



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
UNIDAD PROFESIONAL "ADOLFO LÓPEZ MATEOS"**

**"DINÁMICA DE SISTEMAS SOCIALES COMPLEJOS:
ANÁLISIS FRACTAL DE ELECCIONES FEDERALES 1991 – 2003"**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

PRESENTA:

LIC. MIGUEL ANGEL MARTÍNEZ CRUZ

DIRECTOR:

DR. ALEXANDER BALANKIN



MÉXICO, D.F.

AÑO 2005



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
COORDINACIÓN GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 17:00 horas del día 7 del mes de Julio del 2005 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la E. S. I. M. E. para examinar la tesis de grado titulada:

"DINÁMICA DE SISTEMAS SOCIALES COMPLEJOS: ANÁLISIS FRACTAL DE ELECCIONES 1991-2003"

Presentada por el alumno:

MARTÍNEZ

CRUZ

MIGUEL ANGEL

Apellido paterno

materno

nombre(s)

Con registro:

A	0	4	0	5	2	8
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis

DR. ALEXANDER BALANKIN

DR. LUIS MANUEL HERNÁNDEZ SIMÓN

M. EN C. BERTHA EUGENIA PAZ GUTIÉRREZ

DR. ORLANDO SUSARREY HUERTA

DR. OSWALDO MORALES MATAMOROS

M. EN C. IGNACIO PEÓN ESCALANTE

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. JAIME ROBLES GARCÍA



SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de México, Distrito Federal, el día 07 del mes de julio del año 2005, el que suscribe Martínez Cruz Miguel Angel, alumno del Programa de Maestría en Ingeniería de Sistemas con número de registro A040528, adscrito a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco, manifiesta que es autor intelectual del presente Trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Alexander Balankin, cede los derechos del trabajo de tesis "DINÁMICA DE SISTEMAS SOCIALES COMPLEJOS: ANÁLISIS FRACTAL DE ELECCIONES 1991 – 2003", al instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, graficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: mcmiguel01@yahoo.com.

Si el permiso se le otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Miguel Angel Martínez Cruz
Lic. en Física y Matemáticas

Dedicatorias

A mis padres:

*Jesús Martínez José
Herminia Cruz Sanjuán*

A mi futura familia ...

Agradecimientos

Al Dr. Alexander Balankin por su dirección, apoyo en la formación como alumno de la maestría y por la oportunidad brindada al trabajar con una persona de tanta experiencia y sabiduría.

Al Dr. Orlando Susarrey Huerta, al Dr. Oswaldo Morales Matamoros, al Dr. Luis Manuel Hernández Simón, a la M. en C. Berta Paz Gutiérrez y al M. en C. Ignacio Enrique Peón Escalante, por ayudar a mi formación en las aulas de aprendizaje y por sus consejos durante la realización de la presente tesis.

Al Instituto Politécnico Nacional, al Programa Institucional de Formación de Investigadores y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico otorgado que sin ello viera sido difícil concluir mis estudios.

GLOSARIO

- DSPPN.-** Democracia Social, Partido Político Nacional
Fuerza C.- Partido Fuerza Ciudadana
MP.- México Posible
PAN.- Partido de acción nacional
PARM.- Partido auténtico de la Revolución Mexicana
PAS.- Partido Alianza Social
PC.- Partido Cardenista
PCD.- Partido de Centro Democrático
PDM.- Partido Democrático Mexicano
PFCRN.- Partido Cardenista de Reconstrucción Nacional
PLM.- Partido Liberal Mexicano
PPS.- Partido Popular Socialista
PRD.- Partido de la Revolución Democrática
PRI.- Partido Revolucionario Institucional
PRI-V.- Alianza para Todos
PRT.- Partido Revolucionario de los Trabajadores
PSN.- Partido de la Sociedad Nacionalista
PT.- Partido del Trabajo
PVEM.- Partido Verde Ecologista de México
UNO_PDM.- Alianza de PDM y UNO

ÍNDICE

Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Glosario	v
Índice	vi
Resumen	ix
Abstract	x
Introducción	xi
Justificación	xiv
Objetivo general	xvi
Objetivos específicos	xv
Metodología	xv

CAPÍTULO 1 MARCO HISTÓRICO DE LA DEMOCRACIA EN MÉXICO

1.1	Marco histórico del Instituto Federal Electoral	2
1.2	Sistema electoral mexicano	3
1.3	Partidos políticos	5
1.4	Estadísticas electorales del IFE	6
1.4.1	Estadísticas electorales del IFE de los partidos políticos	7
1.4.2	Estadísticas electorales del IFE de la participación ciudadana	12

CAPÍTULO 2 MODELOS DE SISTEMAS SOCIALES COMPLEJOS

2.1	Leyes de potencia en el comportamiento de sistemas complejos	16
2.2	Redes de pequeño mundo y redes sociales	18
2.3	Resultados de análisis fractal de elecciones de algunos países	23
2.3.1	Ley de potencia en elecciones legislativas de Brasil 1998 y 2002	23
2.3.2	Ley de potencia en elecciones legislativas de Indonesia 1999 y 2004	24
2.3.3	Ley de potencia en elecciones legislativas de India	25
2.4	Dinámica y formación de opinión en una estructura democrática	28

2.5	Estructura social y construcción de consensos en un sistema social	29
2.5.1	El modelo de Sznajd de la construcción del consenso con la persuasión limitada	29
2.5.2	El modelo de Sznajd para la formación de opinión	30
2.5.3	El modelo Galam de dos estados de opinión dinámicos	30
2.5.4	El modelo del consenso de Deffuant en una red de Barabais-Albert	31
2.6	Modelo de elecciones en un sistema democrático	31

CAPÍTULO 3

ESTADÍSTICAS DE ELECCIONES FEDERALES DE 1991 – 2003

3.1	Metodología de la red de votantes	35
3.2	Metodología del análisis estadístico	37
3.2.1.	Definición de la red electoral	37
3.2.2	Datos estadísticos analizados y procesamiento de la información	40
3.3	Resultados de análisis de comportamiento de red de electores	43
3.3.1	Resultados del análisis estadístico	43
3.3.2	Resultados estadísticos de la distribución Pearson	43
3.3.3	Resultados estadísticos de la distribución Pareto	45
3.3.4	Comparación de los exponentes Pareto y Pearson	49
3.3.5	Comparacion por país	50
3.4	Metodología del análisis por partidos políticos	53
3.5	Comportamiento estadístico de partidos políticos	55

CAPÍTULO 4

MODELACIÓN FRACTAL DE LA RED DE ELECTORES Y DE PARTIDOS POLÍTICOS

4.1	Modelo Fractal de la red de electores en México	60
4.2	Dinámica de los partidos políticos en México	62
4.3	Modelo de dinámica de opinión y votaciones en México	64
4.4	Predicciones de resultados de elecciones federales de 2006	65

CONCLUSIONES	68
---------------------	-----------

TRABAJOS FUTUROS	69
-------------------------	-----------

REFERENCIAS	70
Lista de Figuras	74
Lista de Tablas	80

ANEXOS A

Fractales

ANEXOS B

Código fuente del programa desarrollado en visual basic para la realización de las distribuciones por candidatos 77

Anexo C

Código fuente del programa desarrollado en visual basic para la realización de las distribuciones por partidos 80

RESUMEN

La dinámica de los sistemas complejos reales manifiesta una parte aleatoria, causada por la no-linealidad característica de los sistemas dinámicos y/o por el ruido estocástico externo. Como ejemplos de sistemas dinámicos complejos tenemos a los sistemas físicos, biológicos, de cómputo, económicos y sociales. Dichos sistemas generalmente exhiben una invarianza a diferentes escalas; es decir, su comportamiento no cambia por el reescalado de las variables (por ejemplo, espacio y tiempo) que gobiernan su dinámica. Esto permite emplear el enfoque de escalamiento dinámico para estudiar la cinética de los sistemas sociales

En el presente trabajo se modela el proceso evolutivo de los sistemas sociales complejos, aplicado al comportamiento electoral para diputados federales por el principio de mayoría relativa de 1991 al 2003. El desarrollo del modelo se realiza aplicando una red pseudo-fractal jerárquica, de esta manera se quiere dar a conocer las posibles tendencias en el porcentaje de participación de cada partido político en la cámara de diputados para elecciones en años posteriores.

Los resultados de elecciones de diputados federales en México son analizados y considerados como una función de respuesta de un sistema social, cuya dinámica subyacente conduce a un comportamiento complejo. Se encontró que las distribuciones de votos entre los candidatos, así como entre partidos políticos y vecinos, se comportan de acuerdo a una distribución estable de cola pesada (según el criterio Lévy), asociada con una estructura fractal de la red de votantes. Específicamente, se observa que la distribución de las preferencias de los votantes sigue la distribución de Pareto caracterizada por un exponente de escalamiento (α), el cual muestra sólo algunas pequeñas variaciones para votaciones en diferentes estados y que es básicamente el mismo para todas las elecciones federales durante el periodo 1991 – 2003. Asimismo, se demuestra que la red de votantes mexicanos debería ser modelada mediante una red pseudo-fractal jerárquica, caracterizada por dos diferentes dimensiones fractales. La arquitectura jerárquica identificada de la red de votantes ofrece una nueva perspectiva para el análisis, modelado y predicción de las elecciones.

Finalmente se analiza la dinámica de los partidos políticos y la red de electores en México. Y con base en lo anterior, se pretende desarrollar una metodología de predicción de votos en las urnas electorales para cada participante. Generándose escenarios probabilísticos del futuro comportamiento en los resultados de las elecciones federales a diputados en México.

ABSTRACT

The dynamics of the complex real systems display an aleatory component, caused by the non linearity characteristics of the dynamic systems and/or by the stochastic external noise. As examples of dynamic complex systems we have physical, biological, economical, social and computing systems. These systems generally exhibit invariance to different scales, that is to say, their behavior does not change with the up scaling of one of the variables, (for example: time and space) that governs its dynamics. This allows us to use the dynamic scaling approach to study the kinetics of the social systems.

In the present work, we shape the evolutionary process of the social complex systems and apply it to the electoral behavior of the election of federal deputies from 1991 to 2003. The development of the model is based upon the application of a pseudo fractal hierarchical network, which makes it possible to predict the tendencies of the percentage of participation of every political party in the House of Deputies in Congress in the elections in the following years.

The results of the elections of federal deputies in Mexico are analyzed and considered to be a function of response of a social system, which underlying dynamics drive a complex behavior. It was found that the distributions of votes between the candidates, as well as between political parties, have a stable heavy tail distribution, (according to Levy criterion), that is associated to a fractal structure of the voters network. Specifically, it was observed that the distribution of preferences of the voters follows the Pareto distribution characterized by a scaling exponent (α) which shows a small variation from the voting results in different states and is basically the same for all the federal elections between 1991-2003. Also, we prove that the network of Mexican voters can be shaped by means of a pseudo fractal hierarchical network, characterized by two different fractal dimensions.

The hierarchical architecture identified for the voter network offers a new perspective for the analysis, modeling and forecasting of the elections.

Finally, the dynamics of the political parties and the electorate network in Mexico are analyzed. Based upon this information and the previous analysis, we tried to develop a methodology to forecast the distribution of the votes in the electoral urns for each of the participants, generating probabilistic scenarios for the future behavior of the results of the federal elections for deputies in México.

INTRODUCCIÓN

El Grupo Interdisciplinario Mecánica Fractal de la ESIME Zacatenco liderado por el Dr. Alexander Balankin en una de sus áreas de investigación se ha enfocado a desarrollar, implementar y evaluar métodos de análisis fractal, así como su aplicación a la morfología y proyección del comportamiento de los sistemas sociales complejos.

Un sistema es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia para llegar a un objetivo en común y existe una gran variedad de sistemas y una amplia gama de tipologías para clasificarlos, de acuerdo con ciertas características básicas.

En cuanto a su constitución, los sistemas pueden ser físicos o abstractos, en cuanto a su naturaleza, los sistemas pueden ser cerrados o abiertos, en cuanto a su origen los sistemas pueden ser naturales o artificiales. La Teoría General de Sistemas es la historia de una filosofía y un método para analizar y estudiar la realidad y desarrollar modelos, a partir de los cuales se puede intentar una aproximación paulatina a la percepción de una parte de esa globalidad que es el Universo, configurando un modelo de la misma no aislado del resto al que llamaremos sistema.

Es a través de la posibilidad de integración como la sistémica, el paradigma de la complejidad, mezcla de arte, ciencia, intuición y heurística, que permite modelar sistemas complejos, (ingeniería de los sistemas complejos), es hoy un sistema y una filosofía de pensamiento en plena expansión en cuanto a las ciencias que confluyen en él: desde los campos del conocimientos tradicionalmente asociados a ella, como son las ciencias de la ingeniería y la organización, a las que, aunque no tan jóvenes, se van incorporando, como las ciencias políticas y morales, la biología, la psicología y la psiquiatría, la lingüística, la semiótica y la sociología, o las que por su juventud han sido integradas casi desde su nacimiento, como ocurre con la informática, la inteligencia artificial o la ecología.

El comportamiento complejo puede suscitarse en cualquier sistema que esté constituido por un gran número de elementos que interactúen de manera no-lineal; por ejemplo átomos en un sólido, células en un organismo vivo, negociadores en un mercado financiero, miembros de un partido político, secta religiosa o asociación profesional, o votantes en el registro electoral.

El comportamiento complejo de diversos sistemas es el resultado de diferentes procesos que operan en una vasta gama de escalas (temporales y espaciales) asociadas con un gran número de grados de libertad [1]. La complejidad puede ser caracterizada por la incertidumbre del sistema o por el grado de perfectibilidad de la evolución del sistema. El análisis cuantitativo de los datos generados por los sistemas complejos es un problema común en la física estadística, la cual encuentra aplicaciones en varias ramas de las ciencias naturales y sociales [1-3].

Modelos simples sobre el comportamiento cooperativo en los sistemas sociales eran ya conocidos por economistas y sociólogos desde hace muchos años. Lo que resulta realmente sorprendente es que muchos de estos modelos clásicos en la sociología fueron simplemente reformulados en términos de modelos existentes en mecánica estadística, tales como el “Juego de la Minoría” [4], el modelo de Axelrod de formación de dominios culturales o coaliciones políticas [5], los modelos económicos basados en el concepto de equilibrio local de Nash [6], entre otros [4-7].

La eficiencia de un sistema, en términos de información, esta íntimamente relacionada con la topología del modelado de la red. En este contexto, en la última década se ha despertado un enorme interés en las llamadas *redes complejas* que poseen la propiedad de *pequeño mundo* (del inglés “small-world-effect” [8]); es decir, el número de enlaces n que uno debe recorrer para conectar dos sitios de la red crece como logaritmo del número de sitios N , $n \propto \ln N$, en contraste con el caso de redes regulares, donde $n \propto N$.

Entre las redes complejas, las redes sociales aparecen de manera muy natural, jugando un importante papel. Las redes sociales, como las naturales, están conformadas por un gran número de individuos, quienes generalmente tienen interacciones locales entre ellos mismos. De manera similar a los sistemas físicos susceptibles a acciones y campos externos, el comportamiento de las redes sociales también depende de factores externos. Por ello, las herramientas matemáticas desarrolladas en el contexto de la física estadística, para tratar con fenómenos colectivos, se han venido aplicando a diversos problemas sociales en los últimos años [8].

Las redes sociales analizadas son tan variadas como: (i) las redes de amistades y conocidos en grupos sociales restringidos, como actores, sectas religiosas y partidos políticos, entre otros; (ii) redes de mercados financieros y de valores; (iii) redes de correo electrónico; (iv) redes de colaboraciones científicas; (v) redes de contactos sexuales, y muchas otras [9, 10]. Recientemente, el análisis de estas redes ha demostrado que la estructura de una red social no es puramente aleatoria, como venía suponiendo la sociología desde hace muchos años, sino más bien son redes de pequeño mundo, similares a la red de interacciones genéticas y las redes metabólicas, o de tendido eléctrico. De alguna manera, la

naturaleza ha encontrado que este tipo de estructura es óptima en el balance entre el beneficio de un enlace a un vecino lejano y el costo que este supone [9]. Como consecuencia, las redes sociales a menudo poseen muchas de las propiedades características de los sistemas complejos estudiados en la física, como capacidad las de *auto-organización, cooperación y adaptación* [11].

Muy frecuentemente, el análisis estadístico revela la emergencia de distribuciones de ley de potencia, indicando que los sistemas sociales auto-organizados fluyen hacia un estado crítico sin escalas características de tiempo o longitud [12]. Recientemente, se ha reportado que varios fenómenos con invarianza de escala aparecen en los sistemas sociales; por ejemplo, en las morfologías fractales de las ciudades [1], en la dinámica fractal de la actividad económica [13], en la dinámica compleja de las opiniones asociadas con la propagación de rumores y en las preferencias electorales [6].

Uno de los procesos fundamentales en las sociedades democráticas concierne al de las elecciones. Las elecciones son procesos democráticos convincentes, en donde se tiene el mismo tipo de interacción entre los votantes y las influencias externas (publicidad política, campañas, etcétera). Desde el punto de vista científico de sistema complejo, el resultado de un proceso electoral puede considerarse como una respuesta de un sistema abierto, con muchos elementos que interactúan, gobernado por una dinámica compleja interna (aunque desconocida).

En este trabajo se analizan los resultados de las elecciones para diputados federales de mayoría relativa en las elecciones federales de los años 1991, 1994, 1997, 2000 y 2003.

Los votantes no poseen tanta libertad, aún en los regímenes democráticos, ya que las preferencias individuales dependen mucho de la elección de las redes sociales en donde el votante está inmerso. Esto es natural en el ser humano, debido a las diferentes identidades sociales que pueden resultar en tensiones sociales; por lo tanto, lo microsociales es atractivo para reducir las tensiones, mediante un ajuste de las preferencias políticas o de las corrientes ideológicas [6]. De acuerdo a esto, una caracterización cuantitativa de la red electoral se realiza a través del estudio de las distribuciones de votos. Estas distribuciones de votos se obtienen a partir de distintos procesos electorales y de las consecuentes simulaciones de las preferencias electorales, los cuales son pasos indispensables hacia un mejor entendimiento y predicción de la dinámica electoral subyacente.

JUSTIFICACIÓN

Uno de los procesos fundamentales en las sociedades democráticas concierne al de las elecciones. Desde el punto de vista científico de sistema complejo, el resultado de un proceso electoral puede considerarse como una respuesta de un sistema abierto, con muchos elementos que interactúan entre sí, gobernado por una dinámica compleja interna (aunque desconocida).

El modelado del sistema electoral mexicano pertenece a la dinámica de los sistemas sociales complejos el cual se ha venido desarrollando con la finalidad de ir mejorando la calidad en la participación de los procesos democráticos. Esto es, que el modelo pase a ser parte primordial en la toma de decisiones de los respectivos competidores, por tal motivo se ve la necesidad de mejorar el análisis, la modelación y la predicción de los sistemas dinámicos electorales.

El trabajo está enfocado a la participación de los diputados federales por el principio de mayoría relativa (DFMR) como ejemplo del análisis en el sistema democrático de nuestro país. No se puede generalizar los mismos resultados a la elección de senadores y presidentes pues tendría que corroborarse con un análisis parecido, mismo que por la gran cantidad de datos fue excluido de la presente tesis.

Uno de los principales resultados que se obtendrá del análisis consistirá en el desarrollo de la investigación mexicana, ya que se muestra la innovación y creatividad para discriminar los parámetros que rigen el comportamiento de la democracia mexicana.

OBJETIVO GENERAL

Identificar la arquitectura de un modelo para generar escenarios probabilísticos sobre el futuro comportamiento de los resultados electorales federales a diputados en México, con base en un análisis estadístico y fractal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir la estadística de elecciones federales 1991-2003.
- Definir la estructura de la red electoral en México mediante la teoría de fractales.
- Identificar y caracterizar los parámetros estadísticos que gobiernan la dinámica del sistema electoral mexicano.
- Allanar el camino para entender el diálogo entre la dinámica y la estructura de las redes de votantes y partidos en determinada población.
- Describir estadísticamente el comportamiento de los fundamentales partidos políticos en México.

METODOLOGÍA

El estudio comienza con la descripción de la democracia mexicana a través de sus principales ejes como lo son el Instituto Federal Electoral y los Partidos Políticos. Esta fase ayudará más adelante establecer un pensamiento sistémico acerca del por qué el sistema democrático mexicano puede ser representado como un sistema complejo, así como el impacto que tiene día con día en nuestra vida cotidiana.

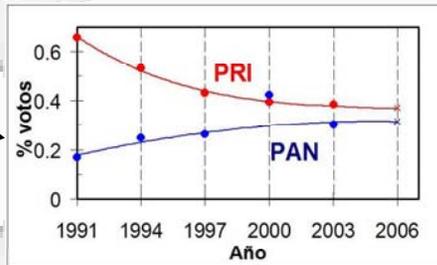
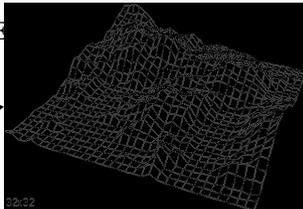
En la siguiente etapa se mencionan los modelos relacionados con el comportamiento social, se explica por que los sistemas complejos, los fractales y las redes sociales están relacionados, mostrando que el desarrollo de la competencia política puede apoyarse con modelos matemáticos y no solo es un campo concerniente a los sociólogos. Así mismo, se ilustran las técnicas posibles a ser utilizadas.

En una fase subsecuente se emplean técnicas matemáticas para la realización del modelo fractal y se interpreta el comportamiento histórico de algunos partidos políticos mexicanos.

En la última etapa se plantean las bases del modelo a realizar y se exponen los resultados obtenidos del comportamiento y la suerte que siguen los partidos políticos.

SISTEMAS COMPLEJOS

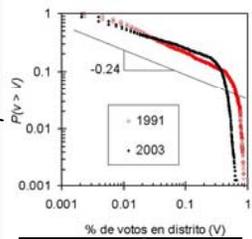
SIMULACIONE



PREDICCIÓN



FRACTALES



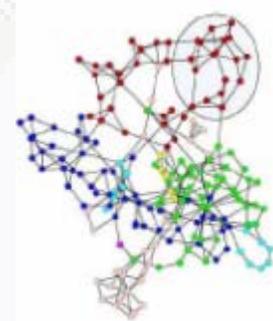
MODELACIÓN

$$F(x) = 1 - \left(\frac{x}{b}\right)^a, \quad x > 0$$
$$F(x) = 0, \quad x \leq 0$$

IFE



REDES SOCIALES



REDES

CAPITULO 1

MARCO HISTÓRICO DE LA DEMOCRACIA EN MÉXICO

CAPÍTULO 1

MARCO HISTÓRICO DE LA DEMOCRACIA EN MÉXICO

1.1 Marco histórico del Instituto Federal Electoral

El Instituto Federal Electoral (IFE) es un organismo público, autónomo, responsable de cumplir con la función estatal de organizar las elecciones federales, es decir, las relacionadas con la elección del Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, de los diputados y senadores que integran el Congreso de la Unión. Debido a esto el IFE es el órgano comisionado de proporcionar información estadística con la cual contaremos para el análisis de los datos a diputados federales por el principio de mayoría relativa (DFPMR).

Una vez constituido formalmente empezó a funcionar el 11 de octubre de 1990 como resultado de una serie de reformas a la Constitución Política aprobadas en 1989 y de la expedición de una nueva legislación reglamentaria en materia electoral, el Código Federal de Instituciones y Procedimientos Electorales (COFIPE), en agosto de 1990.

