws of Zipf and Benford, intermittency and critical fluctuations, Chinese Science Bulletin (en prensa).

8. Vilone, D., Robledo, A., and Sánchez, A., Chaos and unpredictability in evolutionary dynamics in discrete time, *Physical Review Letters* (en prensa).

9. Luque, B., Lacasa, L., Ballesteros, F.J., Robledo, A., Feigenbaum graphs: a complex network perspective of chaos, *PLoS ONE* (en revisión).

10. Jiang, Yu, Martínez-Mares, M., Castaño, E., Robledo, A., Möbius transformations and electronic transport properties of large networks, *Physical Review Letters* (enviado).

Tesis de posgrado 2010-2011

1. Jorge Velásquez Castro, *Mecánica estadística de procesos estocásticos de renovación*, Doctorado en Ciencias Físicas, Instituto de Física, UNAM. Término: febrero, 2011.

2. Nicolás Palma Aramburu, *Mecánica Estadística Generalizada para Atractores de Mapeos Acoplados*, Maestría, Maestría en Ciencias Físicas, Instituto de Física, UNAM. Término: agosto, 2010.

3. Carlo Andrés Altamirano Allende, *Mecánica Estadística Generalizada Asociada a las Leyes de Zipf y de Benford*, Maestría, Posgrado en Ciencias Físicas, IFUNAM. Inicio: Término: julio, 2011.

10.- Fronteras Interdisciplinarias de la Mecánica Estadística.

Responsable: Dr. Alberto Robledo Nieto.

Participantes: Dr. Alberto Robledo Nieto, Dr. Miguel Fuentes (Bariloche, Argentina), Dr. Stefan Thurner (Viena, Austria)

Descripción:

Objetivo: El propósito de las investigaciones en este proyecto es el desarrollo de una mecánica estadística para los sistemas complejos mas representativos de las nuevas fronteras interdisciplinarias entre la física y la ecología, la economía y la sociología. Consideraremos: i) Mapeos no lineales acoplados para representar sistemas ecológicos. ii) Procesos estocásticos de renovación de eventos y modelos de agentes para representar sistemas económicos. iii) Redes carentes de escalas para representar redes sociales. Intentamos analizar si las dinámicas observadas en modelos de poblaciones, de agentes económicos y de redes sociales, los cuales muestran transiciones de fases y fenómenos complejos reminiscentes de la física estadística, pueden ser caracterizadas - en sus circunstancias transicionales más interesantes - en términos de las conductas y propiedades del caos marginal. El caos marginal a su vez obedece una estructura mecánico estadística generalizada a partir de la cual se intentará desarrollar entendimiento y metodologías de estudio para los sistemas complejos ya referidos. El contenido del proyecto es original pues difiere de otras líneas de investigación en sistemas complejos al enfocarse a desarrollar el tema aun no explorado de caracterizar la mecánica estadística asociada a los fenómenos carentes de escalas y descritos vía leyes de potencia que muestran estos sistemas. Resultados positivos en el ejercicio de este proyecto tienen un potencial valioso en las aplicaciones a temas interdisciplinarios en sistemas complejos, a la vez

que representan un posible avance en el formalismo general de la teoría de las desviaciones grandes, el lenguaje matemático de la mecánica estadística

11.- Colaboración con Luca Giuggioli, Dept. de Engineering Mathematics, Universidad de Bristol - David Sanders.

12.- Series de Tiempo en la Física y la Biología

Responsable: Dr. Alejandro Frank Hoeflich

Participantes: Carlos Gershenson García, Víctor Manuel Velázquez Aguilar, Rosa Estela Navarro González, Juan Carlos López Vieyra, Luis Miguel Francisco Gutiérrez Robledo, Alfredo Barry Uren Cortes, Ruben Fossion, Irving Omar Morales Agiss, Pável Stransky, Ixchel Garduño Alvarado, Antonio Tavera Vázquez, Emmanuel Landa Hernández, Diego García Aguilar, José Alberto Martín Ruíz, Araceli Ibáñez Sandoval.

Descripción:

Muchos sistemas de interés en la biología y en la física son sistemas compuestos, i.e., están formados de componentes que se comunican entre sí, a través de interacciones que son locales y específicas para cada sistema. El sistema es dinámico cuando se desarrolla en el tiempo, y complejo cuando se auto-organiza y emerge un nuevo comportamiento global a partir de las interacciones locales entre los componentes constituyentes. La descripción matemática de un sistema dinámico consiste en un vector de estado (un conjunto de números reales) y una función determinista (mapeo, función de diferencias o función diferencial) que define la evolución del estado en el tiempo. Muchas veces resulta difícil determinar todos los componentes del vector de estado, y no siempre es posible resolver la evolución en el tiempo. Una manera elegante para estudiar una gran variedad de sistemas dinámicos es a través de series de tiempo, que dan información sobre la evolución temporal de una observable específica del sistema, y que básicamente son una secuencia de datos medidos en intervalos de tiempo. Los tipos de series de tiempo posibles son: (i) series periódicas, (ii) series aleatorias, y (iii) series no-periódicas pero correlacionadas (correlaciones positivas y correlaciones negativas o “anti-correlaciones”). Las series de tiempo no sólo ofrecen información importante sobre la dinámica interna del sistema, sino que también permiten estudiar dentro de un mismo marco teórico a sistemas de índole muy diferente, como por ejemplo los biológicos, fisiológicos y físicos, en el último caso tanto clásicos como cuánticos. Aunque los componentes del sistema se comuniquen entre sí mediante interacciones locales, el comportamiento global que emerge bajo condiciones críticas parece ser universal, y caracterizarse por tener un espectro de potencias del tipo $1/f$ (ruido rosa o “flicker noise” en inglés) en las fluctuaciones del sistema. El ruido $1/f$ pertenece a la familia de las señales invariantes de escala $1/f^\beta$ y es intermedio entre las series no-correlacionadas (ruido blanco con $\beta=0$) y las series muy correlacionadas (ruido browniano con $\beta=2$). El ruido $1/f$ es fractal, ya que si uno toma fragmentos de la serie éstos son idénticos estadísticamente a la serie original y, además, es un indicador de criticalidad, donde se maximizan importantes parámetros asociados a la complejidad, como la memoria, el contenido de información, la eficiencia y la fractalidad.

