

Antropología Fractal

Fernando López Aguilar, Fernando Brambila Paz
Editores



Matemática Aplicada y su Enseñanza
- Licenciatura -

Editores de la Serie:

Dr. Fernando Brambila Paz
Departamento de Matemáticas,
Facultad de Ciencias. UNAM.

Dr. Alejandro J. Díaz Barriga Casales
Instituto de Matemáticas,
UNAM.

GN34
.3
L864

López Aguilar, Fernando

Antropología Fractal / Fernando López Aguilar y Brambila Paz, Fernando. Editores – México : CIMAT, 2007.

iv + 179 p. ; 23 cm. – (Matemática Aplicada y su Enseñanza, Nivel Licenciatura)

ISBN 968-5733-08-2

1. Antropología Matemática

MSC: 91D10.

©D.R. Centro de Investigación en Matemáticas, A.C.

Jalisco s/n, Mineral de Valenciana,
36240 Guanajuato, Gto., México

©D.R. Sociedad Matemática Mexicana

Circuito exterior s/n, área de la investigación científica,
Ciudad Universitaria. C.P. 04510 MEXICO D.F.

Este libro no puede ser reproducido total ni parcialmente, por ningún medio electrónico o de otro tipo, sin autorización escrita del editor.

This book may not be reproduced, whole or in part, by any means, without written permission from the publisher.

Cuidado de edición: *Hernán González Aguilar*

Diseño de portada: *Odalmira Soto Alvarado*

Diseño de la imagen de la portada: *Fernando López*

Impreso por: *S y G Editores, S.A. de C.V.*

Cuapinol 52, Santo Domingo de los Reyes, Coyoacán
04369 - México, D.F.



Índice general

Presentación de la Serie “Matemática Aplicada y su Enseñanza”	III
Introducción General	
<i>Fernando López Aguilar, Fernando Brambila Paz</i>	1
El Problema de una Teoría General de la Complejidad de Fractales	
<i>Carlos Eduardo Maldonado</i>	9
Notas Sobre la Complejidad en las Ciencias Sociales: de la Formalización a las Metáforas	
<i>Raymundo Mier</i>	25
Perspectivas en el Uso de Herramientas Fractales en Arqueología	
<i>Gustavo Sandoval García, Rodrigo Vilanova de Allende</i>	45
Cálculo del Estadístico de Correlación entre Epocas a través de Respuestas Múltiples y su Representación Fractal para el Espacio de Trayectorias Mesoamericano	
<i>Fernando López Aguilar, Guillermo Bali</i>	73
La Dimensión Fractal como Dato Indicial para la Arqueología en los Estudios de Territorio	
<i>Rosa Brambila Paz, Fernando Brambila Paz, Flor de María Aceff Sánchez</i>	93
El Altépetl. En Busca de Una Definición	
<i>Blanca Vilchis Flores</i>	111

El Colapso de un Altépetl. Trayectoria de Itzmiquilpan Después de la Conquista <i>Fernando López Aguilar, Tatiana Márquez Lago</i>	137
Re-Configuraciones Fractales y Manifestaciones Rupestres <i>Aline Lara Galicia</i>	159
Apéndice Bibliográfico. Arqueología, Antropología y Fractales <i>Gustavo Sandoval García</i>	173

Presentación de la Serie “Matemática Aplicada y su Enseñanza”

Maestro ¿y esto para qué sirve?... Es la pregunta que muchas veces se oye en un salón de clase de Matemáticas. La Sociedad Matemática Mexicana a través de su Comité de Educación trata de colaborar a que la enseñanza de las matemáticas sea cada vez mejor, a que los que las estudian se convenzan de que el esfuerzo que tienen que realizar para aprenderlas no es solamente para pasar de año, sino que los procesos de pensamiento que enfrentan, las habilidades que adquieren y sobre todo la actitud que deben tener frente a los problemas es útil en su formación, en su desarrollo profesional, incluso en su vida cotidiana.