Desde la fecha de creación del IFE la normatividad constitucional y legal en la materia ha experimentado tres importantes procesos de reforma: 1993, 1994 y 1996, que han impactado de manera significativa la integración y atributos del organismo depositario de la autoridad electoral.

Entre los principales cambios e innovaciones, destacan los siguientes:

- En 1993 se facultó a los órganos del IFE para la declaración de validez y la expedición de constancias para la elección de diputados y senadores así como para establecer topes a los gastos de campaña de las elecciones.
- En 1994 se incrementó el peso e influencia de los consejeros ciudadanos en la composición y procesos de toma de decisiones de los órganos de dirección, confiriéndoles la mayoría de los votos y amplió las atribuciones de los órganos de dirección a nivel estatal y distrital.
- En 1996 se reforzó la autonomía e independencia del IFE al desligar, por completo, al Poder Ejecutivo de su integración y reservar el voto dentro de los órganos de dirección, exclusivamente a los consejeros ciudadanos.

Entre los principales atributos del IFE se encuentran: posee personalidad jurídica y patrimonio propios, es independiente en sus decisiones y

funcionamiento, es profesional en su desempeño. En su integración participan el Poder Legislativo de la Unión, los partidos políticos nacionales y los ciudadanos. A diferencia de los organismos electorales anteriores, que sólo funcionaban durante los procesos electorales, el IFE se constituye como una institución de carácter permanente.

1.2 Sistema electoral mexicano

La Constitución dispone que el ejercicio de la función estatal de organizar las elecciones federales que tiene a su cargo el IFE se debe regir por cinco principios fundamentales:

1. Certeza. Alude a la necesidad de que todas las acciones que desempeñe el IFE estén dotadas de veracidad, certidumbre y apego a los hechos.
2. Legalidad. Se debe observar, escrupulosamente, el mandato constitucional que las delimita y las disposiciones legales que las reglamentan.
3. Independencia. Se afirma su total independencia respecto a cualquier poder establecido.
4. Imparcialidad. Todos los integrantes del IFE deben reconocer y velar permanentemente por el interés de la sociedad y por los valores fundamentales de la democracia, sin anteponer sus intereses personales o preferencia política.
5. Objetividad. Implica un quehacer institucional y personal fundado en el reconocimiento global, coherente y razonado de la realidad sobre la que se actúa y, consecuentemente, la obligación de percibir e interpretar los hechos por encima de visiones y opiniones parciales o unilaterales.

De manera expresa y precisa, el ordenamiento legal dispone que la organización y funcionamiento del IFE apunte al cumplimiento de los siguientes fines:

- Contribuir al desarrollo de la vida democrática.
- Preservar el fortalecimiento del régimen de partidos políticos.
- Integrar el Registro Federal de Electores.
- Asegurar a los ciudadanos el ejercicio de sus derechos políticos electorales y vigilar el cumplimiento de sus obligaciones.
- Garantizar la celebración periódica y pacífica de las elecciones para renovar a los integrantes de los Poderes Legislativo y Ejecutivo de la Unión.

- Velar por la autenticidad y efectividad del sufragio.
- Llevar a cabo la promoción del voto y ayudar a difundir la cultura democrática.

Entre sus actividades fundamentales se pueden mencionar las siguientes:

- Capacitación y educación cívica.
- Geografía electoral.
- Derechos y prerrogativas de los partidos y agrupaciones políticas.
- Padrón y listas de electores.
- Diseño, impresión y distribución de materiales electorales.
- Preparación de la jornada electoral.
- Cómputo de resultados.
- Declaración de validez y otorgamiento de constancias en la elección de diputados y senadores.
- Regulación de observación electoral y de encuestas y sondeos de opinión.

Atendiendo al principio de desconcentración, estos órganos están representados a nivel central, estatal (una delegación en cada una de las 32 entidades federativas), distrital (una subdelegación en cada uno de los 300 distritos uninominales) e incluso, en algunos casos, seccional.

El consejo general es el órgano superior de dirección de todo el instituto, a diferencia del Consejo General, que es una instancia permanente, los Consejos Locales y Distritales se instalan y sesionan únicamente durante periodos electorales.

Los consejos locales son órganos de dirección constituidos en cada una de las 32 entidades federativas

Los consejos distritales son órganos de dirección constituidos en cada uno de los 300 distritos uninominales en que se divide el territorio nacional para efectos electorales. Son los responsables de asegurar el puntual cumplimiento de las disposiciones legales en la materia y de los acuerdos y resoluciones de los órganos electorales superiores, así como de dictar las resoluciones y lineamientos que la ley les confiere.

Las mesas directivas de casillas son los órganos electorales formados por ciudadanos y facultados para recibir la votación y realizar el escrutinio y cómputo

en cada una de las secciones electorales en que se dividen los 300 distritos uninominales.

De acuerdo con la ley, cada distrito se debe dividir en secciones electorales, cada una de las cuales debe comprender un mínimo de 50 y un máximo de 1500 electores. Por cada 750 electores o fracción de una sección electoral se debe instalar una casilla.

En tanto autoridad electoral, las mesas directivas de casilla son responsables de respetar y hacer respetar la libre emisión y efectividad del sufragio, garantizar el secreto del voto y asegurar la veracidad del escrutinio y cómputo.

Cada mesa directiva de casilla se integra por un presidente, un secretario y dos escrutadores, así como por tres suplentes generales y adicionalmente, cada partido político o coalición puede designar hasta dos representantes titulares y un suplente por cada casilla.

1.3 Partidos políticos

La democracia está en el centro del debate político de muchos países y es preocupación constante de la mayoría de los centros académicos relacionados con la ciencia política y otras disciplinas sociales [14].

Por deducción lógica, el más alto grado de autodeterminación democrática se tendrá cuando haya perfecta concordancia entre la voluntad colectiva y el deseo de cada individuo, pero éste es un ideal difícil, por no decir imposible de lograr, la unanimidad en todas y cada una de las múltiples determinaciones que se tienen que tomar está fuera de toda lógica, de allí que el método más practicable, sea el del principio de mayoría simple, sin embargo ese principio debe ir acompañado del respeto por las minorías y el reconocimiento del derecho que éstas tienen si los electores lo deciden de transformarse en mayoría. Esta dinámica de mayoría y minorías está íntimamente relacionada con la existencia de los partidos políticos. Al respecto Kelsen [15] hace una afirmación por demás interesante: "La democracia sólo puede existir si los individuos se reagrupan de conformidad con sus afinidades políticas, con el objeto de orientar la voluntad general hacia sus fines políticos, de manera que entre el individuo y el Estado se inserten las formaciones colectivas que, como partidos políticos, reasuman la igual voluntad de los individuos. Sólo la ilusión o la hipocresía pueden creer que la democracia sea posible sin partidos políticos".

Un rasgo fundamental de la democracia es que hay una tendencia a que los ciudadanos se organicen en partidos. Estas organizaciones, con sus candidatos, programas de gobierno y propuestas políticas, compiten sin violencia por el voto para ocupar los distintos cargos de elección popular en los diferentes niveles de gobierno, vale decir, el federal, el estatal y el municipal.

Los partidos, por definición, expresan distintas opciones y perspectivas sobre la vida política. Pero deben estar de acuerdo por lo menos en una cosa: vivir dentro de los marcos y límites fijados por la república democrática.

La Constitución Política de México concibe a los partidos políticos como entidades de interés público, lo cual implica su reconocimiento como sujetos del derecho público y la consecuente obligación del Estado de garantizar las condiciones y proveer las facilidades necesarias para su desarrollo, la organización o agrupación política que pretenda constituirse en partido político deberá obtener su registro ante el IFE. A partir de 1996, la legislación electoral reconoce la figura de agrupaciones políticas nacionales como una forma de asociación ciudadana que coadyuva al desarrollo de la vida democrática y de la cultura política, así como a la creación de una opinión pública mejor informada.

Es derecho exclusivo de los partidos políticos nacionales y, en su caso, de las coaliciones debidamente formalizadas, el postular y solicitar el registro de candidaturas a los cargos federales de elección popular. Al partido político que no obtenga por lo menos el 2% de la votación en alguna de las elecciones federales ordinarias para diputados, senadores o Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, le será cancelado el registro y perderá todos los derechos y prerrogativas. De esta manera, el número de partidos que participan en cada elección federal varía, en virtud de la pérdida del registro de unos partidos y la creación de otros. Así pues, en elecciones de 1991 participaron 10 partidos, en las de 1994 9 partidos, en las de 1997 8 partidos, en las de 2000 4 partidos y 2 coaliciones, y en las de 2003 lo hicieron 11 partidos y una coalición.

1.4 Estadísticas electorales del IFE

El Comparativo de Resultados y Participación Ciudadana de las Elecciones Federales de 1991 a 2003, se ha elaborado como una publicación de la Dirección Ejecutiva de Organización Electoral que da continuidad a la que presentan los resultados electorales del periodo 1991 a 2000 cuya edición data de 2001. Se ha incluido la información relativa a las elecciones de Diputados Federales por el principio de representación proporcional, tanto de la votación como de la participación ciudadana de 2003. Se divide en dos apartados, el primero muestra los resultados obtenidos por los partidos políticos y coaliciones en los comicios referidos, mientras que en el segundo se muestra la participación ciudadana.

Es importante señalar que, para elaborar el Comparativo, se utilizaron los resultados de la Elección de Diputados Federales por el principio de representación proporcional en atención a que, por una parte, tiene una continuidad al haberse celebrado en 1991, 1994, 1997, 2000 y 2003 y, por otra parte, incluye la votación tanto de las casillas básicas, contiguas y extraordinarias como de las especiales, es decir, los sufragios recibidos en todas las casillas instaladas.

1.4.1 Estadísticas electorales del IFE de los partidos políticos

En ésta primer parte, se presenta en la tabla 1.1 las variaciones en puntos porcentuales de la votación a nivel nacional, que han experimentado los partidos políticos y coaliciones entre las elecciones federales de 1991 a 1994; de 1994 a 1997, de 1997 a 2000 y de 2000 a 2003. Estas tablas permiten apreciar las proporciones en que los partidos políticos y coaliciones aumentan o disminuyen su votación de una elección a otra.



Tabla 1.1
COMPARATIVO DE RESULTADOS ELECTORALES Y PARTICIPACION CIUDADANA DE LAS ELECCIONES FEDERALES DE 1991 - 2003
ELECCION DE DIPUTADOS FEDERALES POR EL PRINCIPIO DE REPRESENTACION PROPORCIONAL
VARIACION EN PUNTOS PORCENTUALES DE LA VOTACION A NIVEL NACIONAL

Resultados Nacionales	Votación 1991	%	Votación 1994	%	Variación 1991 - 1994 (Puntos Porcent.)	Votación 1997	%	Variación 1994 - 1997 (Puntos Porcent.)	Votación 2000	%	Variación 1997 - 2000 (Puntos Porcent.)	Votación 2003	%	Variación 2000 - 2003 (Puntos Porcent.)
Votación Total	24,194,239	100	34,811,903	100	43.89	30,120,221	100	-13.48	37,407,935	100	24.2	26,738,924	100	-28.52
Político														
PAN - Alianza por el Cambio /1	4,068,712	16.82	8,694,736	24.98	8.16	7,792,290	25.87	0.89	14,321,975	38.29	12.42	8,219,649	30.74	-7.55
Partido Revolucionario Institucional /2	14,145,234	58.47	16,911,781	48.58	-9.89	11,445,852	38	-10.58	13,800,145	36.89	-1.11	6,196,171	23.17	-13.72
Alianza para Todos /3												3,637,685	13.6	
PRD - Alianza por México /4	1,913,174	7.91	5,610,926	16.12	8.21	7,519,914	24.97	8.85	6,984,126	18.67	-6.3	4,707,009	17.6	-1.07
Partido del Trabajo /5	260,266	1.08	899,440	2.58	1.5	756,436	2.51	-0.07				642,290	2.4	
Partido Verde Ecologista de México /6 /2	332,603	1.37	472,454	1.36	-0.01	1,116,463	3.71	2.35				1,068,721	4	
Convergencia /7												605,156	2.26	
Partido de la Sociedad Nacionalista /8												72,267	0.27	
Partido Alianza Social /9												198,075	0.74	
Partido México Posible /10												243,361	0.91	
Partido Liberal Mexicano /11												108,844	0.41	
Partido Fuerza Ciudadana /12												124,022	0.46	
Partido de Centro Democrático /13									429,426	1.15				
Partido Nacionalista de la Reconstrucción Mexicana /14	492,514	2.04	286,377	0.82	-1.22				272,968	0.73				
Democracia Social - Partido Nacional /15									703,689	1.88				
Partido Cardenista /16	998,158	4.13	381,360	1.1	-3.03	327,681	1.09	-0.01						
Partido Popular Socialista /17	414,780	1.71	231,933	0.67	-1.04	98,391	0.33	-0.34						
Partido Democrático Mexicano /18	249,915	1.03	148,780	0.43	-0.6	193,990	0.64	0.21						
Partido Revolucionario de los Trabajadores /19	136,341	0.56												
Candidatos no Registrados	13,911	0.06	47,898	0.14	0.08	13,977	0.05	-0.09	27,606	0.07	0.02	16,447	0.06	-0.01
Votos Nulos	1,168,631	4.83	1,126,218	3.24	-1.59	855,227	2.84	-0.4	868,000	2.32	-0.52	899,227	3.36	1.04

- /1 La Coalición "Alianza por el Cambio" estuvo formada en 2000 por PAN y PVEM.
- /2 Los resultados de 2003 incluyen la votación que obtuvo éste partido en los 203 distritos en los que participó individualmente y la de casillas especiales de Representación Proporcional de los 97 distritos en los que participó en la coalición "Alianza para Todos".
- /3 La coalición "Alianza para Todos" sólo participó en la elección de Mayoría Relativa en 97 distritos, sin embargo, se incluyen sus resultados como referente ya que representan parte de la votación de los partidos que la integraron: PRI y PVEM.
- /4 La coalición "Alianza por México" estuvo formada en 2000 por PRD, PT, PAS, Convergencia y PSN.
- /5 El PT formó parte de la coalición "Alianza por México" en 2000.
- /6 Como Partido Ecologista de México en 1991. Formó parte de la coalición "Alianza por el Cambio" en 2000.
- /7 Convergencia formó parte de la coalición "Alianza por México" en 2000.
- /8 El PSN formó parte de la coalición "Alianza por México" en 2000.
- /9 El PAS formó parte de la coalición "Alianza por México" en 2000.
- /10 México Posible sólo participó en 2003.
- /11 El PLM sólo participó en 2003.
- /12 Fuerza Ciudadana sólo participó en 2003.
- /13 El PCD sólo participó en 2000.
- /14 El PARM no participó en 1997 y 2003.
- /15 DSPPN sólo participó en 2000.
- /16 Como Partido Cardenista de Reconstrucción Nacional en 1991 y 1994. Participó hasta 1997.
- /17 El PPS participó hasta 1997.
- /18 PDM-UNO en 1994. Participó hasta 1997.
- /19 El PRT sólo participó en 1991.

Asimismo se puede consultar otra tabla que indica el porcentaje en que aumentó o disminuyó la votación obtenida por los partidos políticos y coaliciones de las elecciones de 1991 a 1994, 1994 a 1997 y 1997 a 2000, a nivel nacional.



Tabla 1.2
COMPARATIVO DE RESULTADOS ELECTORALES Y PARTICIPACION CIUDADANA DE LAS ELECCIONES FEDERALES DE 1991 - 2003
ELECCION DE DIPUTADOS FEDERALES POR EL PRINCIPIO DE REPRESENTACION PROPORCIONAL
VARIACION DE LA VOTACION A NIVEL NACIONAL

										
	Resultados Nacionales	Votación 1991	Votación 1994	%	Votación 1997	%	Votación 2000	%	Votación 2003	%
	Votación Total	24,194,239	34,811,903	43.89	30,120,221	-13.48	37,407,935	24.2	26,738,924	-28.52
	Votación por Partido Político									
	PAN - Alianza por el Cambio /1	4,068,712	8,694,736	113.7	7,792,290	-10.38	14,321,975	83.8	8,219,649	-42.61
	Partido Revolucionario Institucional /2	14,145,234	16,911,781	19.56	11,445,852	-32.32	13,800,145	20.57	6,196,171	-55.1
	Alianza para Todos /3								3,637,685	
	PRD - Alianza por México /4	1,913,174	5,610,926	193.28	7,519,914	34.02	6,984,126	-7.12	4,707,009	-32.6
	Partido del Trabajo /5	260,266	899,440	245.58	756,436	-15.9			642,290	
	Partido Verde Ecologista de México /6 /2	332,603	472,454	42.05	1,116,463	136.31			1,068,721	
	Convergencia /7								605,156	
	Partido de la Sociedad Nacionalista /8								72,267	
	Partido Alianza Social /9								198,075	
	Partido México Posible /10								243,361	
	Partido Liberal Mexicano /11								108,844	
	Partido Fuerza Ciudadana /12								124,022	
	Partido de Centro Democrático /13						429,426			
	Partido Auténtico de la Revolución Mexicana /14	492,514	286,377	-41.85			272,968			
	Democracia Social, Partido Político Nacional /15						703,689			
	Partido Cardenista /16	998,158	381,360	-61.79	327,681	-14.08				
	Partido Popular Socialista /17	414,780	231,933	-44.08	98,391	-57.58				
	Partido Demócrata Mexicano /18	249,915	148,780	-40.47	193,990	30.39				
	Partido Revolucionario de los Trabajadores /19	136,341								
	Candidatos no Registrados	13,911	47,898	244.32	13,977	-70.82	27,606	97.51	16,447	-40.42
	Votos Nulos	1,168,631	1,126,218	-3.63	855,227	-24.06	868,000	1.49	899,227	3.6

/1 La Coalición "Alianza por el Cambio" estuvo formada en 2000 por PAN y PVEM.

/2 Los resultados de 2003 incluyen la votación que obtuvo éste partido en los 203 distritos en los que participó individualmente y la de casillas especiales de Representación Proporcional de los 97 distritos en los que participó en la coalición "Alianza para Todos".

/3 La coalición "Alianza para Todos" sólo participó en la elección de Mayoría Relativa en 97 distritos, sin embargo, se incluyen sus resultados como referente ya que representan parte de la votación de los partidos que la integraron: PRI y PVEM.

/4 La coalición "Alianza por México" estuvo formada en 2000 por PRD, PT, PAS, Convergencia y PSN.

/5 El PT formó parte de la coalición "Alianza por México" en 2000.

/6 Como Partido Ecologista de México en 1991. Formó parte de la coalición "Alianza por el Cambio" en 2000.

/7 Convergencia formó parte de la coalición "Alianza por México" en 2000.

/8 El PSN formó parte de la coalición "Alianza por México" en 2000.

/9 El PAS formó parte de la coalición "Alianza por México" en 2000.

/10 México Posible sólo participó en 2003.

/11 El PLM sólo participó en 2003.

/12 Fuerza Ciudadana sólo participó en 2003.

/13 El PCD sólo participó en 2000.

/14 El PARM no participó en 1997 y 2003.

/15 DSPPN sólo participó en 2000.

/16 Como Partido Cardenista de Reconstrucción Nacional en 1991 y 1994. Participó hasta 1997.

/17 El PPS participó hasta 1997.

/18 PDM-UNO en 1994. Participó hasta 1997.

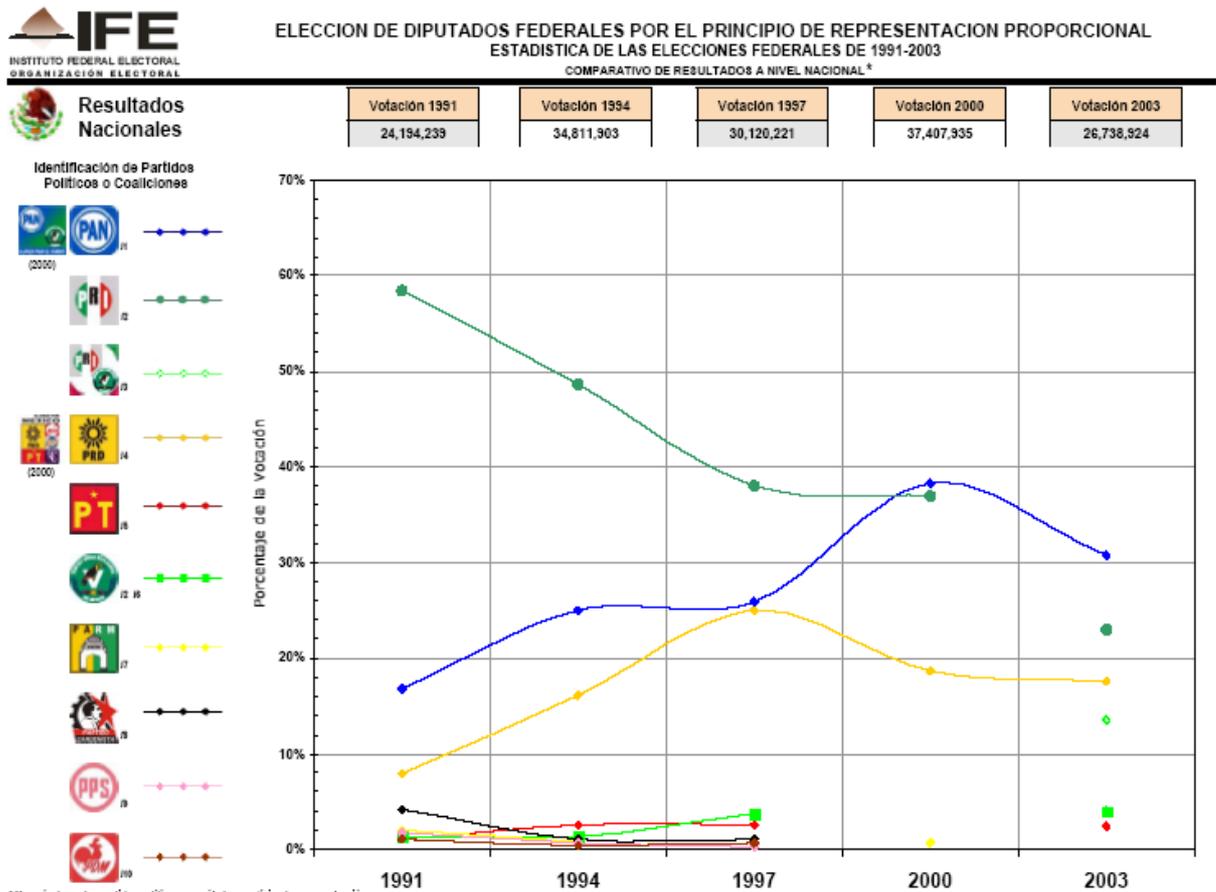
/19 El PRT sólo participó en 1991.

Asimismo, en esta parte se presentan dos figuras, la figura 1.1 muestra las poligonales que ilustran el nivel de votación alcanzado en los comicios de 1991, 1994, 1997, 2000 y 2003 para cada partido político o coalición. En esta figura no se presentan los partidos políticos que sólo participaron en una elección, toda vez que el objetivo es precisamente mostrar la evolución de sus resultados electorales.

En la figura 1.2 se representan los porcentajes de votación mediante barras horizontales, las cuales permiten visualizar el incremento o decremento de votación de los partidos políticos y coaliciones entre las elecciones celebradas de 1991 a 2003.