El ruido $1/f$ ha sido encontrado en series de tiempo biológicas y en series de tiempo fisiológicas de sujetos sanos como son; la series cardíacas ECG, series cerebrales EEG, la respiración, la presión sanguínea, la marcha, el equilibrio, la temperatura, y la cognición. En contraste, desviaciones del comportamiento $1/f$ indican un pobre estado de salud causado por fragilidad y/o envejecimiento (series más correlacionadas y regulares, i.e., más rígidas), por enfermedades y malos hábitos (series menos correlacionadas y más aleatorias). En el caso de sistemas biológicos, el comportamiento $1/f$ se puede interpretar como característico de un sistema que ha maximizado su eficiencia dentro de sus propios límites. En cambio, un aumento

o una pérdida de correlaciones en la serie de tiempo implica una pérdida de eficiencia de los procesos biológicos bajo estudio.

Desde el inicio del siglo pasado, se han encontrado ejemplos de ruido $1/f$ en una gran variedad de series de tiempo correlacionadas en sistemas físicos clásicos. Por otro lado, las correlaciones en espectros cuánticos tradicionalmente se han estudiado en el marco del caos cuántico mediante la teoría de matrices aleatorias, pero la conexión con los sistemas macroscópicos y el caos clásico no ha sido establecida con claridad, a pesar de las relaciones matemáticas con la teoría cuántica semi-clásica, ejemplarizada por la fórmula de trazas de Gutzwiller. Recientemente, sin embargo, se ha establecido la presencia de señales $1/f$ en las fluctuaciones del espectro de excitación del núcleo atómico y también en los espectros de otros sistemas cuánticos. La observación empírica del ruido $1/f$ tanto en sistemas clásicos como cuánticos ofrece la posibilidad de describir correlaciones en ambos regímenes dentro de un mismo marco. Mientras que en sistemas biológicos el comportamiento $1/f$ se puede interpretar como señal de un estado crítico de máxima eficiencia, es más difícil interpretar la implicación física del ruido $1/f$ en los sistemas físicos, particularmente en los cuánticos. ¿El espectro nuclear es acaso crítico? ¿Qué implica físicamente un espectro cuántico crítico?

Financiamiento: 3 x 200,000 pesos (3 años). DGAPA-PAPIIT

13.- Complejidad y series de tiempo: Aplicaciones en la medicina y en la física
Responsable: Dr. Alejandro Frank Hoeflich

Participantes: Irving Omar Morales Agiss, Pavel Stránský, Emmanuel Landa Hernández, Enrique Garduño Romo, Juan Carlos López Vieyra, Víctor Manuel Velázquez Aguilar, Alfred Barry U'Ren Cortes, Alejandro Frank Hoeflich, José Alberto Martín Ruiz, María de Lourdes Ávila Alva, Mario Ulises Pérez Zepeda, Oscar Rosas Carrasco, Rubén Yvan Maarten Fossión, Edgar Alonso García Valdés, Carlos Gershenson García, Andrés Bendesky Corenstein, Jorge Oseguera Moguel, Amir Gómez León Mandujano, Luis Miguel Gutiérrez Robledo, Shaday Michán Aguirre, Mariana López Ortega.

Descripción: La mayoría de los sistemas en la naturaleza y en particular los sistemas fisiológicos, ya sea saludables o enfermos, exhiben comportamientos temporales muy complejos que no pueden entenderse partiendo de los métodos tradicionales basados en la linealidad y el enfoque reduccionista. Este proyecto plantea una investigación multidisciplinaria enfocada al estudio teórico y experimental de series de tiempo, asociadas a sistemas físicos, biológicos y fisiológicos, desde el punto de vista de las ciencias de la complejidad y de la teoría del caos. Planteamos aquí el análisis mediante series de tiempo en diversas áreas, desde problemas básicos de la física hasta sistemas muy complejos ligados a la inteligencia computacional, en un ejemplo de control vehicular. Desde el punto de vista de la física, se investiga el origen común de señales tales como el espectro de potencias (power spectrum) $1/f$, la invariancia de escala fractal y la criticalidad, ya sea como indicadores de buen funcionamiento, o como señales de un cambio de fase. Se investigan diversos sistemas clásicos y cuánticos con el propósito de evaluar estas señales como posibles indicadores robustos del caos. La aplicación principal de este proyecto es al estudio de la fragilidad y los mecanismos de envejecimiento en los seres humanos, con el objetivo último de diseñar pruebas clínicas de bajo costo y no-invasivas para la detección temprana de estas condiciones. Se plantea la realización de pruebas sistemáticas bajo diversas condiciones del entorno, en pacientes de los Institutos de Geriátrica Cardiología y Nutrición. Proponemos también experimentos básicos de fluctuaciones temporales faríngeas utilizando un modelo en el nematodo *Caenorhabditis Elegans*, donde las condiciones

ambientales y la utilización de variedades genéticas muy diversas permiten un amplio espectro de análisis.

Financiamiento: 2,000,000 pesos. Proyecto Conacyt. Ciencias Básicas. Convocatoria CB_2009_1

14.- Estudio de correlaciones universales en sistemas cuánticos: teoría y experimentación

Responsable Técnico: Alejandro Frank

Participantes: Ruben Fossion, Irving Omar Morales Agiss, Pavel Stransky, Paul R. Fraser, Alejandro Frank Hoeflich, Alfred Barry, U'Ren Cortés, Víctor Velázquez Aguilar, Juan Carlos López Vieyra, Emmanuel Landa Hernández, Edna Magdalena Hernández González, Rafael, Alejandro Molina Fernández

Financiamiento: Proyecto Conacyt: Ciencia Básica

Convocatoria: CB-2010-01

15.- Dinámica de Sistemas Complejos y Redes Biológicas

Responsable: Dr. Denis Boyer

Participantes: O. Miramontes, D. Boyer, E. Ceccon, R.M. Mariscal

Descripción:

Entidad financiadora: UNAM, programa PAPIIT-DGAPA (IN107309-3).

16.- Análisis de redes de regulación genética con métodos de verificación de modelos

Responsable:

Descripción:

Participantes: David Rosenblueth, Eugenio Azpeitia, Pablo Padilla, Mariana Benítez).