Por saber matemáticas entendemos participar del quehacer matemático; es decir, tener habilidad para resolver problemas, conjeturar, hacer demostraciones.

Gracias al apoyo del CONACYT, la Sociedad Matemática Mexicana (SMM) ha podido sostener el proyecto “Matemática Aplicada y su Enseñanza”, que ha colaborado y estamos seguros colaborará a que los profesores nos podamos enfrentar a ofrecer a nuestros estudiantes un producto, las matemáticas, más interesante, más lúdico, de más calidad. A que los alumnos puedan tener a la mano respuestas a la pregunta que hacemos al inicio de esta presentación.

Desde su inicio el proyecto se dividió en dos niveles: el nivel de Bachillerato y el nivel de Licenciatura.

Algunos de los trabajos que presentamos en estos volúmenes fueron hechos a petición expresa y con muchas horas de discusión sobre lo que debía de ser el resultado del proyecto, luego éstos pasaron a arbitraje. Posteriormente hicimos un primer concurso para convocar a la comunidad matemática del País a que colaborara con este proyecto, poniendo en la página de la Sociedad ejemplos de qué es lo que estábamos esperando. La respuesta de la comunidad ha sido excepcionalmente buena y para iniciar la serie ya contamos con material para seis volúmenes de Bachillerato y seis de Licenciatura.

Cada volumen de Bachillerato cuenta con algunos fascículos que tratan temas de matemáticas con aplicaciones, a veces a la matemática misma, y en ocasiones la forma de cómo se puede desarrollar este contenido en clase a manera de una propuesta didáctica.

Para el nivel Licenciatura se tiene la idea de mostrar aplicaciones que sean susceptibles de enseñar en los primeros semestres de una Licenciatura como Biología, alguna Ingeniería, Economía, Química, desde luego Matemáticas, etc.

Para su presentación hay dos tipos de clasificaciones, una por áreas de las matemáticas, así hay volúmenes para Cálculo, para Álgebra Lineal, para Geometría, otra por la aplicación; Matemáticas Aplicadas a la Ciencias de la Vida y Matemáticas Aplicadas a la Negociación.

Sinceramente esperamos colaborar con maestros y alumnos en lograr un mejor y más profundo aprendizaje de las matemáticas.

“Provocar aprendizajes, es nuestra tarea en la enseñanza”.

Agradecemos a todos los que en algún momento han colaborado con este proyecto: escritores, árbitros, concursantes. Todo aquel que se ha enfrentado a la tarea de editar sabe que ésta es ardua. Ha sido importante la colaboración de María Teresa V. Martínez Palacios, Gricelda Cedillo Ramírez, Martha Cerrilla y Aranda, Alejandro Bravo Mojica, Graciela González Hita y Hernán González a ellos les damos las gracias. Por último queremos agradecer al CIMAT y a su director José Carlos Gómez Larrañaga por esta coedición con la SMM.

Afectuosamente,

Coordinadores del Proyecto “Matemática Aplicada y su Enseñanza” de la SMM.

Dr. Fernando Brambila Paz
Departamento de Matemáticas,
Facultad de Ciencias, UNAM.

Dr. Alejandro J. Díaz Barriga Casales
Instituto de Matemáticas
UNAM.

Octubre de 2005.

Introducción General

Fernando López Aguilar
fernando.lopez.aguilar@gmail.com

Fernando Brambila Paz
fbp@hp.fciencias.unam.mx

La primera interrogante que emerge en el momento de leer el título de este libro, *Antropología fractal*, es saber si resulta factible fusionar dos perspectivas del conocimiento que, al menos para el caso de la historiografía de la ciencia en México, han estado permanentemente alejadas y en constantes desencuentros producto de una división histórica entre las llamadas ciencias duras y las blandas. Por su parte, en el área de las humanidades, ha existido la preocupación de matematizar los procedimientos y la idea de que los fenómenos sociales no pueden ser parametrizados de forma precisa, lo que fomentaba el distanciamiento: Los campos se veían mutuamente excluyentes y las interacciones eran esporádicas.