Respecto a los resultados electorales del Partido Revolucionario Institucional (PRI) y del Partido Verde Ecologista de México (PVEM) en el 2003, es importante destacar que en 97 distritos electorales federales integraron la coalición “Alianza para Todos”, participando de esta forma únicamente en la elección de diputados por el principio de mayoría relativa, mientras que en los 203 distritos restantes contendieron individualmente.

Esto implica que a nivel nacional se presenten los resultados que obtuvieron el PRI y el PVEM individualmente por el principio de representación proporcional ya que son los que se han tomado para elaborar el comparativo, pero se consideró necesario también presentar los resultados que obtuvo la “Alianza para Todos” a fin de tener presente que parte de la votación del PRI y del PVEM la captaron a través de esta coalición que contendió solo por el principio de mayoría relativa.



*No se incluyen los partidos políticos que solo han participado en una elección.

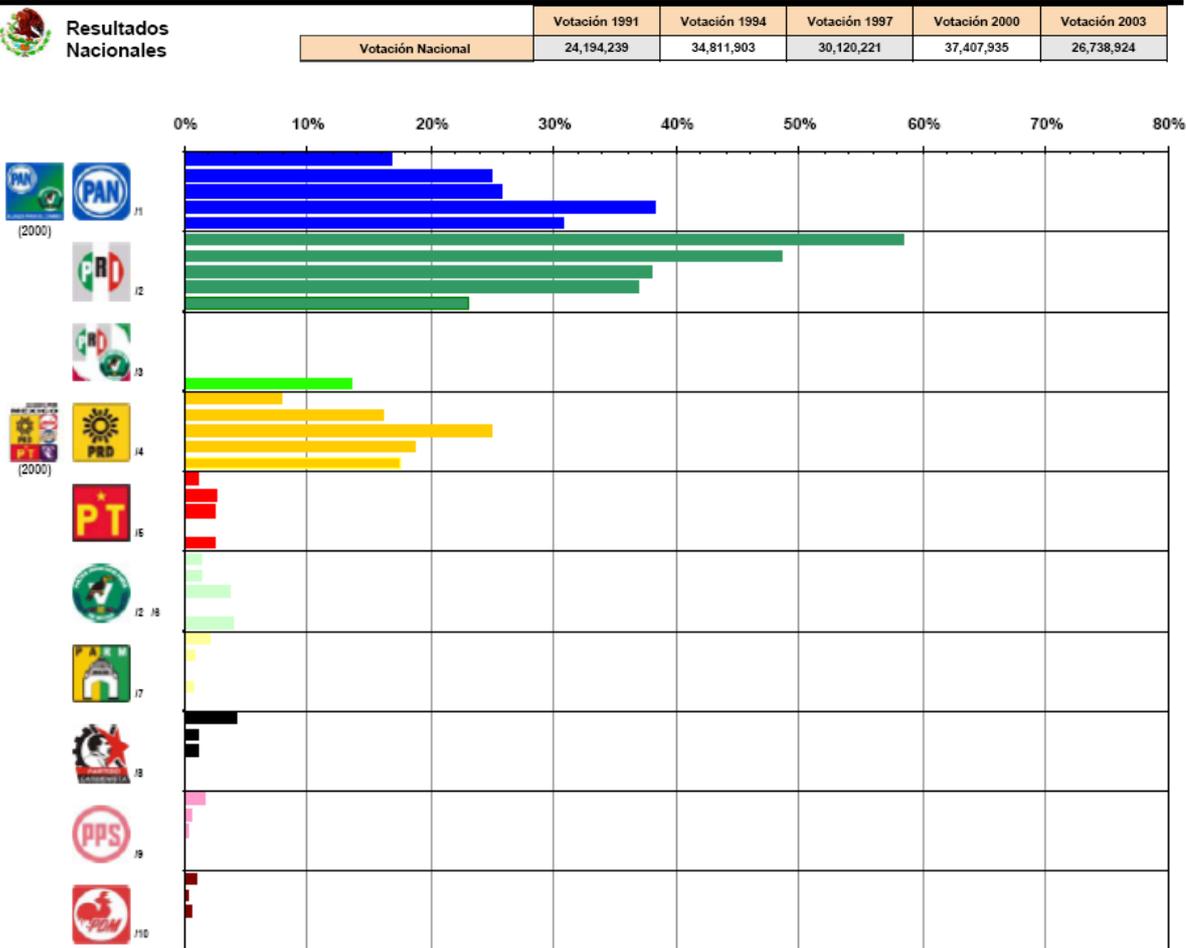
- 1 La coalición "Alianza por el Cambio" estuvo formada en 2000 por PAN y PVEM.
- 2 En 2003 la votación que obtuvo éste partido por Representación Proporcional, no considera la que recibió como integrante de la coalición "Alianza para Todos" ya que esta participó sólo en la elección de Mayoría Relativa.
- 3 La coalición "Alianza para Todos" sólo participó en la elección de Mayoría Relativa, sin embargo, se representan sus resultados como referente ya que constituyen parte de la votación de los partidos que la integraron: PRI y PVEM.
- 4 La coalición "Alianza por México" estuvo formada en 2000 por PRD, PT, PAS, Convergencia y PSN.
- 5 El PT formó parte de la coalición "Alianza por México" en 2000.
- 6 Como Partido Ecologista de México en 1991. Formó parte de la coalición "Alianza por el Cambio" en 2000.
- 7 El PARM no participó en 1997 y 2003.
- 8 Como Partido Cardenista de Reconstrucción Nacional en 1991 y 1994. Participó hasta 1997.
- 9 El PPS participó hasta 1997.
- 10 PDM-UNO en 1994. Participó hasta 1997.

DIRECCION DE ESTADISTICA Y DOCUMENTACION ELECTORAL

Figura.1.1. Poligonales que ilustran el nivel de votación alcanzado en los comicios de 1991, 1994, 1997, 2000 y 2003 para cada partido político o coalición



ELECCION DE DIPUTADOS FEDERALES POR EL PRINCIPIO DE REPRESENTACION PROPORCIONAL
 ESTADISTICA DE LAS ELECCIONES FEDERALES DE 1991-2003
 COMPARATIVO DE RESULTADOS A NIVEL NACIONAL*



*No se incluyen los partidos políticos que solo han participado en una elección.

- 1 La coalición "Alianza por el Cambio" estuvo formada en 2000 por PAN y PVEM.
- 2 En 2003 la votación que obtuvo éste partido por Representación Proporcional, no considera la que recibió como integrante de la coalición "Alianza para Todos" ya que esta participó sólo en la elección de Mayoría Relativa.
- 3 La coalición "Alianza para Todos" sólo participó en la elección de Mayoría Relativa, sin embargo, se representan sus resultados como referente ya que constituyen parte de la votación de los partidos que la integraron: PRI y PVEM.
- 4 La coalición "Alianza por México" estuvo formada en 2000 por PRD, PT, PAS, Convergencia y PSN.
- 5 El PT formó parte de la coalición "Alianza por México" en 2000.
- 6 Como Partido Ecologista de México en 1991. Formó parte de la coalición "Alianza por el Cambio" en 2000.
- 7 El PARM no participó en 1997 y 2003.
- 8 Como Partido Cardenista de Reconstrucción Nacional en 1991 y 1994. Participó hasta 1997.
- 9 El PPS participó hasta 1997.
- 10 PDM-UNO en 1994. Participó hasta 1997.

DIRECCION DE ESTADISTICA Y DOCUMENTACION ELECTORAL

Figura 1.2 Gráfica de barras que representan los porcentajes de votación, las cuales permiten visualizar el incremento o decremento de votación de los partidos políticos y coaliciones entre las elecciones celebradas de 1991 a 2003.

1.4.2 Estadísticas electorales del IFE de la participación ciudadana

El segundo apartado, que está dedicado a la participación ciudadana, inicia con la tabla 1.3 que muestra en columnas los datos de la Lista Nominal de Electores, participación ciudadana y la abstención en números absolutos y relativos por entidad federativa para las elecciones de 1991, 1994, 1997, 2000 y 2003.

Cabe señalar que, aplicando el criterio de utilizar los resultados de la elección en la que se reciben el mayor número de votos para calcular la participación ciudadana, la de los comicios de 1991, 1997 y 2003 se calculó tomando los resultados de la elección de Diputados Federales por el principio de representación proporcional, mientras que la de 1994 y 2000 se calculó con base en los resultados de la elección de Presidente de los Estados Unidos Mexicanos.

Tabla 1.3

COMPARATIVO DE RESULTADOS ELECTORALES Y PARTICIPACION CIUDADANA DE LAS ELECCIONES FEDERALES DE 1991 - 2003
ELECCION DE DIPUTADOS FEDERALES POR EL PRINCIPIO DE REPRESENTACION PROPORCIONAL
COMPARATIVO DE PARTICIPACION CIUDADANA A NIVEL NACIONAL



Resultados Nacionales	Elecciones 1991			Elecciones 1994			Elecciones 1997			Elecciones 2000			Elecciones 2003		
	Con base en la elección de Diputados de RP			Con base en la elección de Presidente de los E.U.M			Con base en la elección de Diputados de RP			Con base en la elección de Presidente de los E.U.M			Con base en la elección de Diputados de RP		
Lista Nominal	36,676,167			45,729,057			52,208,966			58,782,737			64,710,596		
Participación	24,184,239	65.97%		35,285,291	77.16%		30,120,221	57.69%		37,601,618	63.97%		26,989,371	41.68%	
Abstención	12,481,928	34.03%		10,443,766	22.84%		22,088,745	42.31%		21,181,119	36.03%		37,721,225	58.32%	
Entidad Federativa	L. Nom	Part	%	L. Nom	Part	%	L. Nom	Part	%	L. Nom	Part	%	L. Nom	Part	%
Aguascalientes	313,353	216,126	68.97	420,935	339,616	80.68	486,423	294,917	60.63	562,390	375,165	66.71	630,563	262,103	41.57
Baja California	766,150	604,042	78.64	1,038,561	822,488	79.19	1,231,667	834,008	67.70	1,498,939	862,585	57.55	1,769,264	952,936	53.92
Baja California Sur	144,112	96,349	66.86	182,596	145,289	79.57	210,057	118,224	56.28	250,155	168,045	67.18	287,018	107,689	37.52
Campeche	221,126	155,672	70.4	296,117	229,006	77.34	336,936	235,955	70.03	384,547	260,941	67.86	430,828	267,670	62.13
Coahuila	872,177	448,856	51.46	1,101,180	743,042	67.48	1,240,254	560,720	45.21	1,392,564	815,974	58.6	1,544,905	513,149	33.22
Colima	186,358	129,413	69.44	254,837	203,244	79.75	293,384	200,081	68.2	331,661	220,002	66.33	366,070	202,423	55.3
Chiapas	1,358,177	894,005	65.82	1,625,974	1,099,709	67.08	1,846,745	869,981	47.16	2,087,585	1,089,447	52.19	2,312,319	735,529	31.81
Chihuahua	1,117,521	745,671	66.73	1,476,801	1,123,150	76.05	1,684,625	916,633	54.49	1,928,389	1,128,099	58.2	2,183,956	760,122	34.8
Distrito Federal	4,498,531	3,440,366	76.48	5,362,764	4,415,403	82.33	5,889,985	3,965,879	67.33	6,256,698	4,416,609	70.59	6,712,664	2,947,254	43.91
Durango	554,713	339,307	61.17	707,882	526,088	74.34	787,213	409,611	52.03	868,791	504,190	58.03	955,312	366,372	38.35
Guajuato	1,650,249	1,232,822	74.71	2,099,320	1,757,816	83.73	2,446,308	1,612,797	65.93	2,784,508	1,867,517	66.71	3,075,635	1,507,167	49
Guerrero	1,006,898	530,373	52.67	1,188,918	793,211	66.72	1,458,395	797,997	54.85	1,740,426	942,373	54.15	1,907,079	634,724	33.28
Hidalgo	815,417	503,739	61.78	1,005,722	771,662	76.73	1,165,278	653,269	56.06	1,322,845	817,476	61.8	1,461,268	562,718	38.51
Jalisco	2,306,730	1,584,372	68.68	2,885,694	2,405,261	83.35	3,355,279	2,159,440	64.36	3,846,656	2,623,960	68.21	4,269,184	2,324,443	54.45
México	4,505,457	3,192,618	70.86	5,846,382	4,616,437	78.96	6,687,455	3,953,688	59.12	7,647,729	5,124,572	67.9	8,259,141	3,011,488	36.46
Michoacán	1,459,550	997,894	68.37	1,825,105	1,408,365	77.17	2,116,025	1,118,690	52.87	2,408,934	1,464,277	60.79	2,669,685	917,881	34.38
Morelos	534,302	311,585	58.32	749,176	569,841	76.06	880,871	453,849	51.52	979,260	639,765	65.33	1,068,880	515,558	48.23
Nayarit	350,160	201,959	57.68	459,663	316,087	68.76	520,491	282,516	54.28	568,885	356,702	62.7	613,087	228,924	37.34
Nuevo León	1,468,864	616,881	42	1,899,908	1,503,737	79.15	2,161,235	1,394,790	64.07	2,413,486	1,531,941	63.47	2,677,341	1,427,055	53.3
Oaxaca	1,229,861	669,804	54.46	1,425,954	1,019,607	71.52	1,694,939	852,990	50.36	1,938,597	1,138,496	58.73	2,108,313	821,332	39.06
Puebla	1,852,992	1,208,887	65.24	2,096,193	1,552,078	74.04	2,398,672	1,285,464	53.6	2,753,111	1,722,172	62.55	3,078,860	1,160,249	37.69
Quintana Roo	424,242	317,220	74.77	589,907	489,336	82.95	686,614	472,549	68.82	800,359	560,270	70	909,830	517,717	56.9
Quintana Roo	208,265	119,265	57.27	301,248	214,076	71.06	363,731	176,819	48.64	461,417	286,402	62.07	562,217	188,454	33.52
San Luis Potosí	834,475	545,662	65.39	1,039,977	774,915	74.51	1,177,256	729,117	61.93	1,315,822	830,576	63.12	1,432,428	844,695	45.01
Sinaloa	985,892	642,632	65.16	1,205,235	938,704	77.89	1,369,536	797,306	58.22	1,509,567	970,913	64.32	1,614,239	652,459	40.42
Sonora	794,423	507,980	63.94	1,120,700	665,838	77.26	1,223,111	745,890	60.98	1,378,741	881,129	63.91	1,510,547	794,420	52.59
Tabasco	660,939	367,124	55.55	824,166	613,614	74.45	956,733	553,343	57.84	1,089,295	683,181	62.72	1,201,551	492,970	41.03
Tamaulipas	1,002,932	668,304	66.64	1,330,814	1,041,684	78.27	1,529,412	840,743	54.97	1,748,366	1,098,994	62.86	1,994,744	799,504	40.06
Tlaxcala	349,486	223,599	63.98	436,723	353,157	80.87	498,549	251,173	50.38	562,612	348,951	62.02	630,645	210,635	33.43
Veracruz	3,037,231	1,916,492	63.1	3,522,994	2,643,553	75.04	3,910,116	2,143,263	54.81	4,232,824	2,674,831	63.19	4,500,029	1,925,728	42.79
Yucatán	615,646	382,788	62.18	729,746	482,015	66.05	855,719	513,383	59.99	969,134	697,427	71.96	1,064,181	526,894	49.51
Zacatecas	547,978	362,432	66.16	674,265	516,062	76.54	754,952	431,037	57.09	838,445	508,625	60.66	908,803	388,339	42.73

DIRECCION DE ESTADISTICA Y DOCUMENTACION ELECTORAL

Los resultados de la participación ciudadana también se ilustran en la figura 1.3 con una serie de gráficas para los resultados nacionales, en las que se puede visualizar la tendencia de la participación ciudadana mediante una línea que une los puntos que indican el porcentaje de la misma en las últimas cinco elecciones federales. En la figura 1.4 se presentan gráficas representando el porcentaje de participación ciudadana entre 1991 y 2003, a nivel nacional, mediante barras horizontales, las cuales permiten apreciar los aumentos y disminuciones que han experimentado.



COMPARATIVO DE PARTICIPACION CIUDADANA A NIVEL NACIONAL
ESTADISTICA DE LAS ELECCIONES FEDERALES DE 1991-2003

Resultados Nacionales

	Elecciones 1991		Elecciones 1994		Elecciones 1997		Elecciones 2000		Elecciones 2003	
	Con base en la Elección de Diputados de Representación Proporcional		Con base en la Elección de Presidente de los Estados Unidos Mexicanos		Con base en la Elección de Diputados de Representación Proporcional		Con base en la Elección de Presidente de los Estados Unidos Mexicanos		Con base en la Elección de Diputados de Representación Proporcional	
Lista Nominal:	36,676,167		45,729,057		52,208,966		58,782,737		64,710,596	
Participación:	24,194,239	65.97%	35,285,291	77.16%	30,120,221	57.69%	37,601,618	63.97%	26,968,371	41.68%
Abstención:	12,481,928	34.03%	10,443,766	22.84%	22,088,745	42.31%	21,181,119	36.03%	37,742,225	58.32%

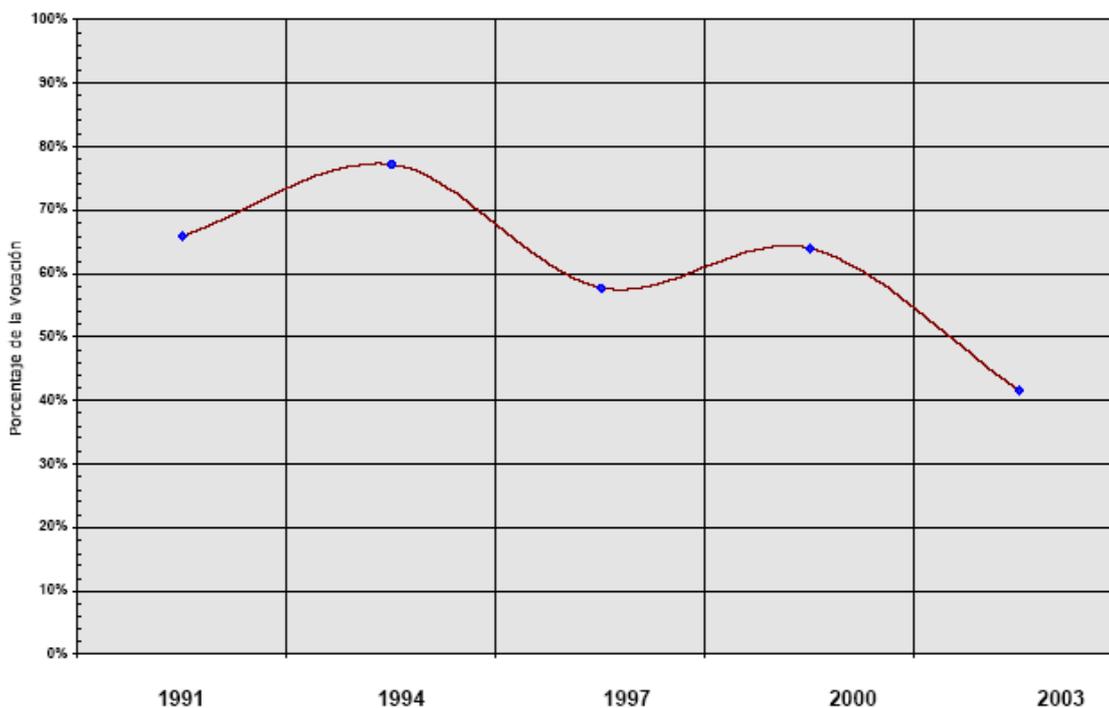


Figura 1.3. Gráfica para los resultados nacionales, en las que se puede visualizar la tendencia de la participación ciudadana mediante una línea que une los puntos que indican el porcentaje de la misma en las últimas cinco elecciones federales

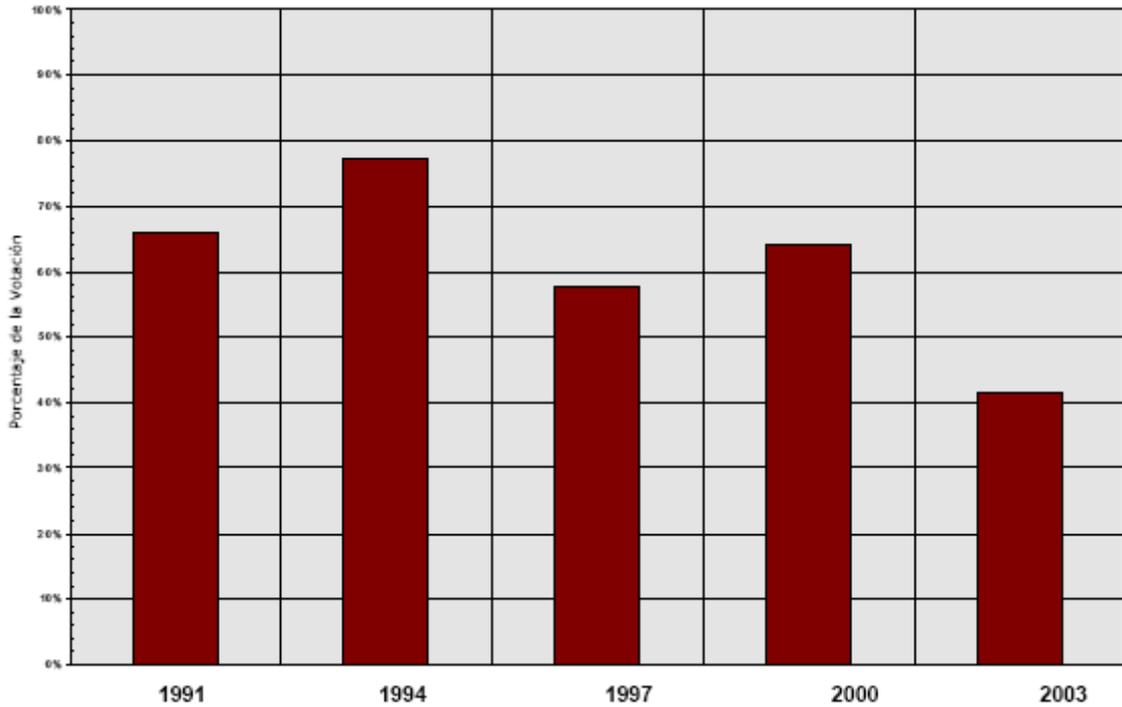
La información en retrospectiva que se presenta en este Comparativo, permite tener una clara visión de la tendencia de los resultados electorales federales en nuestro país, en el periodo que se refiriere.



COMPARATIVO DE PARTICIPACION CIUDADANA A NIVEL NACIONAL
ESTADISTICA DE LAS ELECCIONES FEDERALES DE 1991-2003



	Elecciones 1991		Elecciones 1994		Elecciones 1997		Elecciones 2000		Elecciones 2003	
	Con base en la Elección de Diputados de Representación Proporcional		Con base en la Elección de Presidentes de los Estados Unidos Mexicanos		Con base en la Elección de Diputados de Representación Proporcional		Con base en la Elección de Presidentes de los Estados Unidos Mexicanos		Con base en la Elección de Diputados de Representación Proporcional	
Lista Nominal:	36,676,167		45,729,057		52,208,966		58,762,737		64,710,596	
Participación:	24,194,239	65.97%	36,285,291	77.16%	30,120,221	57.69%	37,601,618	63.97%	26,969,371	41.66%
AbstenCIÓN:	12,481,928	34.03%	10,443,766	22.84%	22,088,745	42.31%	21,161,119	36.03%	37,742,225	58.32%



DIRECCION DE ESTADISTICA Y DOCUMENTACION ELECTORAL

Figura1.4. Gráfica representando el porcentaje de participación ciudadana entre 1991 y 2003, a nivel nacional, mediante barras horizontales, las cuales permiten apreciar los aumentos y disminuciones que han experimentado.