III.- Complejidad Social

Si bien la biología es el nicho natural presente del estudio de los sistemas complejos, no es muy aventurado pronosticar que la sociología será un nicho por excelencia del futuro. Al adentrarse en los fenómenos sociales se abre una caja de Pandora de alcances ilimitados. En el eje Complejidad, se propone asomarse a la punta del témpano del hielo, abordando problemáticas sociales que son ya objeto de estudio por parte de participantes del proyecto. En un inicio los estudios se centrarán en aspectos de la salud pública, urbanismo y educación.

Tanto para problemas relacionados con el sistema de salud pública como con la dinámica de las comunidades urbanas, uno de los puntos de partida será el análisis de la interrelación entre las estructuras socio-políticas formales y las informales, las llamadas comunidades de práctica.

1. Salud: Con relación a enfermedades de interés nacional, aprovechando la experiencia previa, se profundizará en estudios integrales sobre el SIDA y la diabetes 2. Ambas enfermedades son de particular impacto en la salud de los mexicanos e implican costos sociales y económicos muy importantes. También en este rubro se elaborará un estudio desde la perspectiva de las ciencias de la complejidad del Sistema de Salud Pública.
2. Urbanismo: En el momento actual y en diversos niveles se hace patente la necesidad de modos de organización urbana, a la vez robustos y flexibles. Con frecuencia la

robustez está asociada a la estructura formal y la flexibilidad a la estructura informal, a las llamadas comunidades de práctica y ayuda mutua. Se estudiarán estas comunidades de práctica y de ayuda mutua y se llevarán a cabo experimentos piloto en dos frentes importantes: i) Propagación en medios sociales y epidemias; ii) Finanzas con vocación social.

3. Educación: Respecto a la educación se continuará con el trabajo sobre comportamientos universales en las ciencias y las artes, y sobre el desarrollo mismo de las ciencias de la complejidad. Evidencia preliminar sugiere que estos análisis pueden contribuir a la inclusión de una temática novedosa en las carreras de arquitectura, artes plásticas y música. Una función fundamental del eje será la de fomentar la organización de mini cursos y diplomados dirigidos a los investigadores en las ciencias exactas, naturales y sociales, así como al profesorado de la enseñanza media, media superior y superior. De suma importancia será la implementación de un programa de doctorado en las ciencias de la complejidad, el cual, además de formar generaciones con nuevos horizontes contribuirá a la consolidación de una red de trabajo multidisciplinaria. De tal manera que las dos áreas a enfatizar serán: i) Universalidad en las ciencias y artes y ii) Enseñanza.

El Programa de Complejidad Social está conformado por ocho proyectos en el tema de sociedad y cultura y en el tema de modelos sociales.

Tema: Sociedad y Cultura

1.- Dispersión de la cultura Otomí en México

Responsable: Genaro Juárez Martínez

Participantes: M. en C. Adriana de la Paz Sánchez Moreno, Dra. Regina Jiménez-Ottalengo (UNAM), Bio. Georgina Verónica Juárez Martínez (Conagua), Hist. Mateo Cajero Hernández

2.- Movilidad humana

Responsable: Octavio Miramontes

Participantes: Eliane Ceccon, Luis García Barrios

3.- Planeación de sistemas complejos

Responsable: Felipe Lara Rosano y Cocho, G.

Participantes: Velasco Herrera Graciela, Almanza Márquez Silvia Irene, Juárez Garduño Rosalba

4.- Seminario Transdisciplinario permanente sobre métodos, técnicas y Modelos de la Complejidad Social

Responsable: Felipe Lara Rosano y Cocho, G.

Participantes: Participantes CCADET: Velasco Herrera Graciela, Almanza Márquez Silvia Irene, Juárez Garduño Rosalba, Bárcenas López Josefina, Domínguez Hernández José Antonio, Rodríguez Lozano Salvador, Participantes externos: González Casanova Pablo IIS UNAM, Silva Rodríguez Arturo FES Cuautitlán UNAM, López Rivera Laura Elena, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM, Amador Bautista Rocío Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación, Velázquez Guzmán María Guadalupe Universidad Pedagógica Nacional, González Rosa Luz UAM Azcapotzalco, Castro Lara Eloína Facultad de Ciencias de la Comunicación BUAP. Estudiantes: Susana Casy Téllez Ballesteros Doctorado de Ingeniería de Sistemas, Fernández Fuensanta Doctorado en Enseñanza Musical, Gallardo Cano Alejandro Doctorado en Ciencias Políticas y Sociales, Turner Sen Tania

Maestría en Sociología, Roldán Serrato Lucero Maestría en Ingeniería Instrumentación, González González Carolina Maestría en Ingeniería Instrumentación, Becerra Durán Gabriel Maestría en Ingeniería Planeación, Cortés Berruecos Luis Enrique Maestría en Ciencia e Ingeniería de la Computación., Millán Palma Edgar Ingeniería en Computación

5.- Ética y sustentabilidad desde lo complejo.

Responsable: Aracely R. Berny. FFyL

Participantes: Diana Angélica Miranda Malpica, David S. Contreras Islas, Huini Juárez Santoyo, José Eduardo Valle Sánchez, Christopher Stephens, Jorge Riechmann.

6.- Observación socioambiental – vinculación con la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS).

Responsable: Rolando Espinosa

Tema: Modelos Sociales.

7.- Dinámica Social en Insectos

Responsable: Octavio Miramontes

Participantes: Og de Souza (UFV-Brasil)

8.- Modelos y aplicaciones del comportamiento colectivo de sistemas físicos en problemas sociales y económicos.