Por otro lado, términos como complejidad y autosimilitud invadían los campos de la antropología y la historia. Se intuía que existían fenómenos y sociedades complejas, así como la posibilidad de que algún tipo de patrón geométrico existiera al interior de cada una de las culturas bajo estudio. En esa dirección se hicieron varios intentos fallidos, que no alcanzaron a identificar plenamente ese patrón, más allá de constatar la idea de que eran no occidentales.

En los últimos cuarenta años ocurrieron una gran cantidad de transformaciones en el ámbito de los saberes y de las prácticas académicas que trastocaron paulatinamente las preconcepciones que se tenían sobre la demarcación entre los campos establecidos del conocimiento y que, al menos hacia finales de la década de los noventa del siglo pasado, prefiguraban la necesidad de un replanteamiento radical en los fundamentos que construyeron las distinciones disciplinares con base en la emergencia de nuevos problemas de investigación. Se descubrieron convergencias entre las ideas que algunos de los más importantes teóricos sobre los fenómenos sociales habían formulado, y las nociones sobre fluctuación, perturbación y azar que los teóricos de la complejidad y los fractales habían plasmado en diversos trabajos. El resultado consistió en una idea ambigua proveniente de las humanidades: la transdisciplina.

Se construyeron diversos planteamientos teóricos, pero los dilemas sobre la *aplicabilidad* de conceptos provenientes de las ciencias de la complejidad incluían una dificultad que provenía desde las mismas matemáticas: al trabajar con conceptos como el de fractal, se evidenciaba la existencia de definiciones adaptadas a cada uno de los campos disciplinares, así como a los problemas de investigación que se pretendían resolver y no parecía existir conmensurabilidad y entendimiento entre una definición y otra. Más allá de que para una idea positivista del mundo la definición requeriría una asertividad lógica que estableciera las condiciones suficientes y necesarias para definir un fractal, las prácticas académicas recientes mostraban una trayectoria distinta en la que los términos de la definición parecían más bien estar contenidos, sobre la investigación misma, en la lógica fusa, con bordes y fronteras poco definidos. Por ello, todos compartían de alguna manera la idea de fractal, especialmente en dos términos: autosimilitud y dimensión fractal no entera, es decir, que la práctica pareciera reducir estos dos atributos básicos como condiciones suficientes y necesarias para un fractal, y que otros atributos que se usaban en las diferentes investigaciones, podrían considerarse como parte de los atributos fractales, suficientes, pero no necesarios.

En el Seminario sobre Antropología Fractal se planteó como primer objetivo una revisión de las diversas ideas que existían en torno a los fractales, tanto en el ámbito de las matemáticas, como en el de su aplicación a la antropología y a la arqueología. El resultado fue reconocer que de las dos condiciones suficientes y necesarias para definir un fractal, la dimensión fractal puede ser útil para obtener respuestas respecto a los patrones geométricos de las culturas y, por lo tanto, coadyuvar al reconocimiento de diferentes identidades.

Las teorías de la complejidad y la antropología fractal permiten contestar viejas preguntas e inquietudes respecto a los fenómenos culturales, pero es necesaria la realización de nuevas formas metodológicas para la evaluación de las ideas: ver, mirar, observar, experimentar y simular (Wagsenberg 1998: 89-104), por ejemplo, en las firmas fractales de la cerámica y en la lítica, en el reconocimiento de estratos arqueológicos a través de fractales, y en cualquier procedimiento clasificatorio de la antropología. Pero, por otro lado, la complejidad y la antropología fractal hacen, por ese vínculo transdisciplinario, que se generen nuevas preguntas y nuevos procedimientos metodológicos para buscar las respuestas y esta perspectiva agrega un valor epistemológico adicional a la fusión de dichos horizontes disciplinarios.