CAPÍTULO 2

MODELOS DE SISTEMAS SOCIALES COMPLEJOS

CAPÍTULO 2

MODELOS DE SISTEMAS SOCIALES COMPLEJOS

2.1 Leyes de potencia en comportamiento de sistemas complejos

Recientemente han aparecido estudios empíricos sobre la estructura de redes naturales muy diversas. Pero, ¿qué tienen en común?, muchas presentan estructura Small World o estructura de red libre de escala [17]. En todo caso no presentan ni regularidad en sus conexiones ni azar puro. Si definimos $p(k)$ como el número esperado de nodos con k conexiones, muchas de las redes investigadas poseen distribuciones que decaen como leyes de potencias $p(k) \sim k^{-\alpha}$. Las redes que presentan esta distribución han sido denominadas libres de escala por su analogía con los fractales (anexo A), donde no podemos definir una escala característica. Estas redes presentan “efecto Small World”: crecen en su diámetro como las aleatorias y poseen alta transitividad como las regulares. Una propiedad especialmente interesante de estas redes es que la conexión entre dos nodos cualesquiera se mantiene robusta frente a la eliminación aleatoria de nodos o conexiones. A los científicos no se les escapa la importancia de esta conclusión para entornos como Internet, redes de neuronas o redes sociales. Las especulaciones que determinan que estas distribuciones son ventajosas evolutivamente por su robustez son en estos momentos motivo de análisis. Asistimos a la sorpresa de encontrar estructuras topológicas semejantes y con estructuras inesperadas en las redes de ámbitos extraordinariamente distintos. Este hecho debe ser justificado teóricamente. La relación con las reglas de crecimiento y evolución de dichas redes o los principios de optimización son tan solo algunos de los problemas que pueden ser abordados.

Muchas distribuciones empíricas halladas en sistemas económicos, sociales y otros campos de investigación muestran un comportamiento de ley de potencia [17 – 19]. Las **distribuciones de ley de potencia** no varían ante un cambio en la escala de tiempo, o sea que la probabilidad relativa para observar un evento de cierto tamaño y un evento diez veces más grande es independiente de la escala de referencia [20], mismos que por su robustez serán de gran ayuda en el siguiente estudio.

Es fundamental conocer el tamaño de los grupos, por ejemplo, en finanzas las subidas y bajadas de los precios responden a la formación de los grupos: cuanto más grande sea el grupo formado, más variará el precio. Uno de los hechos importantes de una red social es que no muestra un tamaño de grupo característico, es decir, la distribución no tiene un máximo para un valor del tamaño de grupo como ocurre en la distribución gaussiana o de campana, sino

que sigue una ley de Pareto o potencial. La característica más importante es que, a diferencia de una distribución gaussiana, la probabilidad de que se forme un grupo de tamaño muy grande no es despreciable. Como indicábamos al principio de este punto, una distribución que sigue una ley de potencias (invariante de escala) es uno de los indicios que nos indican que la dinámica del sistema se encuentra en una situación entre orden y desorden característica de los sistemas complejos.

El decrecimiento exponencial de la cola es generalmente considerado como la frontera que separa a las distribuciones de colas gruesas de aquellas de colas ligeras. En la literatura, las distribuciones con un decrecimiento de ley de potencia en sus colas son conocidas como *distribuciones de colas pesadas*.

El primer uso de una distribución de ley de potencia fue hace más de 100 años cuando Pareto investigó el carácter estadístico de la riqueza de los individuos en una economía estable [20]. La distribución de la riqueza individual $F(X)$ es frecuentemente descrita, en su cola asintótica, por una ley de potencia:

$$F(X) \cong \frac{X_0^\mu}{X^{1-\mu}}, X \gg X_0, \quad (2.11)$$

donde μ caracteriza el decrecimiento de la distribución para las grandes riquezas (X 's): conforme el valor de μ es más pequeño, el decrecimiento es más lento, y es más grande la brecha entre los más ricos y los más pobres. En resumen, en una población de Pareto de tamaño N , el cociente de la riqueza más grande y la riqueza típica (mediana) crece como $N^{1/\mu}$. En el caso de $\mu < 1$, la riqueza promedio diverge: esta corresponde a una economía en donde una fracción finita de la riqueza total está en manos de muy pocos individuos. Por el contrario, cuando $\mu > 1$, los individuos más ricos solo poseen una fracción de la riqueza total (en el límite cuando $N \rightarrow \infty$). Empíricamente, el exponente μ está en el rango $1 \leq \mu \leq 2$.

Pareto notificó que su resultado era muy general y que podría aplicarse a diferentes países, como Inglaterra, Irlanda, Alemania e Italia, y aun en Perú [20]. Esta distribución de la riqueza de Pareto también describe la distribución del ingreso, el tamaño de las compañías, los fondos de pensión, y en nuestro caso la distribución de los votos en urnas electorales.

Si X tiene una distribución de ley de potencia, entonces en una gráfica log-log de $F(X)$ o en una función de distribución acumulativa complementaria, asintóticamente el comportamiento dará el de una línea recta. Esto proporciona una prueba empírica simple para determinar si una variable aleatoria tiene un comportamiento de ley de potencia, dada una muestra apropiada.

Los procesos estocásticos con varianza infinita, aún matemáticamente bien definidos, son extremadamente difíciles de usar y, además, hacen que surjan

muchas preguntas cuando son aplicados a los sistemas reales. En los sistemas sociales una varianza infinita complica la tarea de estimar la confianza de predicción.

2.2 Redes de pequeño mundo y redes sociales

A continuación se ejemplifica de manera breve algunos tipos de redes con la finalidad de conseguir una comprensión más clara del texto.

Una red regular (la longitud de enlaces en promedio es proporcional al número de nodos; la distribución del número de enlaces por nodo es muy estrecha) figura 2.1 (a).

Una red de pequeño mundo aleatoria (la longitud promedio de enlaces es proporcional al logaritmo del número de nodos; la distribución del número de enlaces por nodo es muy amplia – existen nodos tanto con muy pocos enlaces como nodos con muchísimo enlaces) figura 2.1 (b).

Una red de pequeño mundo exponencial (la distribución de enlaces entre nodos es una distribución exponencial – hay muy pocos nodos con número de enlaces más que promedio de enlaces por nodo) figura 2.1 (c).

Una red de pequeño mundo fractal con (la distribución de enlaces entre nodos es una distribución tipo ley de potencia con el exponente $\text{Gamma} = 1 + 1/(\text{Alfa} - 1) > 3$; la conectividad de la red es auto-similar en diferentes escalas). Los círculos de diferentes tonalidades representan nodos con diferentes propiedades (por ejemplo, electores con diferentes opiniones) figura 2.1 (d).

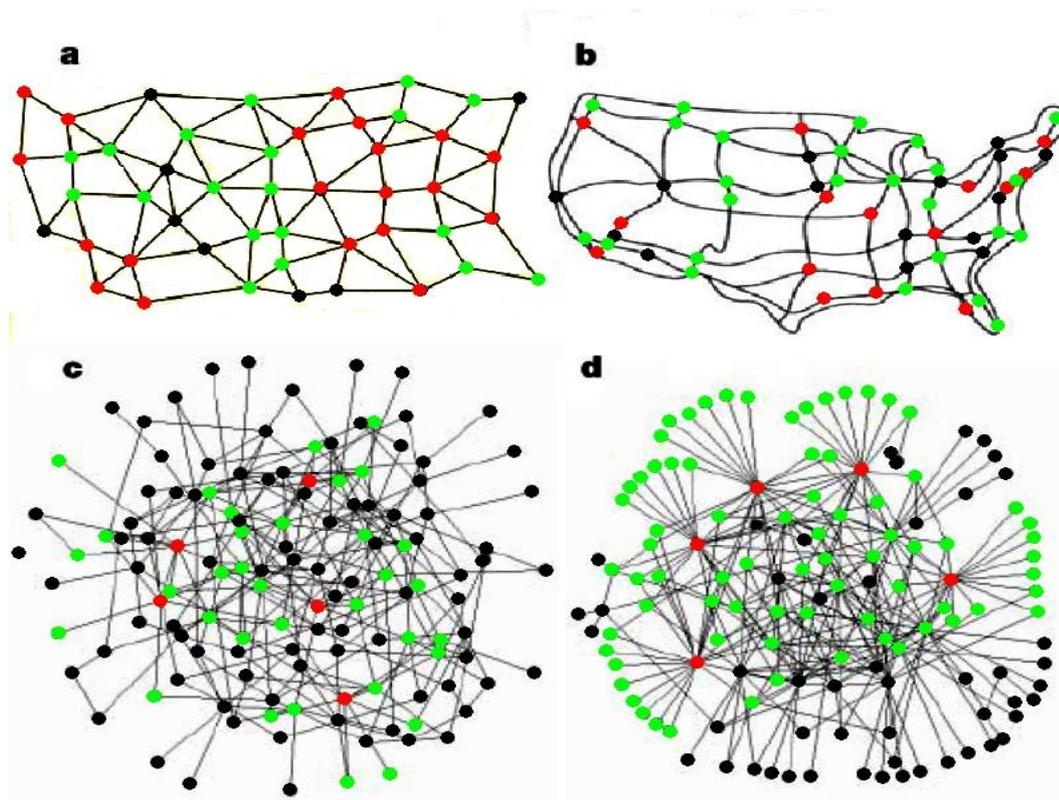


Figura 2.1. Ejemplos de redes

Muchos sistemas biológicos, sociales o de comunicación se pueden describir adecuadamente a través de redes complejas cuyos nodos representan individuos u organizaciones, y los enlaces simbolizan las interacciones entre ellos. Una clase importante de redes son aquellas que cumplen con las reglas de un "mundo pequeño" [17], cuya topología exhibe dos rasgos esenciales: todo nodo está fuertemente conectado con muchos de sus vecinos pero débilmente con algunos pocos elementos alejados (fenómeno conocido como apiñamiento, agrupamiento o "clustering") y todo nodo puede conectar a cualquier otro con sólo unos cuantos saltos (en otras palabras, existe una pequeña "distancia" entre ellos). Esto implica dos cosas: que la información se transfiere muy rápidamente entre dos elementos cualesquiera, y que existe un pequeño número de nodos claves por donde circula un gran porcentaje del tráfico total. Es obvio que la estructura de una red es determinante en su funcionamiento. Un resultado teórico reciente ha animado a la comunidad científica a atacar con vigor la vertiente olvidada: la estructura de las redes. En los años 60, el psicólogo S. Milgram, concluyó un experimento pionero en redes sociales [21]. En su esquema cada individuo constituía un nodo, que se conectaba a otro individuo en caso de que fueran conocidos mutuos. ¿Qué número de individuos o nodos intermedios, diría el lector, que separan en promedio a dos personas escogidas al azar de entre la población norteamericana? La respuesta es: ¡tan solo seis! Desde entonces este resultado se conoce como "seis grados de libertad", la versión estadística del dicho popular: "el mundo es un pañuelo". Muy recientemente, inspirados en esta idea, Watts y Strogatz [22] propusieron un modelo sencillo de red denominado Small World. Son redes de mundo pequeño las conexiones neuronales en algunos gusanos, el patrón de

difusión de una epidemia, la estructura de una red de transmisión eléctrica, la navegación a través de Internet, las proteínas en una célula humana, los patrones lingüísticos, las relaciones entre especies de un ecosistema, las redes de colaboración social, etc. Las Small World [22] son un resultado teórico interesante, pero lo realmente excitante es que gracias a Internet, las bases de datos y la potencia de los ordenadores hoy disponemos de una gran cantidad de datos estadísticos inimaginables desde hace tan solo unas décadas.

Muchas de estas redes de mundo pequeño son también "redes independientes de la escala" (scale-free networks), que se caracterizan por un escaso número de nodos con muchos enlaces (denominados "concentradores" o "hubs") y una enorme cantidad de nodos con muy pocas conexiones. Este tipo de estructura explica por qué algunas redes son generalmente muy estables y robustas (frente a posibles errores aleatorios), pero muy propensas a ocasionales colapsos catastróficos (por posibles ataques maliciosos). En efecto, si se elimina una gran fracción de nodos al azar, la red todavía es capaz de funcionar con normalidad; pero si se quita alguno de los concentradores, el sistema puede sufrir una hecatombe. Es lo que ocurre, por ejemplo, cuando fallece o desaparece el líder de un partido político. Esta topología también es capaz de explicar la gran capacidad de crecimiento de estas redes (sociales) y por qué algo insignificante puede transformarse en un fenómeno de colosales proporciones si encuentra el camino adecuado.

Aparentemente, las redes de pequeño mundo siguen el mismo patrón de auto-organización de los sistemas complejos: los nuevos nodos agregados tienden a formar conexiones con aquellos que ya están bien conectados (las partes conductoras mencionadas en el apartado anterior). En otras palabras, los nodos no se conectan entre sí al azar, sino que se agrupan o apiñan en torno a los hubs (los nodos más atractivos). Por ejemplo, los nuevos artículos científicos citan a otros ya bien establecidos y las nuevas páginas web se conectan a los buscadores más conocidos. De allí que los hubs también parecen ser los responsables de mantener la cohesión de este tipo de redes e, incluso, de permitirle evolucionar, ya que pequeñas perturbaciones en ellos pueden ocasionar cambios en el funcionamiento de la red. Asimismo, algunos investigadores especulan -es necesario aclarar- que los sistemas naturales evolucionan hacia redes de mundo pequeño, porque tienen una elevada tolerancia a las fallas (la conexión de cualquier pareja de nodos puede establecerse a través de varios caminos alternativos), y hacia redes independientes de la escala, porque utiliza más eficientemente los recursos que las redes aleatorias (resuelve adecuadamente el conflicto entre las necesidades de bajo costo y alto rendimiento).

Tres hechos han revolucionado esta situación y llevado a la Ciencia de Redes Complejas:

a) El reconocimiento explícito y cuantitativo en base a análisis de datos de que las redes sociales tienen propiedades topológicas distintas por igual de las redes aleatorias que de las regulares.

b) La constatación de que las mismas propiedades aparecen de manera ubicua y universal en redes de objetos tan distintos como las redes de alimentación, las de colaboración científica o Internet.

c) El desarrollo de modelos simples que permiten reproducir esas propiedades topológicas de las redes complejas y entender su origen. Entre esas propiedades destacan la de “pequeño mundo” y la “libre de escala”. La propiedad de “pequeño mundo” indica que con pocos pasos entre objetos intermedios pueden conectarse cualesquiera dos objetos de la red.

Las redes de pequeño mundo, que fueron popularizadas por Watts y Strogatz [22] (1998), pueden obtenerse a partir de una red regular en la que cada nodo tiene el mismo número de enlaces, véase la figura 2.2. Se elige al azar un nodo de la red y con probabilidad p se elimina uno de sus enlaces y se sustituye por otro enlace con otro nodo elegido también al azar. Esto se repite para cada uno de los nodos, generando enlaces de largo alcance entre nodos que en la red original eran distantes geográficamente y ahora pasan a ser vecinos. Por definición, vecinos son los nodos conectados por un enlace. Para $p=0$ tenemos la red regular y en el extremo de $p=1$ se recupera una red aleatoria. Para valores intermedios de p se dan las redes de pequeño mundo, con una distancia media entre nodos pequeños (medida en unidades de número de enlaces), como sucede para redes aleatorias y no sucede para redes regulares, pero simultáneamente con grupos de nodos compactos como sucede en las redes regulares y no sucede en las aleatorias.



Figura 2.2: Proceso de construcción de una red de pequeño mundo.

Las redes “libres de escala” (Barabási y Albert, 1999) [23] tienen como característica principal que la distribución de probabilidad del número de enlaces de cada agente no tiene un valor típico bien definido (una “escala” característica), sino que se extiende hasta valores muy grandes del número de enlaces. Más concretamente, la probabilidad de que un nodo de la red tenga K enlaces es inversamente proporcional a la potencia K^γ , siendo γ un exponente característico de la red, lo que indica que hay un número pequeño de nodos que tiene un número de enlaces muy alto (“hubs” en la terminología inglesa). Es decir, hay individuos muy bien conectados socialmente y cabe preguntarse por el efecto de esos nodos con muchos enlaces en la dinámica colectiva del sistema. Esto es diferente a lo que sucede en las redes de pequeño mundo para las que la misma distribución de probabilidad tiene forma exponencial $\exp(-K/\lambda)$, siendo λ precisamente la escala característica de la que carecen las redes libres de

escala y donde no pueden identificarse agentes sensiblemente mejor conectados que la media.

Aunque no está demasiado claro si las redes sociales presentan una distribución libre de escala, se han encontrado todo tipo de sistemas biológicos y tecnológicos (enlaces directos entre aeropuertos, cableado eléctrico, la red de conexiones de Internet, etc.) con esta propiedad. Dentro de la gran variedad de procesos que conducen a leyes libres de escala, el prototipo es el introducido por Barabási y Albert, 1999 [23]. La red se construye de una manera dinámica: va creciendo a medida que se agregan nuevos nodos. El procedimiento es tal que un nuevo nodo se enlaza con un número predeterminado de nodos ya existentes y esta es la característica especial, que se enlaza con mayor probabilidad con los nodos que ya tienen muchos enlaces. Concretamente, la probabilidad de crear un enlace con un nodo existente es proporcional al número de enlaces K que este nodo ya tiene. Se puede demostrar que este proceso conduce a una distribución de enlaces con el exponente $\gamma=3$, que es bastante cercano a los valores medidos en alguna de las redes tecnológicas mencionadas con anterioridad. Un aspecto típico de una red construida según las reglas de Barabási y Albert se muestra en la figura 2.3.

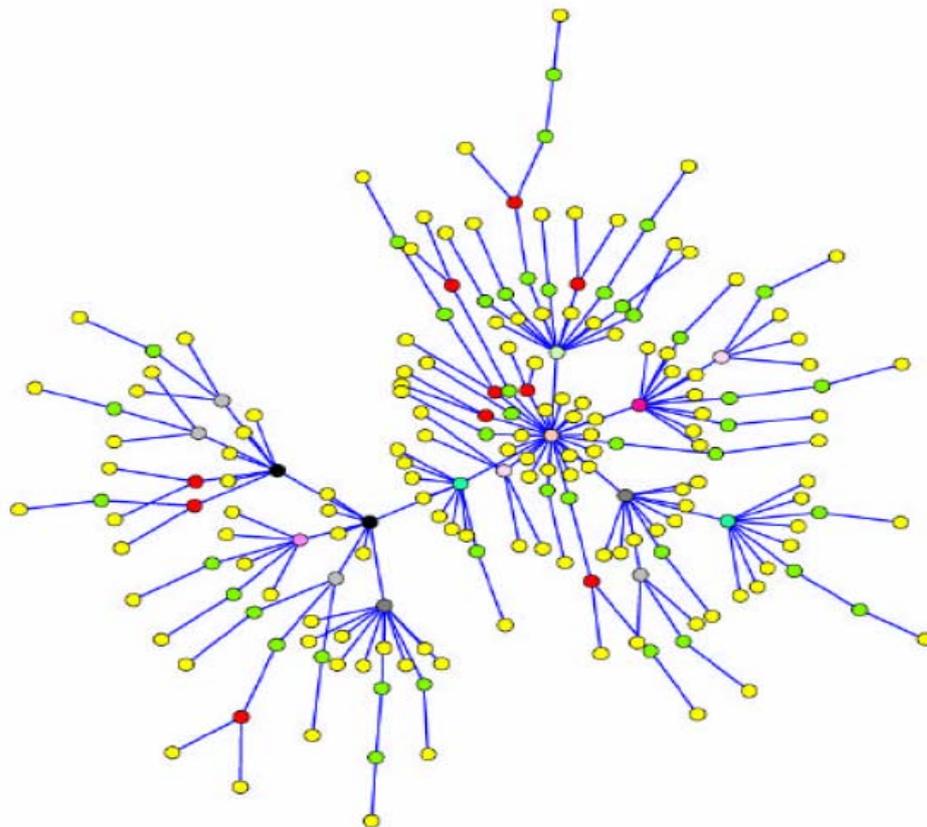


Figura 2.3: Aspecto típico de una red libre de escala.

Hemos argumentado que las interacciones posibles entre individuos que originan un fenómeno colectivo vienen determinadas por la red que define las relaciones sociales entre ellos. Ahora bien, la estructura de la red no está dada y determinada para siempre como una realidad externa sino que, de la misma manera que las acciones de los individuos vienen afectados por esa red, la red es creada por las acciones de los individuos, de manera que hay una co-evolución de la red y las acciones de los individuos.

Un ingrediente importante para entender la emergencia de un consenso o polarización social es la red de interacciones sociales que da soporte y determina las interacciones entre individuos que participan del fenómeno colectivo. En este punto hay que mencionar lo que ha sido una de las mayores innovaciones científicas de finales del siglo XX y que ha venido en llamarse Ciencia de las Redes Complejas (Watts 2003, Barabasi 2002) [22-23]. Esta nueva ciencia, aunque mayoritariamente desarrollada por científicos procedentes del campo de la Física, tiene por objeto el estudio de estructuras sociales: Trata de la gente, de las relaciones de amistad, de rumores, culturas, enfermedades, comunicación electrónica, crisis financieras, apagones eléctricos, aeropuertos colapsados, organización empresarial o terrorista, colaboraciones científicas, relaciones sexuales, votos en urnas electorales, etc. En la “era conectada” (Watts, 2003) vivimos inmersos en redes de todo tipo que conectan objetos en formas diversos y que condicionan y determinan cómo opera el conjunto de esos objetos.

2.3 Resultados de análisis fractal de elecciones de algunos países

2.3.1 Ley de potencia en elecciones legislativas de Brasil 1998 y 2002

Los datos de la votación de concejales del estado y de elecciones federales de los diputados se analizan y se consideran como función de la respuesta de un sistema social con la dinámica subyacente que conduce al comportamiento complejo. Los resultados de la votación de las dos elecciones brasileñas, llevadas a cabo en 1998 y 2000 se utilizaron como modelos representativos. Se demostró que las distribuciones de la votación siguen la ley de Zipf generalizada [24] la cuál se ha propuesto recientemente dentro de un marco no extensivo de la estadística. Por otra parte, la distribución de la votación para los concejales es claramente distinta de los del estado y de diputados federales en el sentido que el último representa un grado más alto de no extensividad, ver figura 2.4. Relacionamos estos con los diversos grados de complejidad que corresponden a los procesos locales y no locales de la votación.

Las elecciones generales en Brasil son cada cuatro años, cuando los ciudadanos votan a favor del ejecutivo (presidente y gobernadores estatales) así como legislativo (miembros del Congreso y autoridades estatales). Las votaciones son

obligatorias y son colectadas en máquinas de votación electrónica. Se muestra un análisis estadístico de las elecciones brasileñas de 1998 mostrando que el proceso de votación proporcional para autoridades estatales mostró una escala invariante. Fue mostrado que la distribución del número de candidatos N que reciben una fracción de votos v sigue una ley de potencia $N(v) \approx v^{-\alpha}$, donde $\alpha \approx 1$, ampliando a más de dos órdenes de magnitud. La notable semejanza en la distribución de votos en todos los estados, sin tener en cuenta diversidades sociales y las condiciones económicas en regiones diferentes del país, fueron tomadas como una indicación de un mecanismo común en el proceso de decisión.