Responsable: Marcelo del Castillo Mussot

IV.- Complejidad y Biología Celular

La revolución de la genética gracias a lo que se denominan ciencias genómicas ha generado un conocimiento detallado de prácticamente todas las macromoléculas de una célula. Este enfoque y la genética molecular experimental clásica está proporcionando conocimiento acerca de prácticamente cada una de los componentes moleculares de los sistemas biológicos. Está claro en la comunidad científica que el reto es ahora integrar como se interconectan estas piezas y entender su funcionamiento concertado en forma integral. Este reto requiere de la combinación de herramientas teóricas, modelaje, manejo de la información genómica, bioinformática y ciencias de la computación, así como enfoques y metodologías experimentales de validación de estos modelos. A esta nueva forma de hacer biología se le ha llamado recientemente "Biología de Sistemas" y en su vertiente más prometedora recupera aspectos importantes de la tradición de Biología Teórica que había ya identificado aspectos genéricos que subyacen tras el funcionamiento y estructura de los seres vivos. Este tipo de investigación en Biología se está ya haciendo en nuestro país, principalmente por algunos grupos pioneros de la UNAM que ahora se unen en esta propuesta a la que además se suman expertos en ciencias físicas, matemáticas, ciencias de la computación y otros biólogos quienes han trabajado desde distintas perspectivas en la problemática de sistemas biológicos complejos. En el Eje de Complejidad, se iniciará con las siguientes líneas:

1. Validación de predicciones de teoría de redes usando a *Escherichia coli* como modelo experimental: Este organismo es uno de los mejor estudiados a nivel molecular y en México se han hecho trabajos pioneros con él. Además es muy adecuado para experimentación y se usará para validar empíricamente las predicciones de los

modelos de redes a desarrollar en esta iniciativa, así como para postular nuevas hipótesis.

2. De los genes al fenotipo, desarrollo y morfogénesis: Los enfoques teórico-experimentales con capacidad predictiva que aquí se proponen usando diversos modelos teóricos y experimentales, se abocan al estudio de temas centrales de la biología contemporánea: la regulación genética concertada de muchos componentes que subyace el comportamiento celular y la base genética y epigenética de enfermedades complejas como el cáncer, la interrelación de la estructura y dinámica de las redes de regulación como la maquinaria de toma de decisiones a nivel celular, el control de la diferenciación y proliferación celular, y los patrones morfogenéticos. La morfogénesis normal y alterada (p.e. tumoraciones) depende del balance entre división y diferenciación celular en organismos multicelulares. Por ello, resulta fundamental estudiar las bases moleculares que determinan este balance y los factores críticos para su rompimiento. En esta línea se enfocará el esfuerzo en dos frentes: i) Uso de plantas como sistema experimental modelo y ii) Estudios en sistemas animales.
3. Cáncer como una enfermedad compleja: Para profundizar en estas líneas y explorar su potencial contribución a entender alteraciones complejas como el cáncer, se pretende seleccionar un tipo de cáncer importante en México, que se estudiará con una perspectiva integrativa y de los sistemas complejos.
4. Diseño de fármacos: También se explorarán diversos enfoques para coadyuvar en el desarrollo de nuevos fármacos útiles para la prevención o tratamiento del cáncer.

En el Programa de Complejidad y Biología Celular hay trece proyectos sobre Biología Molecular y seis sobre Modelos Matemáticos y Computacionales.

Tema: Biología Molecular

1.- Mecanismos moleculares y consecuencias morfogenéticas del mantenimiento de nichos celulares madre. *Arabidopsis thaliana* como sistema modelo

Responsable: Dra. Elena Alvarez-Buylla Roces

Participantes: Rigoberto Pérez Ruiz, Fabiola Jaimes Miranda, Adriana Corvera Poiré, Mario Alberto Pacheco Escobedo, Gabriel Sinue

Fonseca Salazar, Karla Verónica García Cruz, Yara Elena Sánchez Corrales.

2.- Papel de genes MADS-box en la homeostasis celular. Meristemos de *Arabidopsis Thaliana* como sistema modelo

Responsable: Álvarez-Buylla, Elena

3.- Subfuncionalización de dos genes MADS-box homólogos (AGL14 y AGL19) en el meristemo aéreo de *Arabidopsis thaliana*.

Responsable: Berenice García Ponce de León.

Participantes: Rigoberto Vicencio Pérez Ruíz y David Cruz Sánchez. Además de la Dra. Elena Alvarez-Buylla R.

Descripción: Con este proyecto queremos demostrar la participación diferencial de dos genes MADS-box: AGL14 y AG19, los cuales son genes hermanos pero que creemos cumplen funciones diferentes en los meristemos aéreos. Además, aportaremos conocimiento desde un

punto de vista evolutivo de la posible subfuncionización de estas dos proteínas homólogas, muy posiblemente a un nivel de regulación post-traducciona que implica la formación de multímeros diferentes en respuesta a las condiciones de crecimiento externas.

Financiamiento: Programa PAPIIT de la DGAPA IN204011-3 (2011-2013). Concluyó el primer año.

Productos destacados: Aceptación del artículo Adriana Garay-Arroyo*, Alma Piñeyro-Nelson*, Berenice García-Ponce, María de la Paz Sánchez and Elena R. Álvarez-Buylla (2011). When ABC becomes ACB. News Letters, J Exp.Bot.

4.- Papel de genes MADS-box preponderantemente de raíz en la regulación del tiempo de floración de *Arabidopsis thaliana*.

Responsable: Berenice García Ponce de León.

Participantes: Rigoberto Vicencio Pérez Ruíz, David Cruz Sánchez, Gabriel Fonseca Salazar y Mario Pacheco. Además, de la participación de la Dra. Elena Alvarez-Buylla Roces

Descripción: Los factores transcripcionales MADS-box participan en la red genética que activa la transición del estado vegetativo de los meristemas aéreos al reproductivo. Actualmente aún tenemos información parcial de cómo se lleva a cabo dicho proceso. Con éste proyecto, contribuimos a complementar el conocimiento parcial que aún existe acerca de esta red, investigando concretamente la participación de seis genes MADS-box, que se expresan preponderantemente en raíz y que no se les había considerado como reguladores del tiempo de floración.

Financiamiento: Programa PAPIIT de la DGAPA IN210408 (2008-2010). Este ya concluyó.

Productos destacados: Publicación de dos artículos: Tapia-López et al., (2008). Plant Physiology 146(3): 1182-1192; y Han et al., (2008). Plant Journal 55(2): 253-265. Publicación de un capítulo de libro: Alvarez-Buylla et al., (2010) "Flower Development", en el libro: The Arabidopsis Book 8(1):1-57. Titulación de Gabriel Fonseca Salazar de la Maestría en Ciencias Biológicas.

5.- Transición a la floración en *Arabidopsis thaliana*, regulación genética y fisiológica.