En este volumen hemos publicado los diversos aportes de los miembros del Seminario sobre Antropología Fractal, junto con un documento enviado por Carlos Maldonado, quien desde la Universidad del Externado de Colombia, ha construido un grupo de investigación sobre complejidad. Las diversas temáticas que hemos abordado en las discusiones y los trabajos del seminario se han plasmado en un conjunto de ensayos que hemos ordenado de forma tal que pueda observarse cómo un tema se contiene en otro. Desde una perspectiva amplia de la formalización teórica y la elaboración de metáforas, se transita hacia la visión general de una perspectiva mesoamericana del espacio, el tiempo y las dinámicas de los sistemas hasta lograr un acercamiento a detalle de objetos icónicos representados en Teotihuacan y en las rocas del Valle del Mezquital.

Carlos Maldonado reflexiona sobre el que, quizá, sea uno de los predicamentos más grandes en el ámbito de las teorías de la complejidad: el reto y la exigencia de los paradigmas tradicionales y rivales, en especial en el campo de la antropología, de construir una formalización total como sistema teórico. Los dilemas positivistas para la formalización de los lenguajes, la construcción de un lenguaje bien formulado para las teorías, la construcción de sistemas axiomáticos, y la idea de que las teorías sólidas deberían tener un fundamento matemático, se enfrentan con la policentralidad de los autores de las teorías de la complejidad. Los aportes provenientes de diferentes campos disciplinarios, y el desarrollo de nuevas lógicas desde los años sesenta (como la lógica fusa y las lógicas de segundo orden), llevan a pensar que el camino toma derroteros distintos.

El dilema, por supuesto, es difícil de resolver, en especial cuando ya es necesaria una historia epistemológica del pensamiento complejo que rebasa los trabajos clásicos de Prigogine y Stengers (1990), y los estudios de divulgación de la ciencia, tan comunes en este tiempo, en especial los de Briggs y Peat (1990), y los de James Gleick (1987). Es imperativo que esta nueva historia revele las anomalías, las problemáticas que se han enfrentado en la construcción de cada uno de los campos teóricos que integrados bajo el nombre de *teorías de la complejidad*, pues lejos de mostrarse como simple y lineal, ella misma es un ejemplo de la no linealidad. Este camino ya ha sido desarrollado por Reynoso, en especial al referirse a los campos teóricos en conflicto y la manera en que la competencia teórica ya ha desbancado algunas explicaciones en boga hace unos veinte años, como la teoría de las catástrofes.

En ese marco se inserta la colaboración de Raymundo Mier, quien hace un ejercicio desde la perspectiva antropológica y lingüística, sobre el carácter de las inquietudes que dieron origen a la noción de complejidad y la forma en que la búsqueda de una inteligibilidad del mundo rebasó las ideas deterministas a partir de ciertas reflexiones matemáticas sobre singularidad, bifurcación, discontinuidad, fluctuaciones y variaciones. El descubrimiento de los espacios geométricos de dimensiones intermedias, los atractores, y el modelo biológico de la autopoiesis, se convierten en metáforas para una sociología que Niklas Luhman retomaría para construir la idea de que los diferentes componentes sociales están determinados por la autopoiesis. Las metáforas de la complejidad atraviesan no sólo las nociones ontológicas de lo social, sino que afectan los indicios, los vestigios, las evidencias. Emergen, con ello, la incertidumbre, la condición aleatoria de la información disponible y la vaguedad de los testimonios de los procesos culturales.

La construcción del conocimiento en la antropología implica una reflexión innovadora sobre la forma en la que los principios teóricos incorporan evidencias y datos: Se trata de una nueva visión sobre las metodologías y la epistemología. La posición del observador en relación con la realidad requiere una conciencia reflexiva sobre los saberes y su carácter especulativo, de modo que la evidencia tiene que ser re-descubierta para mostrar las fluctuaciones y las inestabilidades.