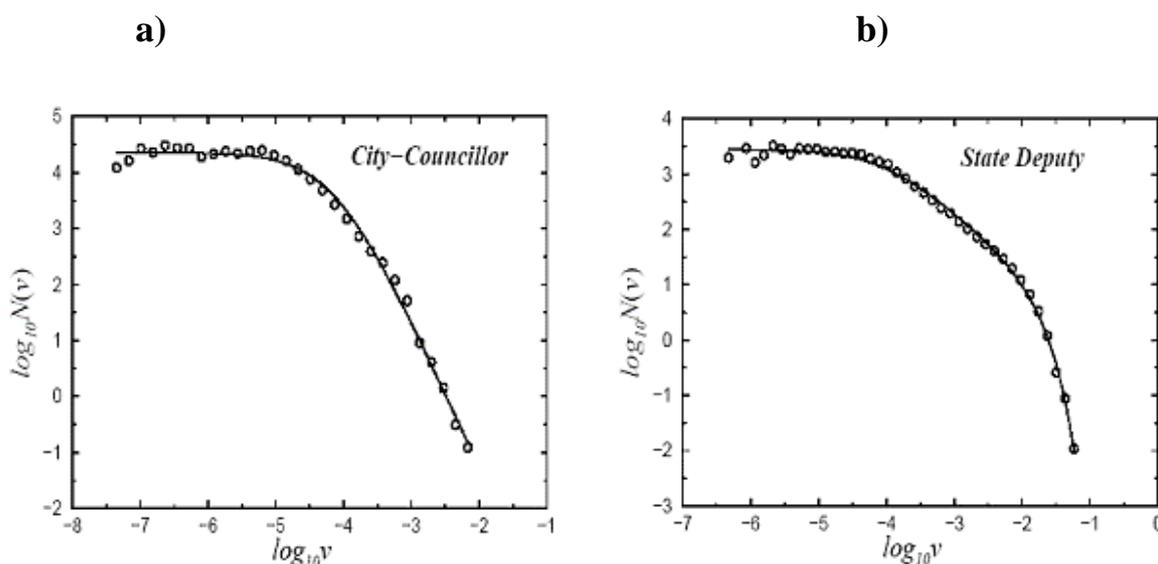


Figura 2.4. a) Diagrama doble logarítmico de la votación para concejales. Los datos tratan a los resultados de las elecciones brasileñas celebradas en 2000 considerando las 15 capitales más grandes del estado, la línea es el ajuste pasado a la ley de Zipf's. El exponente de escalamiento de la ley de potencia es $\alpha = 2.63$. b) Diagrama doble logarítmico de la votación para diputados estatales. Concernientes a las elecciones de 1998 considerando las 15 capitales más grandes del estado. La línea sólida corresponde a la ley Zipf's. El exponente de escalamiento de la ley de potencia es $\alpha = 1.03$. La posibilidad de un decaimiento exponencial refleja la carencia de correlaciones en las fracciones de votación grande. El exponente de escalamiento es mucho más pequeño que el que caracteriza al de concejales, lo cuál indica que estos dos procesos tengan reglas de votación distintas en la decisión

2.3.2 Ley de potencia en elecciones legislativas de Indonesia 1999 y 2004

Se han analizado las distribuciones de los resultados de las elecciones legislativas 1999 y 2004 en Indonesia para obtener las propiedades estadísticas y analizar los factores. Se muestra el resultado del análisis de la ley de potencia correspondiente a las elecciones de la casa del representante en 1999 y 2004, figura 2.5. Esto muestra que el sistema sociopolítico es un sistema complejo constituido por la interacción de los ciudadanos y acentúa universalidad que la evolución social dinámica gira para ser organizada por un estado crítico.

Se muestra que el comportamiento de ley de potencia en la distribución del número de votos ganados es persistente durante los años de elección 1999 y 2004. Este patrón es interpretado como la robustez social en el sistema político indonesio. Esto puede también significar que la elección según lo percibido por los ciudadanos es igual a partir del año 1999 y 2004 a pesar de los cambios, figura 2.5. Por otra parte, analíticamente se puede decir que la ley de potencia indica y acentúa la universalidad de la evolución social que es persistente alrededor de los caracteres de un mismo estado crítico organizado.

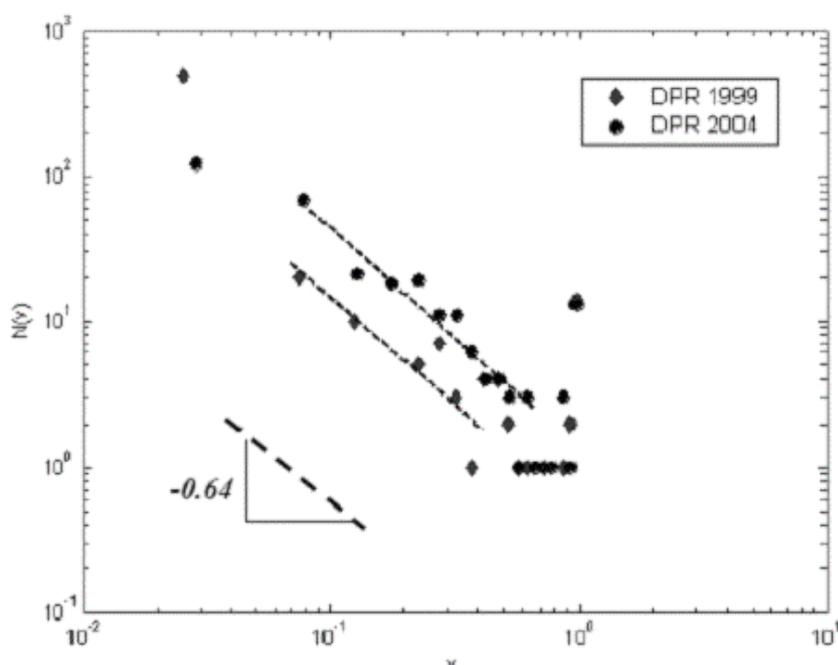


Figura 2.5. Gráfica de la ley de potencia correspondiente a los resultados de las elecciones legislativas de Indonesia en 1999 y 2004.

2.3.3 Ley de potencia en elecciones legislativas de India

El modelo de Sznajd [25] de la socio-física, en el cual solamente un grupo de gente que comparte la misma opinión puede convencer a sus vecinos, se aplica a una red al azar libre de escala modelada por un gráfico determinista. También se observa un modelo para las elecciones basadas en el modelo de Sznajd y el exponente obtenido para la distribución de votos durante las elecciones en Brasil y la India.

Modelos y resultados

El gráfico libre de escala determinista usado, crece como sigue: En cada paso del tiempo, cada borde genera un vértice adicional, que se une a ambos vértices al

final de este borde. Inicialmente, en $t = 0$, tenemos un triángulo de bordes con tres vértices, en $t = 1$, el gráfico consiste en 6 vértices conectadas por 9 ejes, etcétera, figura 2.6.

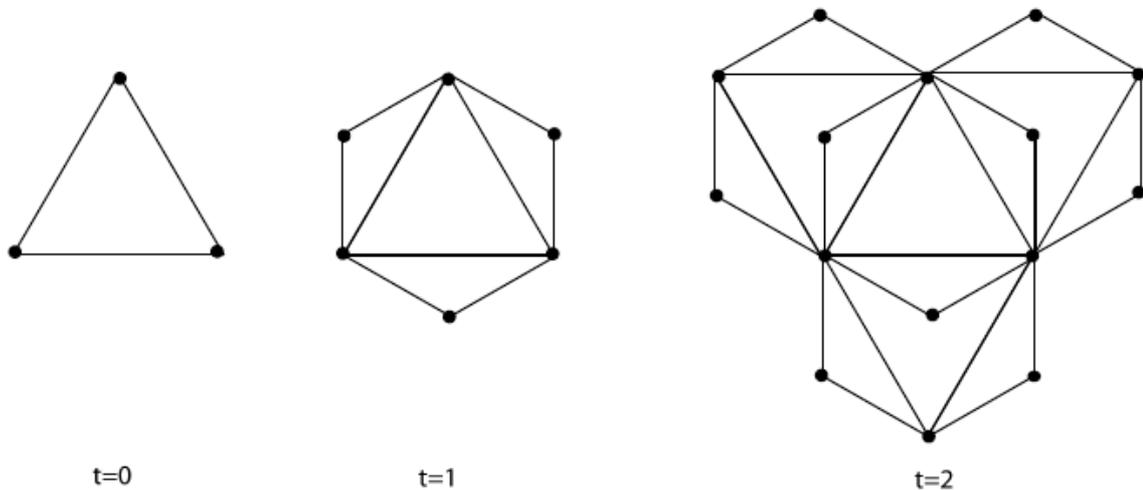


Figura 2.6: Generación de las tres primeras gráficas de una red de escala libre pseudo-fractal. En cada iteración de t son generados vértices y adjuntados a los dos ejes de cada vértice.

El número total de vértices en la iteración t es

$$N_t = 3(3^t + 1)/2 \tag{2.12}$$

Esta regla simple produce una red cada vez más compleja. Formando así una red pseudo-fractal. Tiene una distribución discreta. Para relacionar el exponente de esta distribución discreta relacionaremos el exponente γ de una distribución continua para las redes aleatorias libres de escala, se uso una distribución acumulativa:

$$P_{cum}(k) \approx k^{1-\gamma} \tag{2.13}$$

La cual es la probabilidad de que un nodo de la red tenga al menos k vecinos. La red mencionada es decreciente como función de k con exponente $\gamma = 1 + (\ln 3 / \ln 2)$.

Al final de este proceso podemos analizar la distribución de votos de cada estado de la India. En la figura 2.7 se muestran los resultados para cinco estados de la India con 85, 2, 42, 10 y 20 circunscripciones electorales respectivamente. En la distribución de votos para cada estado esta la superposición de diferentes procesos electorales.

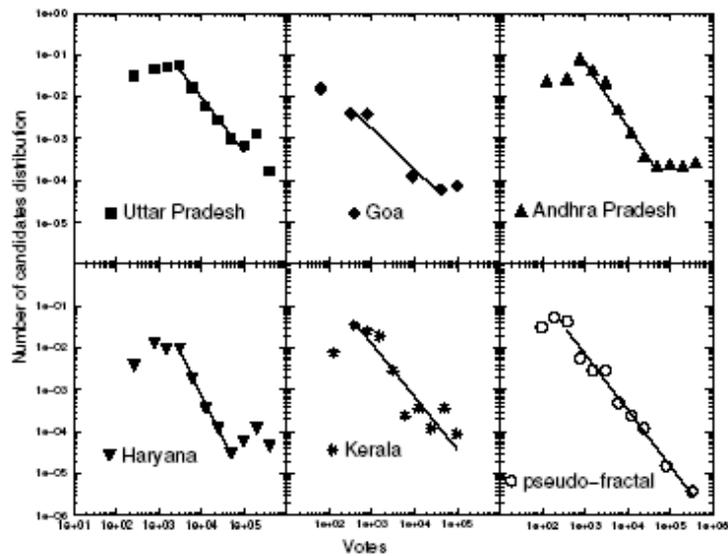


Figura 2.7. Distribución de votos para los estados de la India en 1998. Para Uttar Pradesh (cuadrados) con 55, 015, 804 votos y 649 candidatos. Goa (diamantes) con 532, 766 y 12 candidatos. Andhra Pradesh (triangulo hacia arriba) con 31, 829, 338 votantes y 301 candidatos. Haryana (triangulo hacia abajo con 7516,884 votantes y 84 candidatos y Kerala (estrellas) con 13,036,581 votantes y 108 candidatos. Obteniéndose resultados cuantitativos comparables a estos tipos de procesos con una distribución Pseudo-fractal con 12 generaciones y 80 candidatos. Las líneas sólidas son puntos de los datos en las regiones intermedias . Las pendientes son: -1.32 (Uttar Pradesh), -0.97 (Goa), -1.51 (Andhra Pradesh), -2.06 (Haryana), -1.26 (Kerala) and -1.32 (Pseudo-fractal) [26].

El modelo global mostrado en la figura 2.8 muestra lo siguiente.

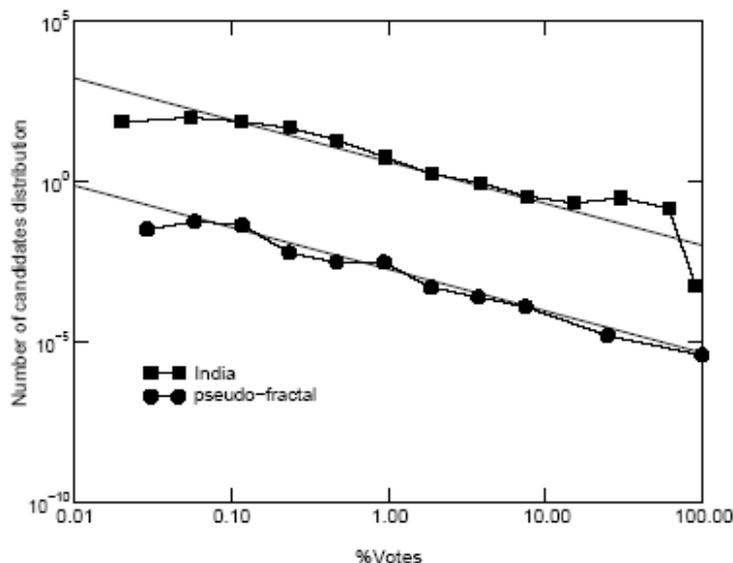


Figura 2.8. Distribución de votos para India en 1998 (cuadrados), comparado con la simulación Pseudo-fractal (círculos) con 12 generaciones y 80 candidatos después de la ley de iteraciones [26 – 27] . Las líneas sólidas son guías con una pendiente de -1.3 .

2.4 Dinámica y formación de opinión en una estructura democrática

En este punto estudiamos los modelos de formación de opinión basado en la modelación matemática, cabe destacar que existen muchos modelos, aunque regularmente todos se enfocan al estudio de los líderes y el impacto social externo que actúa en cada individuo. En el límite determinista la variación de parámetros como la fuerza o el impacto externo del líder puede cambiar el tamaño del grupo o, cuando alcanzan algunos valores críticos, hace que el sistema salte a otra fase, para cierta gama de la multiestabilidad e histéresis de los parámetros se observan los fenómenos. En la presencia del ruido (temperatura social) los cambios rápidos se pueden mirar como transiciones de la fase de primer orden. Los resultados analíticos obtenidos dentro de algún modelo regularmente se reproducen de forma favorable en simulaciones de computadora.

Los transeúntes que van por la calle no hace caso a una sola persona que mira fijamente en el cielo; sin embargo, si varias personas juntas miran fijamente en el cielo, inducen a otros que los sigan. El movimiento del sindicato sigue una estrategia similar: unidos, los empleados tienen una posición más fuerte contra la gerencia que si todos intenta negociar individualmente.

Entre los diferentes modelos para la formación de opinión destacan el modelo Ising[21] usado entre otras cosas para el estudio de únicamente dos candidatos y; muy parecido al modelo de Sznajd destacado por su descripción en la formación de opinión y la influencia social que tiene. Otro ejemplo es el modelo del votante, el cual es un modelo estocástico simple que muestra características de dimensiones dependientes, mientras que en una dimensión es equivalente al Glauber-Ising [28] “modelo en la temperatura cero”, sus características salen de este modelo en dimensiones más altas. En cada sitio de un enrejado d -dimensional, opiniones de un votante, o valores de un punto $\sigma = 1, 2 \dots q$, se distribuyen inicialmente de manera aleatoria, entre t y $t + dt$ un sitio se escoge al azar, el votante en este sitio toma la opinión de uno de sus 2 vecinos, también elegido al azar. Este modelo es equivalente al modelo de caminata aleatoria [27], por lo tanto, debido a características de la repetición de caminatas aleatorias, las interacciones entre los caminantes son fuertes en dimensiones $d \leq 2$. Por consiguiente, para $d \leq 2$ un consenso de opinión se acerca cuando $t \rightarrow \infty$, es decir el sistema es estable. Esto se pone en contraste con el comportamiento en dimensiones más altas donde persisten los desacuerdos indefinidamente [27].

El concepto de estructura social es un tanto abstracto e intangible. Sin embargo, es real y afecta a todos en la sociedad. El estudiante se pone en contacto con la estructura de la universidad cuando elige un campo y estudia bajo la dirección de una unidad académica en particular, a los nuevos empleados en su primera asignación se les dice: “Va a trabajar bajo el control del señor Smith en el departamento de investigación de mercado”, una de las cosas que mas se le dificulta aprender al nuevo empleado es el nombre y función de los diversos

departamentos, las relaciones superior – subordinado y “Quien hace que”. En forma simple, se puede considerar la estructura como el patrón establecido de relaciones entre los componentes o partes de la organización. Sin embargo la estructura de un sistema social no es visible de la misma manera que un sistema biológico o mecánico, no puede ser vista pero se infiere de las operaciones reales y el comportamiento de la organización. La distinción entre estructura y proceso en los sistemas ayuda a entender este concepto. En el sistema biológico, la estructura de los organismos puede ser estudiada en forma separada de sus procesos, por ejemplo, el estudio de la anatomía es básicamente el estudio de la estructura del organismo. En el estudio de un sistema social como lo son las comunidades en donde habitamos es difícil hacer una distinción clara. Tomados juntos, los conceptos de estructura y proceso pueden ser vistos como las características estática y dinámica de una sociedad, en éste caso, los aspectos estáticos (la estructura) son los más importantes para la investigación.

La estructura social tiene gran importancia como factor que influye sobre el comportamiento de las personas y grupos que forman parte de la misma. La gran influencia que tiene la estructura es aceptada de forma unánime, llevando algunos expertos a definirla de la siguiente forma: “Para nosotros, la estructura de la organización se define de forma muy amplia como los rasgos de la organización que se utilizan para controlar o diferenciar las partes que la forman”. La gran mayoría de personas en los grupos sociales han sentido como su comportamiento ha sido controlado. Sus decisiones no cuentan con peso alguno, sino que estamos acatados a lo que las organizaciones decidan, renunciamos a la libertad de opción una vez elegido el representante de la organización.

2.5 Estructura social y construcción de consensos en un sistema social

Por citar algunos ejemplos de modelos del consenso son los de Sznajd [25] , Galam [29-30], Deffuant [31] y el Krause y Hegselmann [32]; los cuales son parte de la sociophysics [33] o sociodynamics [33], y pertenecen al campo más amplio de usos en los métodos estadísticos de la física [34].

2.5.1 El modelo de Sznajd de la construcción del consenso con la persuasión limitada.

El modelo Sznajd [25] es uno de los modelos actuales de la socio-física de interacciones humanas, donde dos personas que tienen la misma opinión pueden convencer a sus vecinos que tienen a su alrededor solamente vecinos de opiniones similares pueden ser convencidos, luego, el consenso es fácil para la competición de hasta tres opiniones pero difícil con cuatro o más cantidad de

opiniones. Bernardes ya generalizó esto a partir de dos a q opiniones para describir los resultados de elección [18]. Uno encuentra eso al comenzar con una distribución inicial al azar de opiniones después de un cierto momento se forma un consenso cuando todos tienen la misma opinión.

2.5.2 El modelo de Sznajd para la formación de opinión

En menos de un año, el modelo de Sznajd [25] ha encontrado varios usos. En este modelo, una persona aislada no convence a otras; un grupo de gente que comparte las mismas opiniones influye a sus vecinos mucho más fácilmente. Así en un enrejado cuadrado, con las variables $+1$ (e.j. demócratas) y -1 (e.j. los republicanos) en cada sitio del enrejado, un grupo de vecinos convence a sus seis vecinos más cercanos de su propia opinión si y solamente si todos los miembros del grupo comparten la misma opinión. La generalización a muchos estados posibles se utiliza para explicar la distribución de votos entre candidatos en elecciones, por ejemplo las elecciones locales brasileñas o en nuestro caso al modelo de las elecciones a DFPMR.

2.5.3 El modelo Galam de dos estados de opinión dinámicos

Un contrario es alguien que decide deliberadamente oponerse a la opinión que prevalece en otras personas. El modelo Galam [29-30] de dos estados dinámicos de opinión incorpora agentes por agrupar al azar en el cuál adoptan todos los participantes la opinión de su grupo local respectivo de la mayoría. Se repite el proceso hasta que se alcanza un estado colectivo estable; la dinámica asociada es rápida. En éste modelo se muestra que la introducción de contrarios puede dar lugar a la dinámica interesante generada las fases e igualarla a un comportamiento crítico en una concentración contraria a_c . Por $a < a_c$ el orden de fase se genera a partir de la mayoría/minoría. Por el contrario cuando $a > a_c$ la fase desordenada que resulta no tiene ninguna mayoría: los agentes guardan el cambio de opiniones pero ninguna simetría se rompe (es decir, el aspecto de una mayoría). Una aplicación de lo susodicho se emplea para explicar los resultados de las elecciones presidenciales americanas de 2000 y de las elecciones parlamentarias alemanas de 2002 [34]. Esos acontecimientos se encuentran para ser inevitables. Sobre esta base el "escenario de elecciones" se predice para convertirse en una ocurrencia común de democracias modernas.

2.5.4 El modelo del consenso de Deffuant en una red de Barabasi-Albert

Motivado parcialmente por un modelo de Axelrod [35], el modelo de Deffuant et al. [31] simula la construcción de un consenso, o la carencia del consenso, fuera de muchas opiniones inicialmente al azar.

En el modelo del consenso con persuasión limitada, estudiado por Deffuant et al. (2000), dos personas aleatoriamente seleccionadas que diferencian no demasiado en su opinión ambas cambian de puesto sus opiniones hacia uno. Si se restringe este intercambio de la información a la gente conectado por una red de libre escala, como un resultado, el número de diversas opiniones finales (cuando ningún consenso completo se forma) es proporcional al número de la gente.

2.6 Modelo de elecciones en un sistema democrático

Se crea una red de nodos que interactúan usando una red pseudo-fractal según lo descrito antes (Eq.2.12), además de la red se simula la regla presentada adentro [36] para modelar elecciones en una red de Barabasi, ver figura 2.9. Se resume la generación de la red de Barabási como sigue: En principio de la simulación se tienen 6 nodos completamente conectados. Después de eso, se agregan más y más nodos y se conectan con 5 de los actuales nodos elegidos al azar. Así la probabilidad del crecimiento en cualquier nodo existente es proporcional con el número de nodos conectados con él. Para ejemplificar se generó ambas redes con el mismo número de los nodos (votantes) y el mismo número de candidatos, figura 2.9.

El modelo de Barabási se rige por la ecuación

$$P(k) \sim k^{-\gamma} \quad (2.14)$$

Después de generar una red se comienza con el "proceso de la elección", N candidatos se distribuyen aleatoriamente, el valor n ($1 \leq n \leq N$) de un nodo en la red representa que este votante tiene preferencia por el candidato n . Inicialmente, todo el comienzo de los sitios con el valor cero, significando que no hay preferencia por ningún candidato a excepción de los sitios de N que tienen el número de un candidato. Ahora, el comienzo electoral de la campaña (solamente los votantes con la preferencia por un candidato pueden influenciar a otros votantes, "Sznajd"). En cada paso todos los nodos se visitan aleatoriamente: Una lista al azar de nodos asegura que cada nodo está alcanzado exactamente una vez. Para cada visita ponemos en ejecución el proceso siguiente:

- Se elige un nodo i al azar si tiene preferencia por un candidato se elige entre sus nodos conectados un nodo j al azar, si no, se selecciona otro nodo aleatoriamente.