Programa: Complejidad y biología celular

Responsable: Berenice García Ponce de León

Participantes: Rigoberto Vicencio Pérez Ruíz; David Cruz Sánchez; Ursula Citlalli Abad Vivero y Valeria Martínez Silva. Además de la Dra. Elena Alvarez-Buylla R.

Descripción: Este proyecto contribuye al entendimiento de las redes de regulación genética y fisiológica de la transición a la floración en plantas. Para ello, caracterizamos el papel de nuevos genes MADS-box y de hormonas vegetales que hasta ahora no habían sido identificadas como reguladores de la floración.

Financiamiento: CONACyT 00000000081433 (2009-2011). ESTE PROYECTO TERMINO EN DICIEMBRE DE 2011.

Productos destacados: Publicación de un artículo: Alvarez-Buylla et al., (2010). B-Function Expression in the Flower Center Underlies the Homeotic Phenotype of *Lacandonia schismatica* (Triuridaceae). *Plant Cell* 22(11): 3543-3559; y un capítulo de libro: Alvarez-Buylla, et al., (2011). "A MADS View of Plant Development and Evolution", pp 181-220 en el libro: *Topics in Animal and Plant Development: From Cell Differentiation to Morphogenesis*. Titulación de David Cruz Sánchez de la Maestría en Ciencias Biológicas y Ursula Citlalli Abad Vivero de la Licenciatura en Biología.

6.- Tasas de flujo genético entre el maíz y el teocintle

Responsable: Elena Alvarez-Buylla Roces

Participantes: Norma Ellstrand

7.- Exploración del paisaje genético y energético de la unión entre proteínas MADS y cajas CArG.

Responsable: Dr. León Patricio Martínez Castilla

> Castilla<<http://c3.fisica.unam.mx/asociados/investigadores/45>>

Investigador del Departamento de Bioquímica de la Facultad de Química y del C3, proyecto financiado por DGAPA-UNAM).

> <<http://c3.fisica.unam.mx/asociados/investigadores/45>>

Participantes: Dra. Selene Zárate Guerra, Dr. Alejandro Sosa Peinado, Biól. Quetzalcoatl Escalante Covarrubias.

Descripción:

Síntesis del proyecto.

La regulación de un gen depende importantemente de la unión de factores de transcripción a sitios específicos localizados en la región reguladora de dicho gen. La especificidad del reconocimiento entre el factor de transcripción y un sitio de unión es muy alta pero deja lugar para cierto grado de degeneración, es decir, un mismo factor de transcripción puede unir, con afinidades variables, diferentes secuencias de DNA que varían entre sí por aproximadamente 20 a 30 % de sus pares de bases. La dinámica de formación de los sitios de unión es esencial en la aparición de redes reguladoras complejas, tales como las que subyacen a la evolución de novedades en el desarrollo de los eucariontes multicelulares. Sin embargo, los contextos biofísico y evolutivo de mutaciones que potencialmente cambian la afinidad entre sitios de unión y factores de transcripción han sido abordados solo recientemente. En este proyecto proponemos modelar computacionalmente los cambios en la energía de unión entre factores de transcripción de la familia MADS y sus sitios de unión canónicos, las llamadas cajas CArG, cuando tienen lugar mutaciones puntuales en las secuencias de dichos sitios de unión. Estos experimentos computacionales nos permitirán describir la contribución de cada posición de la secuencia de DNA a la unión con el factor de transcripción; determinar si las cajas CArG "canónicas" corresponden a máximos (locales o globales) de afinidad hacia los factores de transcripción modelados o si, por el contrario, alguno de sus vecinos que se encuentren a una mutación puntual de distancia tiene una afinidad mayor por la proteína; estimar el tamaño del

“espacio de secuencias” en el que las mutaciones puntuales cambian poco la afinidad entre sitio de unión y proteína (lo que nos permitirá estimar qué fuerzas evolutivas pueden moldear la variabilidad de los sitios de unión); descubrir si existen interacciones entre diferentes posiciones de los sitios de unión que violen el supuesto de aditividad en las contribuciones de cada posición a la energía de unión (pleiotropías); construir modelos estadísticos de las cajas CARG aún cuando no exista información sobre cuáles son los blancos directos de determinado factor de transcripción MADS; y hacer predicciones sobre que genes se hallarán bajo el control de determinado factor de transcripción MADS.

Financiamiento: \$179767.00 m. n. repartido en dos años. Otorgado por PAPIIT-DGAPA, UNAM

Productos destacados:

Tesis de maestría de Quetzalcoatl Escalante Covarrubias (en proceso);

Artículo: Martínez-Castilla LP, Rodríguez-Sotres R (2010) A Score of the Ability of a Three-Dimensional Protein Model to Retrieve Its Own Sequence as a Quantitative Measure of Its Quality and Appropriateness. PLoS ONE 5(9): e12483. doi:10.1371/journal.pone.0012483

Fecha de inicio: enero 2009

Fecha de término: diciembre 2010

8.- El papel de AGL14 y AGL19 en las redes que regulan la transición de un estado celular proliferativo a uno de diferenciación en los meristemas radiculares

Responsable: Adriana Garay Arroyo.

Participantes: Adriana de la Concepción Corvera Poiré (académicos externos), Mario Albert Pacheco Escobedo (estudiante de doctorado), Estela DÁbril Ruiz Leija (estudiante de doctorado), Aurora Gamez Reyes (estudiante de doctorado), Fabiola Jaimes Miranda (estancia postdoctoral), Crisanto Gutierrez Armenta (colaborador español).

Descripción: En este proyecto queremos esclarecer el papel de *AGL14* y *AGL19*, dos genes MADS-box tipo SOC1, en el desarrollo radicular de *Arabidopsis thaliana*. Particularmente, estamos interesados en determinar la función de estos genes en la transición de un estado celular proliferativo a uno de diferenciación en los meristemas radiculares (2007-2009)

Financiamiento: PAPIIT

Productos destacados: XXVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Bioquímica

9.- Complejos proteicos y su regulación: mecanismos proximales de la homeosis floral único de *Lacandonia schismatica*

Responsable: Dra. Adriana Garay Arroyo.

10.- Análisis de la estructura y evolución de multímeros de proteínas MADS-box tipo II en el desarrollo de la flor y de la raíz de miembros de la familia de las Triuridaceae

Responsable: Dra. Adriana Garay Arroyo.