Desde hace unos treinta años, la arqueología se ha aproximado de muchas formas a las ideas de complejidad. La reseña que nos presentan Gustavo Sandoval y Rodrigo Vilanova destaca que fue Colin Renfrew, en fechas tan lejanas como 1978, quien ya anticipaba nociones de fractalidad, borrosidad en las fronteras, catástrofes en las ideologías y autosimilitud en los procesos. Por su propio carácter en torno a la construcción de las evidencias, el arqueólogo presume, de forma equivocada, una relación de mayor objetividad, lo que ha hecho que la mayor parte de sus enfoques se realicen desde una matematización de sus datos. Es por ello que la revisión abunda en la búsqueda de diversas dimensiones fractales, aunque también se han construido reflexiones que, desde la construcción de metáforas de las matemáticas, permitan observar los procesos arqueológicos y antropológicos. Pareciera ser que, para el caso de la arqueología, la geometría fractal ya ha dejado de ser una aproximación errática. Sin embargo, las posibilidades adquieren no sólo el carácter de herramientas experimentales, donde el campo de exploración aún es vasto, sino el de una forma novedosa de observar los componentes arqueológicos, bien como agentes humanos, bien como sistemas adaptativos complejos, donde una propiedad fractal resulta relevante: la autosimilitud.

La historia de Mesoamérica se ha visto como un proceso lineal y simple. La composición de esta mirada sobre el pasado prehispánico ha sido consustancial a la historia del pensamiento arqueológico mexicano. Fernando López Aguilar y Guillermo Bali parten de una hipótesis propuesta en 1995 por ellos mismos en torno a la idea de Mesoamérica como un atractor, un sistema complejo, con altos componentes de autosimilitud entre lo local y lo global. Las propuestas sobre los factores que determinaban la complejidad del sistema mesoamericano -el desarrollo vertical, en extensión y en intensidad- fueron parametrizados para trazar las trayectorias norte centro y sur. La gráfica resultante les permite comparar esta visión, fluctuante e inestable de la historia prehispánica, con la forma en que se ha observado la flecha del tiempo de la historia antigua de México. Finalmente, desde un estudio estadístico de múltiples respuestas y la combinación de los resultados con el fractal *Kamtorus*, representan de forma gráfica las fases de estabilidad e inestabilidad de las trayectorias mesoamericanas.

Los estudios sobre el territorio mesoamericano han intuido la existencia de componentes autosimilares en diferentes escalas de la cosmovisión prehispánica, desde el cuerpo humano, el espacio sacralizado, y la casa, hasta las unidades político territoriales. Estas intuiciones pocas veces han sido trabajadas sistemáticamente desde la perspectiva de los fractales. El trabajo de Rosa Brambila Paz,

Fernando Brambila Paz y Flor de María Aceff Sánchez nos permite aproximarnos, desde la observación del territorio del centro norte de Mesoamérica y de la ciudad prehispánica de Teotihuacan, a una comprensión de la manera en la que uno de los símbolos centrales, la forma X, es asociada con el movimiento, se vincula con los rumbos del universo, se encuentra presente en la expresión territorial y en la construcción arquitectónica. Lo anterior los lleva a la búsqueda de la dimensión fractal en un ejemplo de las estructuras asociadas a la Plaza de la Luna en Teotihuacan.

La construcción del espacio territorial prehispánico ha sido vista desde las categorías clásicas usando los términos villa, ciudad, estado, o bien, ciudad estado. Sin embargo, diversos autores han visto que estos términos no han sido suficientes para describir y explicar lo que definen en el campo de la historia prehispánica de México. Por ello han buscado emplear la *etnocategoría altépetl*, recuperada de las fuentes documentales del siglo XVI, que se refiere a las unidades de asentamiento relevantes para la cosmovisión prehispánica, una alternativa para la reflexión histórica y teórica. En esa dirección, la colaboración de Blanca Vilchis Flores incluye una búsqueda, desde la etnohistoria, de la manera en que pueden encontrarse diversos componentes autosimilares en la jerarquía de los términos que describen las unidades de asentamiento mesoamericano: *calpulli*, *altépetl tlayacan*, *hueyaltépetl*, *altépetl tenochca*. Con ello, y desde una mirada fractal, se inició una búsqueda desde las teorías de la complejidad, para proponerlas como uno de los protagonistas principales de la acción humana, (la agencia, el agente autónomo), de propiedades autosimilares desde la teoría de los sistemas adaptativos complejos. Se trata de un paso metodológico novedoso que parte de la búsqueda de metáforas para la elaboración de modelos y simulaciones que deriven en una mejor comprensión del mundo mesoamericano.