- Si el nodo j tiene el mismo candidato que el nodo i , cada nodo convence a todos los nodos conectados con probabilidad:

$$p(k) = \frac{1}{n(k)^{1/\xi}} \tag{2.15}$$

donde $n(k)$ es el número de nodos conectados con i o j , y $\xi > 1$ es un factor de conmutación que se analiza más adelante.

- Si el nodo j no tiene ningún candidato, el nodo i le convence a que acepte a su propio candidato con $p(i)$ de probabilidad eq. (2.15).

Si el nodo j tiene un candidato diferente al del nodo i , elegimos otro nodo i .

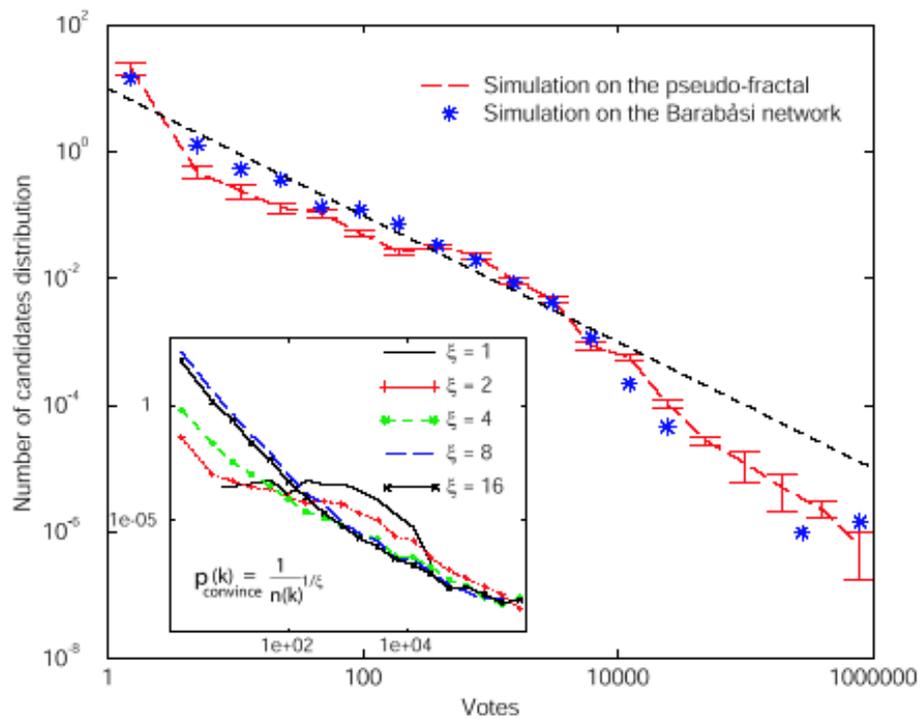


Figura 2.9. Diagrama de la distribución de votación de un proceso de elección en una red pseudofractal comparado a la simulación en una red de Barabási. Ambas redes tienen 797163 sitios (votantes) y 500 candidatos. Se muestra un promedio sobre 20 realizaciones para cada red. La distribución para el pseudo-fractal está después de 15 iteraciones del proceso convincente con $\xi = 2$ (Eq. 3). La distribución para red de Barabási está después de 83 iteraciones. En la inserción se demuestran los resultados de la simulación en la red pseudo-fractal para el $\xi = 1, 2, 4, 8$ y 16 , después de 400, 20, 4, 2 y 1 iteraciones respectivamente. Se ve que los resultados dependen de la regla elegida.

En la figura 2.10 se muestran los resultados de la aplicación en un ejemplo real.

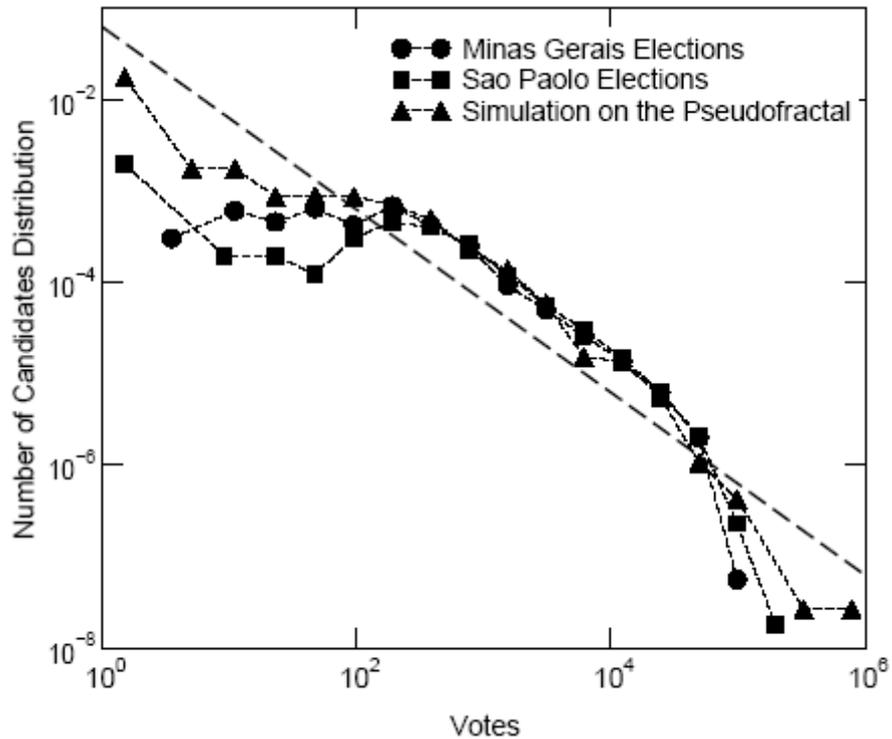


Figura 2.10. Resultado de la simulación de un proceso de elección después de 20 iteraciones en una red pseudo-fractal de 21523362 nodos y de 1144 candidatos (triángulos). Comparado a la distribución de votación para el estado de Minas Gerais en 1998 (círculos) (819 candidatos, 11815183 votantes) y el estado de Sao Paulo (1998) (cuadrados) (1260 candidatos, 23321034 votantes). Ambos ejes se trazan en una escala logarítmica. La línea recta rayada es una guía al ojo con una pendiente de -1. El compartimiento del tamaño para los votos aumenta en un factor de 2 para cada paso consecutivo. La altura de la distribución pseudo-fractal es multiplicado por 10 para ver una mejor comparación de resultados.

CAPÍTULO 3

ESTADÍSTICAS DE ELECCIONES FEDERALES DE 1991 – 2003

CAPÍTULO 3

ESTADÍSTICAS DE ELECCIONES FEDERALES DE 1991 – 2003

3.1 Metodología de la red de votantes

A continuación se ejemplifica con un modelo cibernético el desarrollo de la metodología a seguir en el proceso para la construcción de la red de votantes para DFPMR.

El modelo cibernético nos muestra las entradas, salidas, el proceso de transformación, la retroalimentación y control de la red de votantes. A continuación se explican éstos puntos.

ENTRADAS.- Son los elementos que alimentarán nuestro sistema, es decir:

- Datos históricos proporcionados por el IFE.
- Definición de la red

TRANSFORMACIÓN.- Son los procesos a los que se someten las entradas para obtener las salidas, en éste caso los datos fueron procesados con el software estadístico @Risk generando ajustes a diferentes distribuciones estadísticas del comportamiento de votantes en urnas electorales para la elección de DFPMR

SALIDAS.- Son los resultados a los que se llegará con la implementación del sistema:

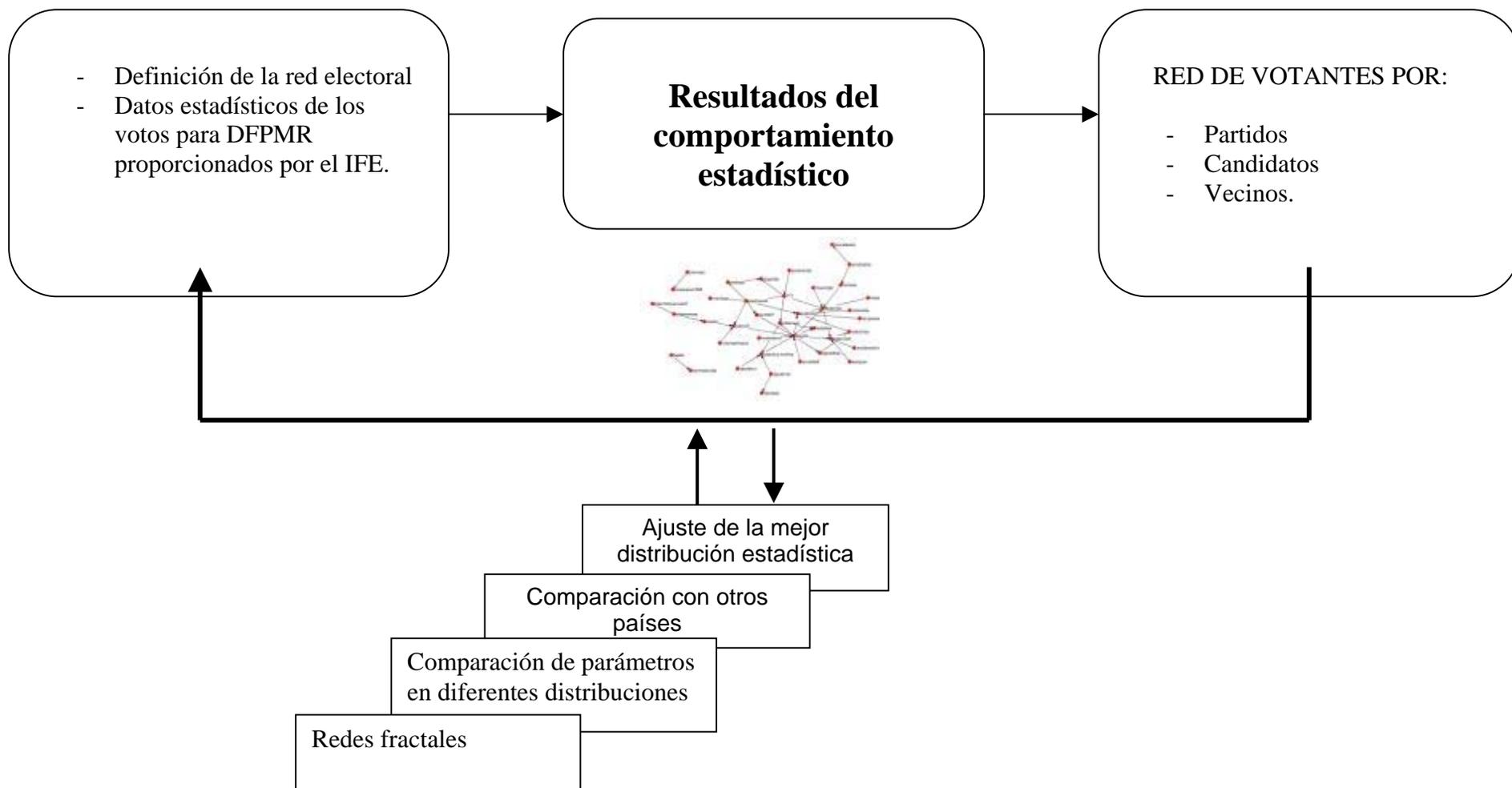
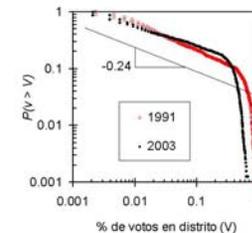
- El comportamiento de la red de votantes a DFPMR a nivel partidos, a nivel candidatos y a nivel vecinos.

RETROALIMENTACIÓN.- Se obtienen elementos para eficientar la operación, dando lugar a los **CONTROLES**:

- El control se realizará en el análisis de los datos transformados, escogiendo la mejor distribución estadística,
- Comparación de los resultados obtenidos con los de otros países.
- Comparación de los parámetros en diferentes distribuciones.
- Comparación de los resultados a diferentes niveles para observar en cuales se tiene un mejor comportamiento de los subsistemas.

Dicho control ayudará a tener la información adecuada para vigilar que el proceso de transformación funcione adecuadamente y pueda ser mejorado para cumplir los objetivos.

IFE PROCESO CIBERNÉTICO DEL SISTEMA DE VOTANTES PARA DFPMR



3.2 Metodología del análisis estadístico

3.2.1 Definición de la red electoral

México es un Estado Federal integrado por 32 entidades federativas (31 estados y el Distrito Federal), que son autónomas en lo que concierne a su régimen de gobierno interno, en donde uno de los procesos fundamentales de la sociedad democrática son las elecciones. Este proceso está regulado por los votos de los ciudadanos que son un gran instrumento para la elección de sus representantes, del cual depende el futuro desarrollo de la sociedad. El Poder Legislativo Federal se deposita en el Congreso de la Unión, el cual se integra por una Cámara de Diputados y una Cámara de Senadores. El Poder Legislativo de las 32 entidades federativas tiene carácter unicameral; el de los 31 estados se denomina Congreso Local y el del Distrito Federal, Asamblea Legislativa. Todos los legisladores sirven un periodo de tres años, excepto los senadores, cuyo periodo es de seis años [16].

A partir del 11 de octubre de 1990 empieza a funcionar el Instituto Federal Electoral (IFE), el cual es un organismo público, autónomo, responsable de cumplir con la función estatal de organizar las elecciones federales; es decir, las relacionadas con la elección del presidente de los Estados Unidos Mexicanos y de los diputados y senadores que integran el Congreso de la Unión. El IFE tiene su sede central en el Distrito Federal y ejerce sus atribuciones en todo el país, a través de órganos desconcentrados ubicados en las capitales de las 32 entidades federativas y en los 300 distritos electorales en que se divide el territorio nacional para efectos electorales.

La Cámara de Diputados se conforma por un total de 500 diputados, 300 de los cuales son electos por el principio de mayoría relativa en un número equivalente de distritos electorales uninominales, y los otros 200 por el principio de representación proporcional

Entre los órganos directivos del IFE está la Dirección Ejecutiva del Registro Federal de Electores (anteriormente Registro Nacional de Electores), a la cual corresponde formar, revisar y actualizar el Padrón Electoral, así como las Listas Nominales de Electores, entre otras funciones.

Con objeto de garantizar su plena autenticidad y confiabilidad para las elecciones federales de 1991, se conformó un Padrón Electoral totalmente nuevo, es decir, sin considerar ningún registro ni listado preexistente y a través del levantamiento de información casa por casa en todo el país (técnica censal). El Padrón Electoral lo conforman todos los ciudadanos mexicanos que solicitaron su inscripción al mismo, con la finalidad de obtener su credencial con fotografía para votar y así

ejercer su derecho al voto. En 1991, en aquel entonces sobre una base estimada de 45 millones de ciudadanos mayores de 18 años, se integró un Padrón Electoral superior a los 39 millones y se hizo entrega de una nueva Credencial para Votar a más de 36 millones, lográndose conformar, en escasos ocho meses, una de las bases de datos más grandes del mundo, así como una cobertura y confiabilidad de sus instrumentos equiparables a los más altos estándares internacionales.

En la Lista Nominal de Electores se encuentran todos aquellos ciudadanos que solicitaron su inscripción al Padrón y cuentan ya con su credencial para votar con fotografía vigente. A partir de una estrategia integral de depuración del padrón, para la elección federal de 1994 se dio cumplimiento al mandato de incorporar la fotografía del ciudadano a la Credencial para Votar. El Padrón Electoral creció entre los años 1991 y 2004 en manera lineal, ver figura 3.1. Específicamente, el crecimiento del Padrón Electoral puede ser presentado con la fórmula

$$N_{padron} = 4 \times 10^7 + 2 \times 10^6 \times (Año - 1991) \quad (3.1)$$

que se ajusta a los datos reportados por el IFE con el cuadrado del coeficiente de correlación $R^2 = 0.9933$.

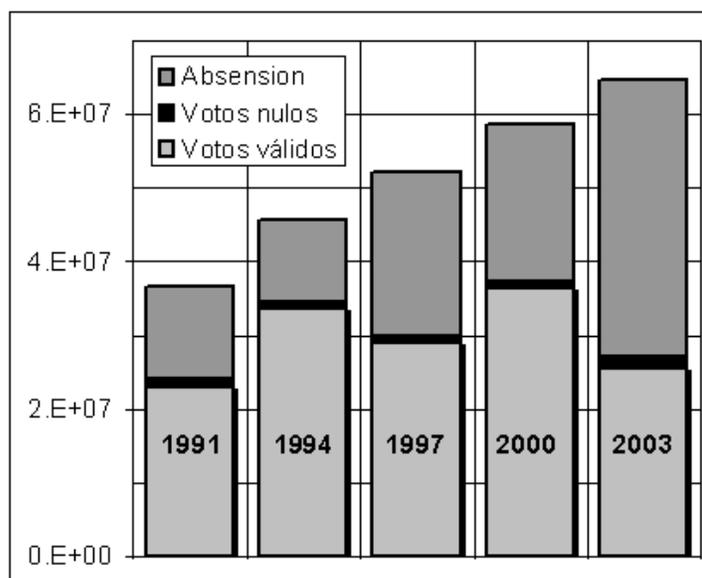


Figura 3.1. Histogramas de la lista nominal electoral, número de votantes y número de votos válidos emitidos en las elecciones federales del periodo 1991-2003 (datos proporcionados por IFE [16]).

La Constitución Política de México concibe a los partidos políticos como entidades de interés público, lo cual implica su reconocimiento como sujetos del derecho público y la consecuente obligación del Estado de garantizar las condiciones y proveer las facilidades necesarias para su desarrollo. La organización o agrupación política que pretenda constituirse en partido político para participar en las elecciones federales deberá obtener su registro ante el IFE. A partir de 1996, la legislación electoral reconoce la figura de agrupaciones políticas nacionales como una forma de asociación ciudadana que coadyuva al desarrollo de la vida democrática y de la cultura política, así como a la creación de una opinión pública mejor informada.

Es derecho exclusivo de los partidos políticos nacionales y, en su caso, de las coaliciones debidamente formalizadas, el postular y solicitar el registro de candidaturas a los cargos federales de elección popular. Al partido político que no obtenga por lo menos el 2% de la votación en alguna de las elecciones federales ordinarias para diputados, senadores o Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, le será cancelado el registro y perderá todos los derechos y prerrogativas. De esta manera, el número de partidos que participan en cada elección federal varía, en virtud de la pérdida del registro de unos partidos y la creación de otros. Así pues, en elecciones de 1991 participaron 10 partidos, en las de 1994 9 partidos, en las de 1997 8 partidos, en las de 2000 4 partidos y 2 coaliciones, y en las de 2003 lo hicieron 11 partidos y una coalición.

Con objeto de que los electores puedan ejercer su derecho al voto en el sitio más próximo a su domicilio, la ley dispone que cada sección electoral (célula básica de la división territorial para efectos electorales) se integre con un mínimo de 50 y un máximo de 1500 electores, y que se instale una casilla por cada 750 o fracción menor de ellos, ver tabla 3.1. Además de las casillas ordinarias, existen las denominadas extraordinarias y especiales. Durante el día de la elección se levantará el acta de la jornada electoral. Una vez llenada y firmada el acta de la jornada electoral en el apartado correspondiente a la instalación, el presidente de la mesa anunciará el inicio de la votación. La votación se cierra a las 18:00 horas. Una vez cerrada la votación y llenado y firmado el apartado correspondiente del acta de la jornada electoral, los integrantes de la mesa directiva proceden al escrutinio y cómputo de los votos sufragados en la casilla. El escrutinio y cómputo es el procedimiento por el cual los integrantes de cada una de las mesas directivas de casilla, determinan: (i) el número de electores que votó en la casilla, (ii) el número de votos emitidos en favor de cada uno de los partidos políticos o candidatos, (iii) el número de votos anulados por la mesa directiva de la casilla, y (iv) el número de boletas sobrantes de cada elección. Los Consejos Distritales hacen las sumas de las actas de escrutinio y cómputo de las casillas, conforme éstas se vayan recibiendo y hasta el vencimiento del plazo legal para la entrega de los paquetes que contengan los expedientes electorales.

Tabla 3.1. Número de secciones y total de casillas por sección en cada año

AÑO	No. de SECCIONES	TOTAL DE CASILLAS
1991	62,900	88,308
1994	63,589	96,415
1997	63,606	104,716
2000	63,619	113,423
2003	63,595	121,367

La participación electoral debe ser una preocupación fundamental de los regímenes democráticos. Sin embargo, sólo un porcentaje de los ciudadanos inscritos en la lista nominal participan en las elecciones, ya que el *abstencionismo* es cada vez más alto. A pesar de que los ciudadanos han participado más en las elecciones de Presidente de la República, la tendencia general es el crecimiento lineal del porcentaje de abstencionismo (ver figura 3.1).

$$A\% = 27 + 2(\text{Año} - 1991) . \quad (3.2)$$

Hay que reconocer que no existe una interpretación científica aceptada que nos explique el complejo fenómeno del abstencionismo en México.

Muchas redes sociales comparten dos propiedades generales: ausencia de una escala característica y un alto grado de agrupación [37]. Estas propiedades son consecuencia de una organización jerárquica que implica que pequeños grupos de nodos se organicen, de manera jerárquica, en grupos más grandes, mientras se mantenga una topología de ausencia de una escala característica. En las redes jerárquicas el grado de agrupación que caracteriza a los diferentes grupos sigue una estricta ley de potencia, la cual puede ser empleada para identificar la presencia de una organización jerárquica, específicamente en la red de votantes.

3.2.2 Datos estadísticos analizados y procesamiento de la información

Este trabajo se realizó a partir de los datos proporcionados por el IFE [16], sobre el número de boletas electorales depositadas en cada casilla, durante las elecciones de los años 1991, 1994, 1997, 2000 y 2003. Estos datos no consideran las boletas anuladas, dando un total aproximado de 147,409,098 votos válidos los cuales fueron emitidos por los partidos que contendieron en las elecciones y repartidos en un total de 524,229 casillas. Se consideró el número

de votos validos de cada partido por casilla como un dato (4,265,511 datos). Los votos validados emitidos en cada una de las elecciones analizadas fueron agrupados por distritos, por entidades federativas y a nivel nacional; es decir se caracterizó en tres escalas.

DATOS ESTADÍSTICOS ANALIZADOS

- De 1991 a 2003 se tienen:
 - 147,409,098 votos válidos .
 - 524,229 casillas.
- 4,265,511 datos analizados, considerándose como un dato el número de votos válidos de cada partido por casilla.
- Tres análisis realizados:
 - Por partidos
 - Por candidatos
 - Por vecinos

Con base a lo anterior, se analizó la distribución del número de candidatos N que recibieron una fracción de votos v , así como las distribuciones de los votos entre los partidos, tanto por distritos, entidades y a nivel nacional.

En el análisis estadístico de los datos de votaciones se consideraron los votos emitidos (y válidos) en cada casilla a favor de cada partido político, los cuales fueron normalizados por el total de votos de sus respectivas casillas. Para cada uno de los distritos, así como para cada entidad, se tomó en cuenta el total de los votos válidos por partido político y se normalizaron entre el total de votos válidos.