Participantes: Adriana Garay Arroyo

Descripción: La combinatoria de los complejos proteicos y no sólo la regulación transcripcional, que es la que se ha estudiado experimentalmente hasta ahora, subyacen aspectos importantes de las decisiones del desarrollo durante la diferenciación celular y morfogénesis. Por lo que en este proyecto estudiaremos la caracterización de las redes proteicas de *Lacandonia schismatica*, el estudio experimental de sus funciones y su evolución.

Financiamiento: CONACYT

Productos destacados:

1) Elena R. Alvarez-Buylla, Mariana Benítez Keinrad, Adriana Corvera, Álvaro Chaos Cador, Stefan de Folter, Alicia Gamboa de Buen, Adriana Garay-Arroyo, Berenice García-Ponce, Fabiola Jaimes-Miranda, Rigoberto V. Pérez-Ruiz, Alma Piñeyro, Yara Elena Sánchez Corrales. (2010). FLOWER DEVELOPMENT. Publicado en Arabidopsis Book 1-57pp.

2) Piñeyro A, Sandoval-Flores E, Garay-Arroyo A, García-Ponce B, Álvarez-Buylla E. (2010). Evolutionary history and molecular mechanisms underlying the inside-out flower of *Lacandonia schismatica*. Int. Journal of Plant Developmental Biology. (I.E.). Special Issue 4 (1) : 86-97.

11.- Transición a la floración en *Arabidopsis thaliana*, regulación genética y fisiológica

Responsable: Berenice García Ponce de León.

12.- Redes transcripcionales implicadas en la diferenciación y el desarrollo de los sistemas biológicos: la raíz de *Arabidopsis thaliana* y células tumorales humanas como modelos de estudio.

Responsable: Enrique Hernández Lemus

Participantes: Elena Álvarez-Buylla y Ricardo Chávez

13.- Estructura, función y evolución de los complejos de proteínas MADS en el establecimiento del meristemo y la determinación de órganos de la flor de *Lacandonia schismatica*.

Responsable: Dra. Adriana Garay Arroyo.

Participantes: Karla Citlallin Sánchez Lara (estudiante de licenciatura), Alejandra Celeste Dolores Sánchez (estudiante de licenciatura), Alma Piñeyro Nelson (estudiante de doctorado).

Descripción:

Financiamiento: PAPIIT

Productos destacados:

1) Elena R. Álvarez-Buylla, Barbara A. Ambrose, Eduardo Flores-Sandoval, Marie Englund, Adriana Garay-Arroyo, Berenice García-Ponce, Eduardo de la Torre-Bárcena, Silvia Espinosa-Matías, Esteban Martínez, Alma Piñeyro-Nelson, Peter Engström, Elliot M.

Meyerowitz (2010). A shift of the B-gene expression to the flower centre and alterations on B-protein function may constitute key proximal molecular genetics causes of the inside-out flower of *Lacandonia schismatica*. The Plant Cell. Nov;22(11):3543-59.

2) Garay-Arroyo, A., Piñeyro A., García-Ponce B., Sánchez M de la P. y Álvarez-Buylla E. When ABC becomes ACB. (2011). Flowering Newsletter; Journal of Experimental Botany. Aceptado

3) Garay-Arroyo, A., García-Ponce, B., Pérez-Ruiz, R., Piñeyro-Nelson, A y Sánchez MP. (2011). La genética de la flor y la sexualidad de las plantas. Oikos 4. Instituto de Ecología.

4) Alvarez-Buylla, E., Anaya, A.L., Barradas, V., Benítez, M., Campo, J., Cruz. R., Gamboa, A., Garay, A., García, B., Mendoza, A., Pérez, R., Orozco, A., Sánchez, M., Sánchez, M. y Solís, E. (2011). De los genes al cambio climático global. Revista de Ciencias 103: 55-64.

5) García-Ponce, B., Garay-Arroyo, A., Piñeyro-Nelson, A., Sánchez MP., Martínez, E., Álvarez-Buylla, E. (2011). *Lacandonia schismatica*: ventana a la evolución del desarrollo. Ciencia y desarrollo, Julio-agosto. 48-55.

6) Elena R. Alvarez-Buylla, Mariana Benítez Keinrad, Adriana Corvera, Álvaro Chaos Cador, Stefan de Folter, Alicia Gamboa de Buen, Adriana Garay-Arroyo, Berenice García-Ponce, Fabiola Jaimes-Miranda, Rigoberto V. Pérez-Ruiz, Alma Piñeyro, Yara Elena Sánchez Corrales. (2010). FLOWER DEVELOPMENT. Publicado en Arabidopsis Book 1-57pp.

Conacyt Bere No. 81433: "Transición a la floración en *Arabidopsis thaliana*: regulación genética y fisiológica"

Conacyt Elena No. 81542: "Papel de genes MADS-box en la homeostasis celular. Meristemas de *Arabidopsis thaliana* como sistema modelo"

PAPIIT Bere IN204011-3 : "Subfuncionalización de dos genes MADS bx homólogos (AGL14 y AGL19) en el meristemo aéreo de *Arabidopsis thaliana*".

PAPIIT Elena IN229009-3: Mecanismo moleculares y consecuencias morfológicas del mantenimiento de nichos celulares madres: *Arabidopsis thaliana* como sistema modelo"

PAPIIT Garay 226510-3 "Estructura, función y evolución de los complejos de proteínas MADS en el establecimiento del meristemo y la determinación de órganos de la flor de *Lacandonia schismatica*"

Conacyt José Díaz-EAB 105678: "Modelos matemáticos y computacionales de vías de señalización intracelulares en plantas y animales y de su acción sobre el proceso de regulación de la expresión genética"

Tema: Modelos matemáticos y computacionales

14.- Comportamientos Genéricos en Artes y Ciencias.

Responsables: Dr. Germinal Cocho y Gustavo Martínez Mekler

Participantes: Roberto Alvarez (Estudiante, C3), Rosalio Rodriguez (Investigador, IF-UNAM), Manuel Beltrán (Posdoctorante, C3), Celia Ateneodo (Investigadora, Pontificia Universidad Católica, Rio de Janeiro), Raúl Salgado (FC-UAEM), Edgardo Ugalde (IF-UASLP)..