Tatiana Márquez Lago y Fernando López Aguilar, nos comparten una mirada distinta de las fuentes históricas de la Colonia con la idea de que el *altépetl* se destruye en una trayectoria compleja después de la Conquista española. Realizan un estudio de caso sobre la vieja cabecera de Itzmiquilpan en la que demuestran que la segregación de los barrios indígenas sujetos, respecto a su antigua cabecera, heredera del gobierno indígena prehispánico, se configuró de tal manera que el tiempo transcurrido entre los eventos es una función de varios factores. Entre ellos, el número de pueblos independizados, el tamaño de las fronteras que construyeron, y la superficie del territorio enajenado. Nos muestran cómo, incluso, la dimensión fractal de las fronteras y de la superficie independizada es una

función logarítmica del tiempo, donde las grandes extensiones territoriales tienden a reducirse hasta una dimensión fractal que converge en un valor cercano al 1.3 y, finalmente, exploran la idea de que existe una autosimilitud espacial en la acumulación de los procesos, también como una función del tiempo.

Aline Lara Galicia pretende resolver, desde una perspectiva transdisciplinaria y multivocal, el dilema de las pinturas rupestres del Valle del Mezquital. Efectivamente, esta región está caracterizada por tener alto un número de representaciones rupestres que se encuentran alrededor de los cerros sagrados del Coatepec y del Tezcatepec, significativos para la cosmovisión mexicana. La idea de que los íconos y los signos representados en las grafías rupestres conforman un lenguaje que puede ser leído, así como la importancia de conocer la firma fractal como una forma de aproximarse a la huella de los pintores, es el primer paso para la comprensión del conjunto de patrones que pueden reproducirse en diferentes niveles, los petrograbados, los códices y los mitos.

Finalmente, incluimos una breve bibliografía, necesariamente incompleta, sobre autores que han tratado el tema de la antropología fractal y la arqueología fractal desde diversas perspectivas. Este complemento es útil para observar la larga trayectoria de búsqueda que ha existido para observar, conocer y comprender los fenómenos antropológicos y arqueológicos desde las teorías de la complejidad, buscando reconocer la fractalidad y la autosimilitud.

Este esfuerzo para detectar la geometría fractal en los procesos y fenómenos antropológicos, en esta ocasión, se ha enfocado a una región cultural de alta complejidad social para la época prehispánica, Mesoamérica. Queda claro que las propuestas pueden ser trasladadas y aplicadas en otras latitudes, ya sea porque la problemática sobre la complejidad resulte análoga, o bien porque el proceso metodológico conduzca a nuevas respuestas y preguntas. En caso de que alguno de los lectores realice una investigación sobre estas temáticas, puede comunicarse vía correo electrónico con los editores de este volumen a las siguientes direcciones:

fernando.lopez.aguilar@gmail.com o fbp@hp.fcencias.unam.mx

Bibliografía

Briggs, John y F. David Peat: *Espejo y reflejo: del caos al orden. Guía ilustrada de la teoría del caos y la ciencia de la totalidad*. Editorial Gedisa, Barcelona, 1990.

Gleick, James: *Chaos. Making a new science*. Penguin Books, New York, 1987.

Prigogine, Ilya e Isabelle Stengers: *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. Alianza Universidad. Alianza Editorial, Barcelona, 1990.

Wagsenberg, Jorge: *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Metatemas 9, Tusquets, Barcelona, 1998.