El análisis estadístico fue realizado con ayuda del software @Risk 4.5 [38], el cual permite ajustar la distribución de los datos de acuerdo a tres criterios estadísticos: de la Chi-cuadrada, de Kolmogorov-Smirnov, y de Anderson Darling. En cada caso se determinaron las distribuciones que mejor ajustan los datos analizados, según cada uno de los tres criterios.

Para el procesamiento de la información se exportó ésta desde diferentes bases de datos a Excel, considerándose cada entidad federativa por separado; asimismo, se tomó en cuenta el número de casillas contenidas en cada distrito. El procesamiento se automatizó mediante el desarrollo de tres diferentes programas computacionales en el lenguaje de programación Visual Basic 6.0, el cual a su vez hizo repetidas interacciones con Microsoft Excel y @Risk 4.5. Un programa analizo el comportamiento por partidos (entidades / nacional), 5 distribuciones analizadas; otro se aplicó para el análisis por candidato (distritos / entidades / nacional), en donde se realizaron 160 distribuciones; y un último programa se empleó en el análisis por vecinos (casillas / distrito / entidades / nacional), 1500

distribuciones generadas. De esta manera, se eliminaron los errores humanos al momento de manipular las grandes cantidades de datos. Tomando en consideración los siguientes puntos a nivel candidatos, por partidos y por vecinos; para todos los años electorales:

Partidos:

- 1.- Para cada entidad federativa se extrajo el total de votos válidos por partido político y se normalizaron entre el total de votos de su respectiva entidad.
- 2.- Se tomaron en cuenta los votos normalizados de los partidos sobre cada estado y con ayuda del software @Risk 4.5 se ajustó el número de votos a la mejor función de distribución de probabilidad.
- 3.- Se eligió la información pertinente de las distribuciones Pareto, Pearson, Inversa Gauss y Exponencial del análisis y se exportaron a Excel.

Candidatos:

- 1.- Se consideró el número total de votos válidos de cada partido político por distrito y se normalizaron entre el total de votos de su respectivo distrito.
- 2.- Se tomaron en cuenta los votos normalizados de los 300 distritos y se buscó el mejor ajuste a una distribución de probabilidad con ayuda del software @Risk 4.5
- 3.- Se eligió la información pertinente de las distribuciones Pareto, Pearson, Inversa Gauss y Exponencial del análisis y se exportaron a Excel.

Vecinos:

- 1.- Para cada casilla se extrajeron los votos válidos de cada partido político, los cuales fueron normalizados por el total de votos de sus respectivas casillas.
- 2.- Se eliminaron los datos del número de votos igual a cero de los partidos que no recibieron votos.
- 3.- Se tomaron los votos normalizados sobre cada distrito y con ayuda del software @Risk 4.5 se ajustó el número de votos a la mejor función de distribución de probabilidad.

4.- Se eligió la información pertinente de las distribuciones Pareto, Pearson, Inversa Gauss y Exponencial del análisis, la cual se exportó a Excel.

Una vez obtenida la información se realizó un análisis para generar un modelo cuantitativo.

3.3 Resultados del análisis del comportamiento de la red de electores

3.3.1 Resultados del análisis estadístico

Se encontró una mayor relevancia en las distribuciones de colas pesadas, en particular se analizaron las distribuciones de probabilidad Pareto, Pearson, Inversa Gauss y la Exponencial; dichas distribuciones fueron las de mayor ajuste a los datos, sin embargo, la Exponencial y la Inv Gauss resultaron ser las de menor probabilidad de ajuste, mientras que la Pearson se detectó su ausencia en algunos distritos, siendo la Pareto coincidente como la distribución de mejor ajuste apareciendo en todos los análisis y obteniendo un buen valor de probabilidad. Así pues, el estudio principalmente se realizó sobre la distribución de probabilidad Pareto y al igual se obtuvo un apoyo de la distribución Pearson cuando fue pertinente. Con los resultados del análisis se modeló el comportamiento de los votos recibidos por cada participante.

Las distribuciones de votos a nivel candidatos, partidos y vecinos, se comportan como una distribución estable de cola pesada, asociada con una estructura fractal de la red de votantes.

3.3.2 Resultados estadísticos de la distribución Pearson

A nivel candidatos se obtuvo la información respectiva de la distribución Pearson dada por:

$$f(v) = \frac{1}{\beta \Gamma(\alpha)} \frac{e^{-\frac{v}{\beta}}}{\left(\frac{v}{\beta}\right)^{\alpha+1}} \quad (3.3)$$

donde $\alpha \cong 0.5306$ y $\beta \cong 0.0046$, ver tabla 3.2.

Tabla 3.2. Parámetros de la distribución Pearson de los votos entre candidatos.

años	α	β
1991	0,6343	0,0057
1994	0,5535	0,0044
1997	0,4953	0,0043
2000	0,4711	0,0058
2003	0,4990	0,0026
Promedio	0,5306	0,0046
DS	0,0653	0,0013

De igual manera se obtuvo la información respectiva de la distribución Pearson por Partidos. Donde $\alpha \cong 0.4511$ y $\beta \cong 0.002$ para la ecuación 3.3. Ver tabla 3.3.

Tabla 3.3. Parámetros de la distribución Pearson de los votos entre partidos.

años	α		β	
	Mediana	σ	Mediana	σ
1991	0.5227	0.0987	0.0026	0.0021
1994	0.4554	0.0826	0.0021	0.0016
1997	0.3712	0.1372	0.0016	0.0052
2000	0.5006	0.1372	0.0024	0.0021
2003	0.4057	0.0829	0.0013	0.0019
Promedio	0.4511	0.1077	0.0020	0.0026
DS	0.0633		0.0006	

En cuanto la distribución por vecinos, está tiene los siguientes parámetros: $\alpha \cong 0.5083$ y $\beta \cong 0.0061$, ver tabla 3.4.

Tabla 3.4. Parámetros de la distribución Pearson de los votos entre vecinos.

años	α		β	
	Mediana	σ	Mediana	σ
1991	0.5398	0.1191	0.0056	0.0047
1994	0.4873	0.0479	0.0042	0.0013
1997	0.5183	0.0734	0.0073	0.0048
2000	0.4690	0.1105	0.0075	0.0094
2003	0.5274	0.0759	0.0061	0.0045
Promedio	0.5083	0.0854	0.0061	0.0050
DS	0.0293		0.0013	

3.3.3 Resultados estadísticos de la distribución Pareto

Específicamente, se halló que el mejor ajuste de las distribuciones de votos entre los participantes (número de participantes que recibieron una fracción de votos v) en los tres niveles, es el de la distribución de Pareto:

$$N_v = \frac{\alpha M^\alpha}{v^{\alpha+1}}, \quad v \geq M, \quad (3.4)$$

donde $\alpha \geq 0$ es un exponente de escalamiento y M es la moda de distribución. Según el criterio Lévy, la ecuación (3.4) es estable cuando $0 \leq \alpha < 2$ [15]. En el caso de $\alpha > 0$, la distribución acumulativa es

$$F(V \leq v) = 1 - \left(\frac{M}{v}\right)^\alpha, \quad (3.5)$$

entonces, la fracción de los participantes que recibieron el porcentaje de votos mayor que v se comporta de acuerdo a una ley de potencia

$$P(V > v) = 1 - F(V \leq v) = \left(\frac{M}{v}\right)^\alpha, \quad (3.6)$$

lo que implica un comportamiento lineal en las coordenadas logarítmicas, ver figura 3.2, 3.3 y 3.4.

Un aspecto importante de este análisis es que los parámetros de la distribución de Pareto (3.5), obtenidos para diferentes elecciones, muestran sólo algunas pequeñas variaciones y el valor del exponente α es básicamente el mismo para todas las elecciones federales durante el periodo 1994 – 2003, ver tabla 3.5.

Al mismo tiempo, se aprecia la diferencia significativa entre los parámetros de distribuciones de votos por vecinos, candidatos y partidos ver figuras 3.2, 3.3, 3.4 y tabla 3.5.

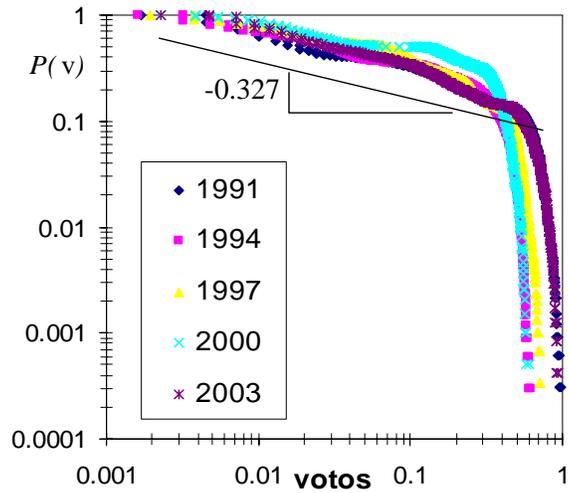


Figura 3.2. Distribución de los votos entre vecinos a diputados por mayoría relativa en las elecciones federales de 1991-2003.

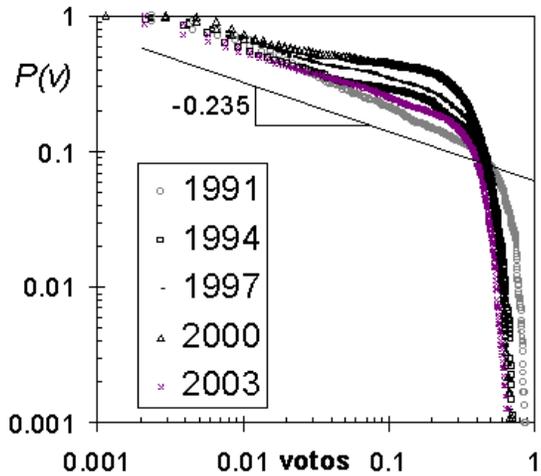


Figura 3.3. Distribución de los votos entre candidatos a diputados por mayoría relativa en las elecciones federales de 1991-2003.

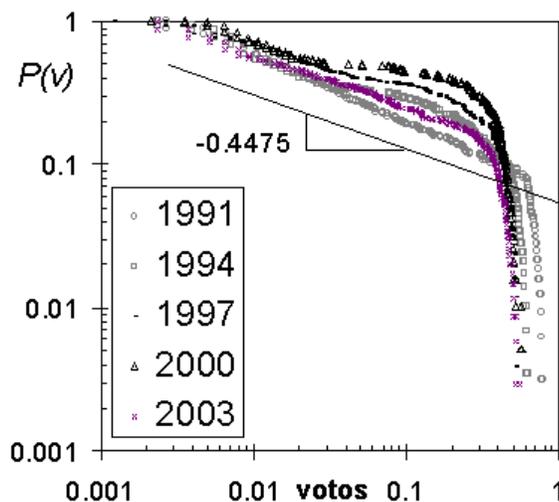


Figura 3.4. Distribución de los votos entre los partidos políticos en las elecciones federales de 1991-2003.

Tabla 3.5. Parámetros de la distribución de Pareto de los votos, por vecinos, candidatos y por partidos políticos a nivel federal.

Año	Vecinos		Candidatos		Partidos	
	Moda	α_v	Moda	α_c	Moda	α_p
1991	1.85E-03	0.339	1.24E-04	0.195	3.17E-03	0.49
1994	1.65E-03	0.3321	3.20E-04	0.232	3.12 E-03	0.475
1997	2.00E-03	0.3172	4.80E-04	0.24	2.85 E-03	0.408
2000	1.96E-03	0.2915	1.13E-03	0.265	6.16 E-03	0.466
2003	2.53E-03	0.3529	2.99E-04	0.243	2.163 E-03	0.433
Promedio	2.00E-03	3.27E-01	4.71E-04	2.35E-01	3.17E-03	4.54E-01
DS	0.000326246	0.023431026	0.000389601	0.02548529	#¡DIV/0!	0.033306156

De igual forma, para cada elección se realizó el mismo análisis en cada una de las entidades federativas; asimismo, para cada uno de los distritos electorales se analizaron las distribuciones de votos por candidatos en casillas.

Se observa que las distribuciones de los votos, entre partidos y en todas las entidades, se caracterizan por el mismo exponente α_p , ver figura 3.5 y tabla 3.6, el cual caracteriza la distribución de votos entre partidos a nivel federal.

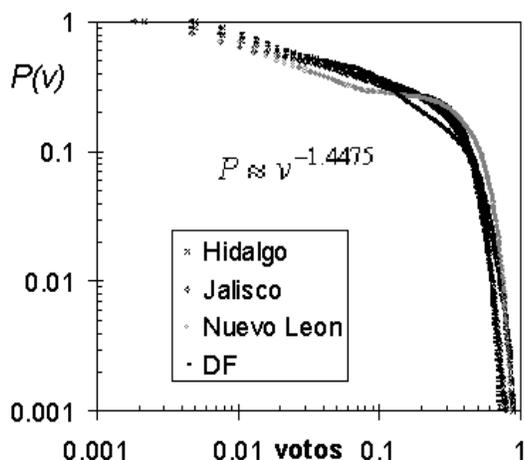


Figura 3.5. Distribución de los votos entre partidos en 4 entidades federativas, durante las elecciones federales de 2003.

Tabla 3.6. Mediana y desviación estándar (σ) de las distribuciones de exponente Pareto: α_p de las distribuciones de votos por partido en diferentes entidades y α_v de las distribuciones de votos en casillas para diferentes entidades (ver figura 3.6).

Año	α_p		α_v	
	Mediana	σ	Mediana	σ
1991	0.485	0.108	0.340	0.020
1994	0.471	0.093	0.334	0.013
1997	0.400	0.038	0.319	0.010
2000	0.463	0.051	0.292	0.009
2003	0.420	0.068	0.354	0.020
Promedio $\pm \sigma$	$\alpha_p = 0.45 \pm 0.04$		$\alpha_v = 0.33 \pm 0.02$	

Las distribuciones de votos en casillas de cada distrito también se comportan conforme a la distribución de Pareto, pero con diferente exponente α (ver figuras 3.2 y; tabla 3.5).

Así pues, los resultados muestran que la red electoral en México se distingue por 3 exponentes, los cuales caracterizan las distribuciones de votos entre candidatos $\alpha_c = 0.24 \pm 0.04$, y entre partidos $\alpha_p = 0.45 \pm 0.04$; así como distribución de votos por vecinos $\alpha_v = 0.33 \pm 0.02$. Es importante destacar que los valores de estos exponentes son prácticamente los mismos para todas las casillas, todos los distritos, todas las entidades y todas las elecciones.

3.3.4 Comparación de los exponentes Pareto y Pearson

En las distribuciones Pareto y Pearson se observa una gran similitud del exponente, lo cual sirve de gran apoyo como prueba para cerciorarse de que no existen errores de tipo lógico. Se hace notar una diferencia en el orden de las magnitudes en los exponentes Pareto y Pearson por candidatos de 10^{-1} , por partidos de orden 10^{-2} y de orden 10^{-1} por vecinos, ver tablas 3.7, 3.8 y 3.9.

Tabla3.7. Parámetros de la distribución Pareto y Pearson por candidatos

años	Pareto α	Pearson α	Diferencia
1991	0.1950	0.6343	0.4393
1994	0.2315	0.5535	0.3220
1997	0.2401	0.4953	0.2552
2000	0.2654	0.4711	0.2057
2003	0.2435	0.4990	0.2554

Tabla 3.8. Parámetros de la distribución Pareto y Pearson por partidos

años	Pareto α	Pearson α	Diferencia
1991	0.4851	0.5227	0.0376
1994	0.4707	0.4554	0.0153
1997	0.3997	0.3712	0.0285
2000	0.4626	0.5006	0.0380
2003	0.4196	0.4057	0.0139

Tabla3.9. Parámetros de la distribución Pareto y Pearson por vecinos

años	Pareto α	Pearson α	Diferencia
1991	0.3400	0.5398	0.1998
1994	0.3338	0.4873	0.1535
1997	0.3192	0.5183	0.1991
2000	0.2919	0.4690	0.1771
2003	0.3541	0.5274	0.1733

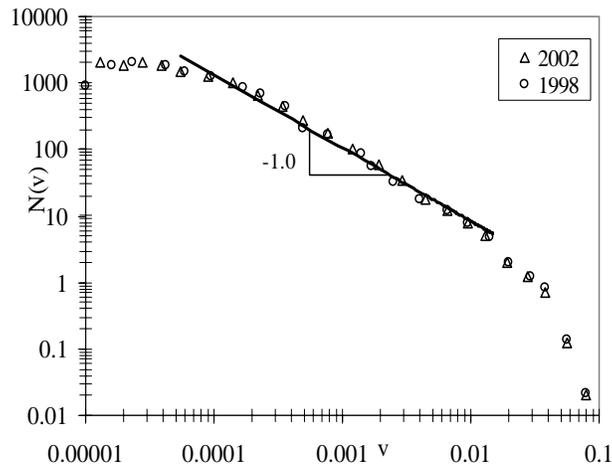
3.3.5 Comparacion por país

En la tabla 3.10 se resalta el valor del exponente Pareto para los países de Brasil [39], Indonesia[40], Suecia [41] y México; en la figura 3.6 se observa el comportamiento de la ley de potencia de dichos países.

Tabla 3.10. Valor del exponente Pareto en los diferentes países.

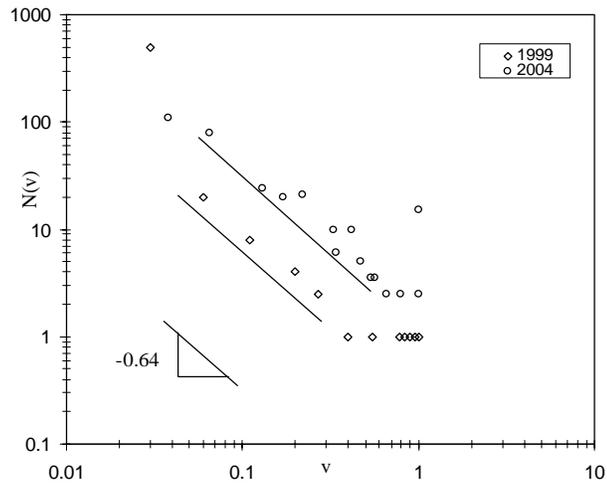
México	Brasil [38]	Suecia[39]	Indonesia [40]
0.4475	1	0.957	0.65

a)



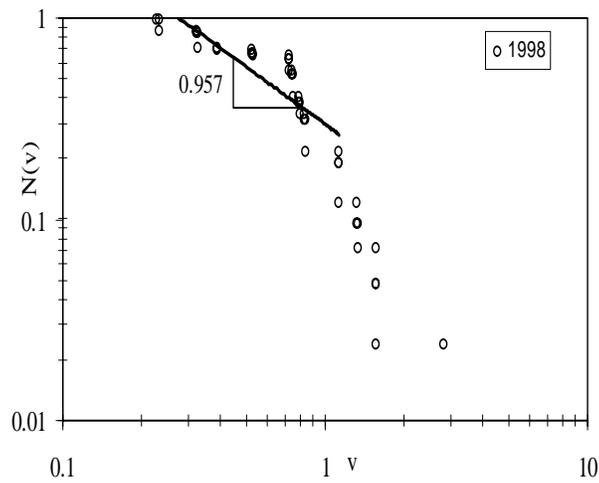
Elecciones de Brasil: Distribución de votos para diputados federales[39].

b)



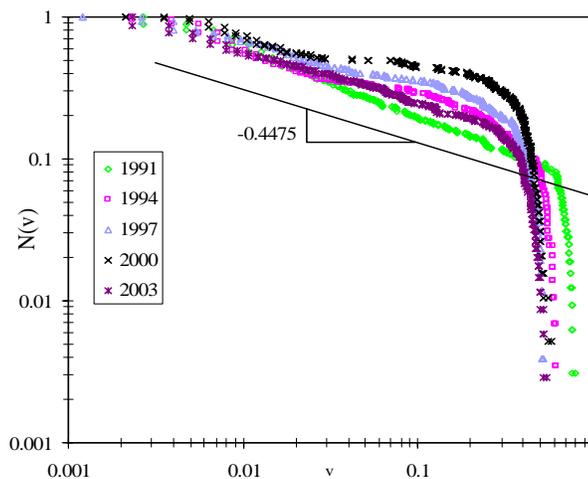
Elecciones de Indonesia: Distribución de votos para House of Representative, DPR. [40]

c)



Elecciones de Suecia: Distribución de votos para cancilleres [41].

d)



Elecciones de México: Distribución de votos para diputados federales

Figura 3.6. Distribución de votos de algunos países.

Tabla 3.11. Parámetros de las redes electorales en diferentes países

	<i>Indonesia</i>	<i>India</i>	<i>México</i>			<i>Brasil</i>	<i>Suecia</i>
	<i>Nacional</i>	<i>Nacional</i>	<i>Nacional</i>	<i>Vecinos</i>	<i>Partidos</i>	<i>Nacional</i>	<i>Nacional</i>
Alpha	1.41	1.32	1.24	1.33	1.45	1.00	0.96
Gamma	3.44	4.13	5.17	4.03	3.22	No es una red fractal	
D_F	6.56	4	4	4	11	No es una red fractal	

Fuente: Grupo Interdisciplinario "Mecánica Fractal" del IPN

Los resultados presentados en la Tabla 3.11 y en la figura 3.6 indican que la red electoral en México es jerárquica y caracterizada por tres niveles (militantes de partidos, vecinos, electores) con diferentes conectividades: la más conectada es la red de militantes de partidos, le sigue la red de vecinos de un distrito electoral y la menos conectada es la red de electores a nivel nacional. Otro resultado es que electores en Indonesia e India a nivel Nacional están mas conectados que en México, al igual que las Redes de electores en Brasil y Suecia pero no puede ser modeladas como una red fractal.

3.4 Metodología del análisis por partidos políticos

ENTRADAS.- Son los elementos que alimentarán nuestro sistema:

- Datos históricos proporcionados por el IFE.

TRANSFORMACIÓN.-Son los procesos a los que se someten las entradas para obtener las salidas, en éste caso los datos fueron procesados con el software estadístico @Risck generando ajustes a diferentes distribuciones estadísticas del comportamiento estadístico de diferentes partidos políticos en la elección de DFMR

SALIDAS.- Son los resultados a los que queremos llegar con la implementación del sistema:

- Comportamiento estadístico de algunos partidos políticos.