Fecha de inicio: 2006

Fecha de término: abierta

Descripción:

Un extenso análisis de distribuciones ordenadas por rango ha puesto de manifiesto que una generalización de la distribución beta es ubicua, presente en las artes y ciencias (sociales, económicas, físicas y biológicas). Para un mejor entendimiento de este comportamiento se han desarrollado las siguiente líneas de investigación:

a) “Transiciones de fase” en dinámicas en conflicto: Con modelos discretos de expansión-modificación se generan secuencias que al ser agrupadas en cúmulos de “n” elementos dan lugar a distribuciones rango-frecuencia beta generalizadas. Lo mismo ocurre cuando al estudiar secuencias generadas por la dinámica simbólica de familias de mapeos no lineales con la alternancia de regímenes laminares y turbulentos (fenómeno de intermitencia). Un elemento en común es que se trata de dinámicas en conflicto que dan lugar a comportamientos reminiscentes a transiciones de fase.

b) Procesos estocásticos de nacimiento y muerte: A partir de formulaciones de estos procesos en términos de ecuaciones maestras se llegan a funciones de evolución tipo Fokker-Planck que bajo condiciones muy generales también dan lugar a las distribuciones beta generalizadas.

c) Geometría y Azar: Al poner de manifiesto relaciones entre funciones de densidad de probabilidad y distribuciones ordenadas por rango, la ubicuidad de la distribución beta generalizada resulta de consideraciones geométricas.

Productos destacados:

Además de la publicación de una decena de artículos de investigación, el estudio pone de manifiesto analogías reveladoras entre que el comportamiento de variedad de dinámicas en conflicto y explota la complementariedad de distintos formalismos. Surgen pautas para la clasificación de diversidad de fenómenos. Se muestra que en muchos casos leyes de potencias habitualmente asociadas a propiedades de sistemas complejos son menos apropiadas que descripciones en términos de distribuciones beta. Las repercusiones de este resultado son múltiples y de importancia.

Financiamiento:

Proyectos de CONACyT (en variedad de modalidades) y DGAPA-UNAM.

15. Dinámicas en Redes:

Responsable: Gustavo Martínez Mekler

Participantes: Germinal Cocho (Investigador, IF-UNAM), Maximino Aldana (ICF-UNAM) Thomas Buhse (CIQ-UAEM), Alberto Darszon (IBT-UNAM), Adán Guerrero (Instituto Gulbenkian, Portugal), Edgardo Ugalde (IF-UASLP), Alfredo González (Estudiante, FC-UAEM), Jesus Espinal (Estudiante, ICF, Posgrado en Ciencias Biomédicas, UNAM), Rafael Verduzco (Estudiante, FC-UAEM), Jorge Carneiro (Instituto Gulbenkian, Portugal), Punit Parmananda (Indian Institute of Technology, Mumbai), Fernando Ramírez Alatríste (UACM), Raúl Rechtman (CIE-UNAM), Manuel Cruz (Estudiante, FC-UAEM), José Torres (UAEM), Jorge Zañudo (Estudiante, Penn State, USA).

Fecha de inicio: 2006

Fecha de término: abierto

Descripción:

Los comportamientos colectivos caracterizan a los sistemas complejos. Al contar con muchos componentes, la forma en que se interrelacionan esta regida por la naturaleza y rango de sus interacciones. La topología de su red de interconexiones, la geometría del espacio que los alberga y la dinámica a que están sujetos determinan las propiedades emergentes del sistema complejo. En este proyecto se estudian redes de señalización bioquímica, neuronales, redes de mapeos acoplados y redes de reacciones químicas presentes en estado gaseoso. El proyecto tiene una fuerte componente transdisciplinaria, así como una considerable interrelación teórico-experimental.

a) Fecundación: Se estudian mecanismos mediante los cuales espermatozoides de erizo de mar se aproximan al huevo. La natación de estos espermatozoides está ligada a oscilaciones del ión Calcio dentro del flagelo, las cuales están reguladas por una vía de señalización bioquímica disparada por secreciones del óvulo. Con base en resultados experimentales se construye una red lógica de señalización que permite llevar a cabo predicciones y entender aspectos globales de la dinámica, en particular que opera en un régimen crítico. Un elemento bajo discusión esencial es la presencia de quimio taxis. Trabajo teórico-experimental ha permitido desentrañar por primera vez comportamientos particulares de la natación de los espermatozoides en gradientes de secreciones del huevo. La modelación del sistema a varias escalas de descripción es un reto típico de los sistemas complejos, sobre el cual se han tenido algunos avances.

b) Criticalidad en redes: Un punto de controversia en la biología es que si los procesos vitales se llevan a cabo en un régimen crítico. Nuestro trabajo sobre fecundación arriba planteado, indica que tal es el caso para la dinámica de la vía de señalización del Ca^{2+} . Por otro lado, trabajo desarrollado por el grupo, en el contexto de redes de regulaciones discretas de umbral, muestra que la cuestión de criticalidad debe manejarse con cautela.

c) Dinámica en sistemas extendidos:

i) Formación de patrones: El estudio de anillos de Leisegang resultantes de la precipitación en tubos de vidrio de sales de cloruro de amonio al reaccionar una fase gaseosa de HCL con otra de NH_4OH , es un problema de formación de patrones que permite analizar el efecto de perturbaciones sonoras y gradientes térmicos. El trabajo teórico-experimental que se viene desarrollando por medio de una colaboración amplia UNAM-UAEM empieza a proporcionar información sobre invariancias de escala, correlaciones y criterios para la parametrización de modelos discretos tipo autómatas celulares o ecuación de Boltzmann en una red (espacial).

ii) Dinámicas acopladas: Trabajo sobre redes de mapeos acoplados y ecuaciones diferenciales acopladas permite abordar problemas de sincronización, anticipación, ritmogénesis y colapso de amplitud, particularmente interesantes al ser en ocasiones anti-intuitivos.

iii) Red de Redes: Desarrollos futuros del problema de fecundación arriba mencionado también involucran el estudio de dinámicas extendidas, a lo largo del flagelo, entre módulos de señalización. Esto es, una red de redes distribuidas espacialmente.

Productos Destacados:

De nuevo aunque aquí también se cuenta con varias publicaciones en revistas de prestigio, un punto que merece especial mención es la intensa colaboración de teóricos y experimentales en problemas transdisciplinarios. Los avances sobre el entendimiento de la motilidad de espermatozoides en su búsqueda del huevo son considerables y el encuentro con comportamientos dinámicos fuera de lo común requiere de nuevos planteamientos.

Financiamiento:

Proyectos de CONACyT (en variedad de modalidades) y DGAPA-UNAM, NIH, Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Portugal.

16.- Modelos matemáticos y computacionales de vías de señalización intracelular en plantas y animales y de su acción sobre el proceso de regulación de la expresión genética.

Responsable: José Díaz

17.- Desarrollo de Modelos Teóricos Computacionales del Proceso de Regulación de la Expresión Genética por Vías de Señalización Intracelulares en Plantas y Animales.

18.- Modelos matemáticos y computacionales de vías de señalización intracelulares en plantas y animales y de su acción sobre el proceso de regulación de la expresión genética

Responsable: José Díaz Escudero

Participantes: Dr. José Díaz, Facultad de Ciencias, UAEM; Dr. Ramón González, Facultad de Ciencias, UAEM; Dra. Elena Alvarez-Buyllá, Instituto de Ecología, UNAM.

Descripción: Desarrollo de modelos matemáticos de las vías de señalización intracelulares activadas por receptores membranales y su efecto sobre la expresión de los genes de las células blanco durante los procesos de diferenciación, división y crecimiento celulares. Se trabaja principalmente con células fibroblásticas humanas y células de la raíz de Arabidopsis. Estos modelos matemáticos son resueltos utilizando herramientas computacionales que nos permiten la simulación in silico de estos procesos biológicos. Utilizamos herramientas matemáticas como ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos, ecuaciones diferenciales parciales, teoría de la información, análisis de sistemas y procesos estocásticos. Así mismo, utilizamos programación en C, Java, Pascal y Matlab.

Financiamiento: CONACYT 105678

Productos destacados: Publicaciones en revistas de prestigio y alto impacto en el área, así como en libros especializados.

Bensussen A & Diaz J (2011). "Dynamical Aspects of Apoptosis". Capitulo del Libro: "Ionizing Radiation/Book 1". Mitsuru Neno Editor. In Tech, Croacia. ISBN: 979-953-307-345-2.

González-García JS & Diaz J (2011). Information Theory and the Ethylene Genetic Network (Review). Plant Signaling and Behavior 6:1483-1498.

Diaz J (2011). Information Flow in Plant Signaling Pathways. Plant Signaling and Behavior 6:339-343.

Dogu Y & Diaz J (2009). Mathematical model of a network of interaction between p53 and Bcl-2 during genotoxic-induced apoptosis. Biophysical Chemistry 143: 44-54.

Diaz J & Alvarez-Buylla ER (2009). Information Flow During Gene Activation by Signaling Molecules: Ethylene Transduction in Arabidopsis cells as a study system. BMC Systems Biology 3:48.

Fecha de inicio-termino: Febrero 2009-febrero2012

16.- Retroacción y modularidad

Responsable: Libertad Pantoja Hernández

Participantes: Uriel Cabello, Juan Carlos Martínez García, y Libertad Pantoja Hernández

Participantes: Juan Carlos Martínez García y Libertad Pantoja Hernández

Descripción:

Demostrar el papel biológico de la retroacción en la interconexión de nuevos elementos a módulos existentes.

Financiamiento: Apoyo por parte del laboratorio de genética molecular, desarrollo y evolución de plantas.

Productos destacados: Por ser un proyecto reciente, los productos aún no son tangibles, pero se preveen una revisión y artículo de modelado en el primer semestre del 2012 (corto plazo) y la formación de al menos 4 alumnos (licenciatura y posgrado) a lo largo del proyecto (largo plazo).

Fecha de inicio-termino Inicio Julio 2011- termino aún no definido

V.- Complejidad y Salud Pública

La creciente globalización de nuestro mundo implica más y más contactos entre los ciudadanos del planeta que se transportan continuamente de sus lugares de origen a otros. Este patrón de movimiento creciente, implica mayores contactos sociales y mayores contactos con fauna silvestre en regiones alejadas. Esto lamentablemente, también propicia el intercambio de enfermedades infecciosas y patrones de consumo de bienes, productos y servicios que nos son necesariamente positivos para las poblaciones locales. Como producto de este patrón característico de nuestras vidas modernas, se ha detectado a nivel mundial enfermedades nuevas, enfermedades emergentes cuya existencia, mecanismos de acción y curas potenciales están muy lejos de ser entendidas. Ejemplo de ello son las recientes pandemias de influenza y la creciente epidemia mundial de obesidad y diabetes tipo II, ambas, problemas de gran impacto en México.

En el Eje Complejidad pensamos que las nuevas herramientas de los sistemas complejos permiten abordar el estudio de estas enfermedades bajo nuevas perspectivas que podrán ampliar las posibilidades de entendimiento y solución.

El Programa de Complejidad y Salud Pública tiene cuatro Proyectos sobre Problemas de Salud Prioritarios para el país como son la Influenza, Diabetes mellitus y otras enfermedades emergentes (Leishmaniasis, Enfermedad de Chagas y Lyme).

Este programa cuenta con cuatro proyectos

1.- Sistema Ciudadano de Monitoreo de Enfermedades Respiratorias .- Reporta

Responsable: Natalia, B. Mantilla Beniers,

Participantes: Christopher Stephens, Víctor Mireles, Sergio Hernández

López, Concepción García, Adolfo J. De Unanue Tiscareño, Aracely Reyes Berny,

2.- Diabetes Mellitus

Responsables: Stephens, C. y Rosado, J.

3.- Enfermedades Emergentes

Responsable: Stephens, C.

- Ver programa de Complejidad Ecológica

4.- Mejorando el Plan de Preparación de Instituciones ante una Pandemia de Influenza.

Proyecto conjunto con el Consejo General de Salubridad.

Responsable: Carlos Gershenson

Otros Proyectos

1.- Estudio experimental y simulación molecular ab initio y clásica de la formación del silicio poroso con diferentes electrolitos.

Responsable: Emiliye Rosas Landa

Participantes: Emilye Rosas Landa Loustau, José Antonio del Río Portilla, Julia Tagüeña Parga, Rocío Nava y Luis Enrique Sansores Cuevas.