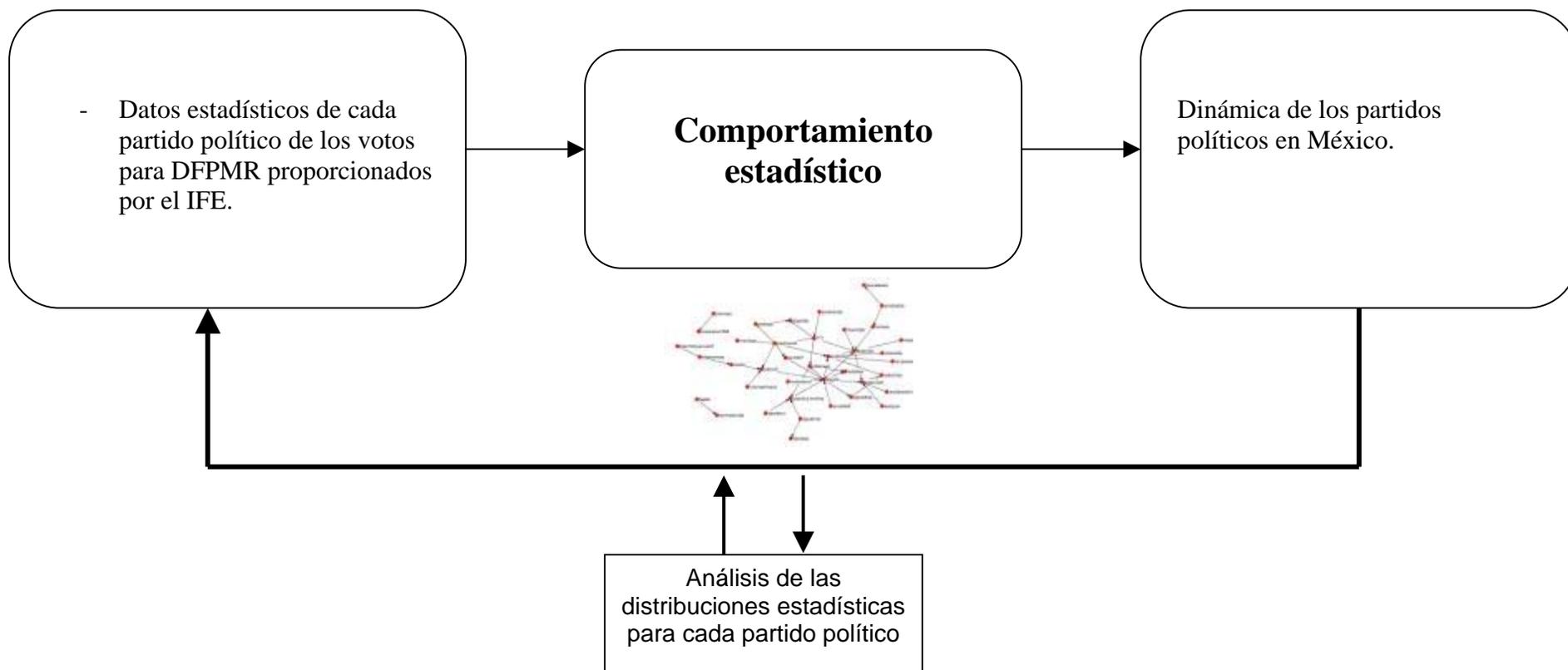
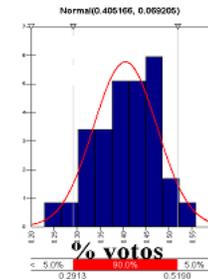
RETROALIMENTACIÓN.- Se obtienen elementos para eficientar la operación, dando lugar a los CONTROLES:

- El control se hizo en el análisis de los datos transformados, escogiendo la mejor distribución estadística,

Dicho control ayudo a tener la información adecuada para vigilar que los procesos de transformación funcionen adecuadamente y, en su defecto, puedan ser mejorados para cumplir los objetivos.



PROCESO CIBERNÉTICO DEL SISTEMA DE DIFERENTES PARTIDOS POLÍTICOS PARA DFPMR



3.5 Comportamiento estadístico de algunos partidos políticos

Las teorías sobre el comportamiento de los partidos políticos siguen proliferando. Esta creatividad es recomendable. Lamentablemente, la variedad de la aplicación sigue siendo muy limitada.

En esta sección se analizan las pruebas de varias hipótesis sobre la distribución de los datos históricos presentados por distintos partidos políticos en la cámara de diputados.

El siguiente análisis se realizó sobre los partidos políticos participantes en las elecciones federales de los años electorales (1991 – 2003). Considerándose las 32 entidades federativas de la república mexicana.

Para el procesamiento de la información se exportó ésta desde diferentes bases de datos a Excel, tomando cada entidad federativa por separado, se tomó el porcentaje de los votos válidos de cada partido político por entidad federativa y con ayuda de un programa realizado en Visual Basic (ver anexo B) y el software @Risk 4.5 se analizaron las distribuciones pertinentes de los porcentajes de votos de cada partido político.

Cada partido político muestra propiedades distintas.

El Partido Acción Nacional (PAN) muestra una distribución normal con media creciente, lo cual muestra una tendencia a ganar simpatizantes con el paso del tiempo. En la tabla 3.12 se muestran los parámetros de ajuste de los votos a la distribución normal y logistic. Y en la figura 3.8 se observa gráficamente la distribución de votos del PAN en el 2000.

Tabla 3.12 Media y desviación estandar de las distribuciones normal y logistic para el porcentaje de votos del PAN

PAN	NORMAL		LOGIST	
	μ	σ	α	β
1991	0.16858129	1.09E-01	0.16170696	6.31E-02
1994	0.24997921	9.32E-02	0.25156171	5.34E-02
1997	0.26367616	0.12417838	Extremal Value	
2000	0.42188429	0.1051081	0.42965993	6.06E-02
2003	0.30173375	0.11728014	0.30899436	6.87E-02

En la figura 3.7 se observa buena presencia electoral en las entidades federativas misma que en la tabla 3.12 se observa un crecimiento en el promedio de los votos.

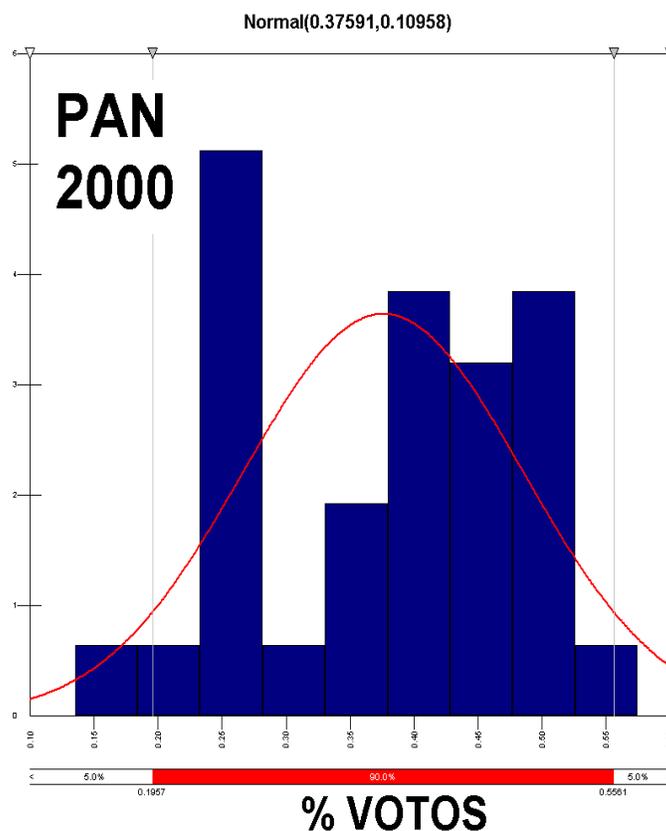


Figura 3.7. Gráfica de la distribución de votos para el PAN en el 2000 en las diferentes entidades federativas.

El Partido Revolucionario Institucional (PRI) muestra una distribución normal (figura 3.9) con media decreciente, lo cual muestra una tendencia a perder simpatizantes con el paso del tiempo. Sin embargo sigue permaneciendo fuerte como partido nacional., ya que la distribución de sus simpatizantes sigue siendo normal con una media aceptable. En la tabla 3.13 se muestran los parámetros de ajuste de los votos a la distribución normal y logistic. Y en la figura 3.8 se observa gráficamente la distribución de votos del PRI en el 2000.

Tabla 3.13 Media y desviación estandar de las distribuciones normal y logistic para el porcentaje de votos del PRI

PRI	NORMAL		LOGIST	
	μ	σ	α	β
1991	0.65783	0.08443	0.66466	0.04677
1994	0.53195	0.05297	0.53321	0.03030
1997	0.42993	0.06816	0.43379	0.03947
2000	0.39320	0.07339	0.39012	0.03743
2003	0.38308	0.10884	0.39157	0.06030

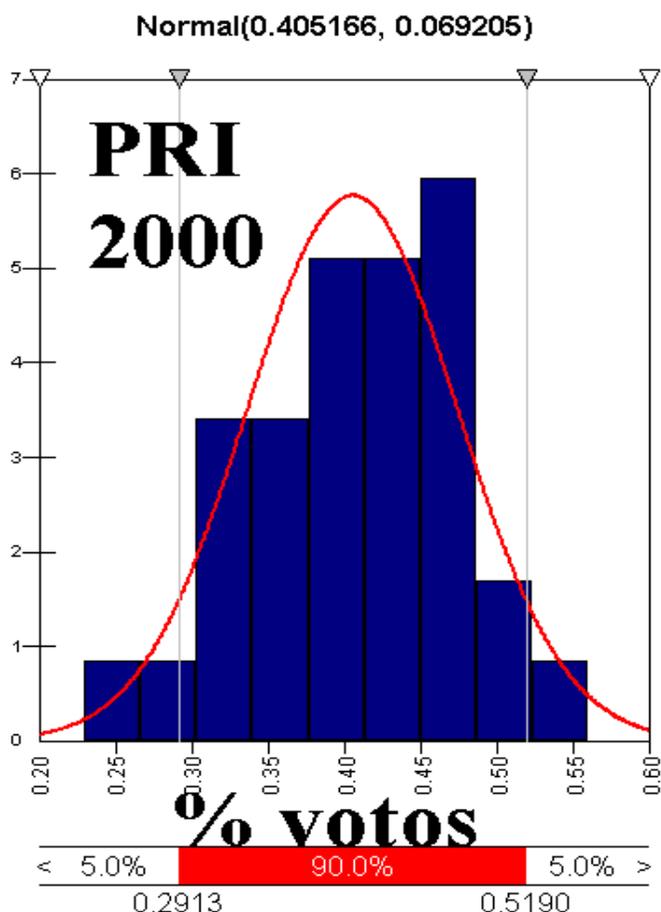


Figura 3.8. Gráfica de la distribución de votos para el PRI en el 2000 en las diferentes entidades federativas.

A diferencia de estos dos partidos, el Partido de la Revolución Democrática (PRD) muestra una distribución Log – Logistic (distribución de cola pesada), es decir, no tiene presencia de electores en varias entidades federativas (figura 3.9), por lo que significa que a diferencia del PRI y PAN, el PRD tiende a desaparecer con el paso del tiempo. En la tabla 3.14 se muestran los parámetros de ajuste de los votos a la distribución normal y logistic. Y en la figura 3.8 se observa gráficamente la distribución de votos del PRD en el 2003.

Tabla 3.14 Parámetros de las distribuciones loglogistic y pearson para el porcentaje de votos del PRD

PRD	LogLogistic			Pearson		
	α	β	γ	α	β	Shift
1991	2.16763	0.05799	-0.00412	3.44044	0.24419	-0.02449
1994	3.14896	0.15132	-0.02068	8.41178	1.86100	-0.09826
1997	3.95097	0.26694	-0.06311	19.24069	9.14001	-0.27585
2000	2.14684	0.10690	0.02734	4.58456	0.69437	-0.02743
2003	1.76155	0.10519	0.01406	2.58234	0.32480	-0.02369

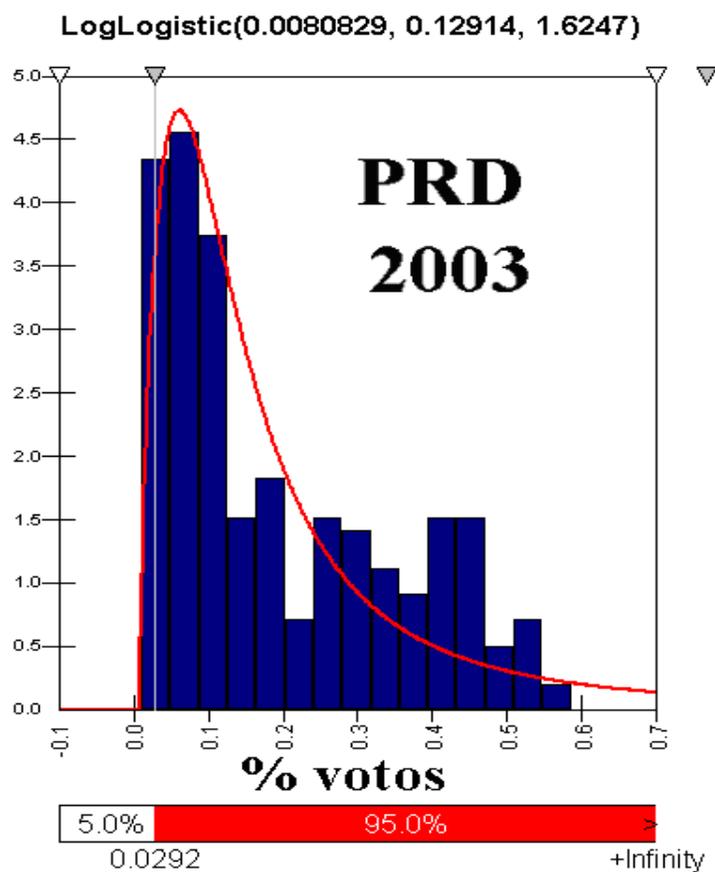


Figura 3.9. Gráfica de la distribución de votos para el PRD en el 2003 en las diferentes entidades federativas.

CAPÍTULO 4

MODELACIÓN FRACTAL DE LA RED DE ELECTORES Y DE PARTIDOS POLÍTICOS

CAPÍTULO 4

MODELACIÓN FRACTAL DE LA RED DE ELECTORES Y DE PARTIDOS POLÍTICOS

4.1 Modelo Fractal de la red de electores en México

La elección de los ciudadanos al momento de emitir su voto tiene la misma tendencia. Más aún, se ha visto de forma analítica que la ley de potencia indica la generalidad de un modelo social y es persistente alrededor de los pequeños sistemas gubernamentales [42-45]. La sorprendente similitud en las distribuciones de votos en todos los estados, a pesar de las enormes diferencias económicas y sociales entre las regiones del país, así como la similitud en distribución de votos en diferentes elecciones, son una señal del mecanismo común que existe en el proceso de toma de decisiones.

Anteriormente, en el análisis estadístico de las elecciones realizadas en Brasil [46, 47], Indonesia [48], Suecia [49] e India [50] se demostró que la distribución de los votos entre los candidatos se comporta conforme a una ley de potencia (3.6), pero con diferentes exponentes α_p (presentados en la tabla 4.1). Cabe señalar que en los trabajos mencionados [46-50] no se analizaron las distribuciones de los votos entre partidos y vecinos, debido a que los sistemas electorales en los países analizados son diferentes, en relación a México.

Tabla 4.1. Exponente $\theta = \alpha_c + 1$ para la distribución de votos entre candidatos para elecciones de diferentes países.

Indonesia	India	México	Brasil	Suecia
1.41	1.32	1.24	1.00	0.96

Los autores [50] realizaron simulaciones numéricas de las elecciones, basadas en el modelo Sznajd de una red pseudofractal, el cual reproduce la distribución de ley de potencia (3.5). Se establece que las diferencias en las simulaciones Sznajd sobre las redes pseudofractales de las elecciones efectuadas en India y Brasil se deben principalmente al número de candidatos considerados en cada una. En Brasil el número de candidatos es casi el 0.005% de los nodos de la malla, mientras que para el formador es 0.01%. El punto fijado (consenso) se alcanza más rápido conforme es mayor la densidad de los candidatos.

Por otra parte, se aprecia que muchas redes sociales comparten dos propiedades genéricas: son ajenas a una sola escala característica (libre escala) y despliegan

un alto grado de agrupación. Estas dos características son consecuencia de una organización jerárquica, implicando que los pequeños grupos de nodos se organizan de una forma jerárquica en grupos más grandes, mientras se conserve una topología de libre escala. En una red de libre escala, el grado probable de los diversos nodos sigue una distribución de ley de potencia [51]:

$$P(k) = ck^{-\gamma} \text{ para } k_0 \leq k \leq K \tag{4.1}$$

donde c es un factor apropiado de normalización, γ es el exponente de la distribución de conexiones, k_0 es el grado mínimo de cualquier nodo dado, y el grado de corte K depende del tamaño de la red N como $K = k_0 N^{1/(\gamma-1)}$ [49]. De acuerdo a esto, un mayor valor de γ conduce una conexión insignificante de la red.

Para una red fractal, γ es relacionada al exponente de la distribución (3.5) como [52]

$$\gamma = 1 + \frac{1}{\alpha} \tag{4.2}$$

Además, si $3 < \gamma \leq 4$, la dimensión fractal de una red libre de escala, D_F , es relacionada con γ como [51]:

$$D_F = 2 \frac{\gamma - 2}{\gamma - 3}, \text{ y, por lo tanto, } D_F = 2 \frac{1 - \alpha}{1 - 2\alpha}, \tag{4.3}$$

mientras que para el caso de $\gamma > 4$ la dimensión fractal de la red tiene un valor universal de $D_F = 4$ [51].

Con base a lo anterior, la diferencia en los valores del exponente de Pareto para la distribución de votos (en diferentes países) puede ser atribuida a la diferencia en la dimensión fractal (ver tabla 4.2).

Tabla 4.2. Exponente de conectividad y dimensión fractal de las redes electorales en diferentes países.

	Indonesia	India	México		
			Candidatos	Vecinos	Partidos
γ	3.44	4.13	5.17	4.03	3.22
D_F	6.56	4	4	4	11

Debería ser señalado que la red de votacion en México está caracterizada por diferentes exponentes de conectividad en la escala local (vecindad) y en la escala global (estado, federación). Esto es facil de comprender si se considera que los votantes vecinos están menos conectados que en el caso de los votantes en la red global. Se aprecia que los votantes mexicanos están menos conectados que los de India e Indonesia (ver tabla 4.1).

Asimismo, se encontró que la red electoral mexicana está caracterizada por dos dimensiones fractales: la universal, $D_F = 4$, y la dimensión fractal de los votos a los partidos de la red, $D_F = 11$. La dimensión fractal más grande de los votos indica la fuerte disciplina en las organizaciones partidistas, lo que conduce a votaciones determinísticas de los miembros de los partidos (efecto del voto duro).

4.2 Dinámica de los partidos políticos en México

Históricamente se muestra una tendencia de los partidos políticos a desaparecer cuando el exponente α de la distribución de votos de cada partido en las diferentes entidades federativas ajustada a la distribución log – logistic es menor a 2, ver tabla 4.3, cabe destacar que no es un echo contundente para afirmar la desaparición de algún partido político en años posteriores, sin embargo se observan tendencias y una mayor posibilidad a susodicho evento. Analizando la información el PAN al igual que el PRI muestran no tener un comportamiento en su distribución de cola pesada, es decir no muestran ausencia de votantes en la mayoría de las entidades federativas; al PRD por el contrario no le favoreció la coalición en el 2000 con el PT, PAS, Convergencia y PSN ya que su exponente

Tabla 4.3. Exponente alfa de la distribución LogLogistic para diferentes partidos políticos a nivel nacional de 1991 a 2003

Partidos	1991	1994	1997	2000	2003
PAN	2.5574092		8.15291351		
PRI					
PRD	2.16762607	3.14895649	3.95096722	2.28320206	1.76154658
PT	1.52660395	2.19990464	1.88671501		2.75
PVEM	1.81160048	2.28580805	1.94473421		3.65
Converge					1.37
PSN					1.62
PAS					1.7
MP					2.77
PLM					1.7
Fuerza C					3.43088002
PCD				2.26204657	
PARM	2.21551041	2.11091895		3.00393263	
DSPPN				2.06314052	
PC			2.24674786		
PPS	2.55840603	3.59167544	2.28546195		
PDM	1.81601489		1.73776285		
PFCRN	2.38924641	2.38299652			
UNO_PDM		1.84201821			
PRT	1.27572717				

dio una tendencia a la baja, indicando poco a poco la desaparición de simpatizantes en las entidades federativas, rebasando el límite de 2.0 en 2003 por

lo que tiene una tendencia a desaparecer. Por el contrario el PT fue favorecido en la coalición ya que en el 2003 dio reflejado un exponente alfa igual a 2.75 lo cual indica a diferencia de años pasados un crecimiento de sus simpatizantes poniéndose para años posteriores como candidato a ser un partido nacional. El PVEM muestra un crecimiento del exponente alfa desde 1991 a 2003 trabajando en coalición con el PAN en el 2000 y con el PRI en el 2003, favoreciéndolo positivamente y ganando terreno a convertirse en un partido nacional. La suerte de los pequeños partidos tales como PSN, PAS, MP, PLM no se mostró favorable

Por otra parte, se muestra el crecimiento de simpatizantes del PAN con exponente 0.2258 y un decrecimiento de los mismos para el PRI, por lo que si siguen éstas tendencias para el 2012 el PAN habrá obtenido el 34% de los votos mientras que el PRI obtendrá el 33%.

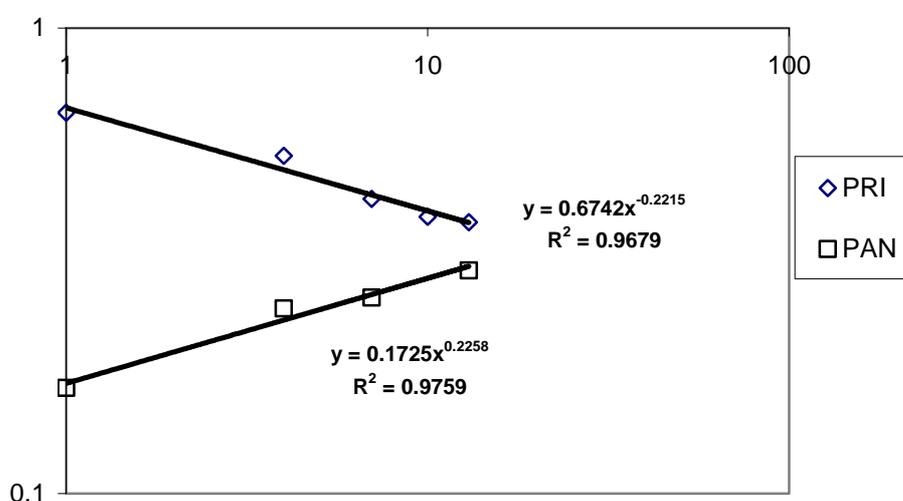


Figura 4.1. Ajuste de votos obtenidos para el PRI y PAN

GANADOR

En la tabla 4.4 se muestran las diferentes medidas de tendencia central de los porcentajes de votos con los que se gana en cada estado y en cada elección. Lo cual muestra que cada vez se gana con menos cantidad de simpatizantes

Tabla 4.4. Medidas de tendencia central para el ganador de las elecciones de 1991 a 2003 en las entidades federativas.

Ganador	GANADOR	DS	Mean	Median	Mode
1991	Logist α 0.66466 β 0.04677	0.08443	0.65783	0.66458	0.63144 [est]
1994	Normal μ 0.53195 σ 0.05297	0.05297	0.53195	0.53671	0.50770 [est]
1997	Normal μ 0.45298 σ 0.04512	0.04512	0.45298	0.45366	0.50205 [est]
2000	Logist α 0.46823 β 0.03471	0.06465	0.47199	0.46710	0.44441 [est]
2003	Normal μ 0.44077 σ 0.05407	0.05407	0.44077	0.44356	0.44008 [est]

Es decir, mientras en 1991 el partido triunfador obtenía el 65% de los votos en promedio, para las elecciones de 2003 el partido triunfador obtuvo el 44%, dándose una disminución de forma exponencial de los mismos (figura 4.1).

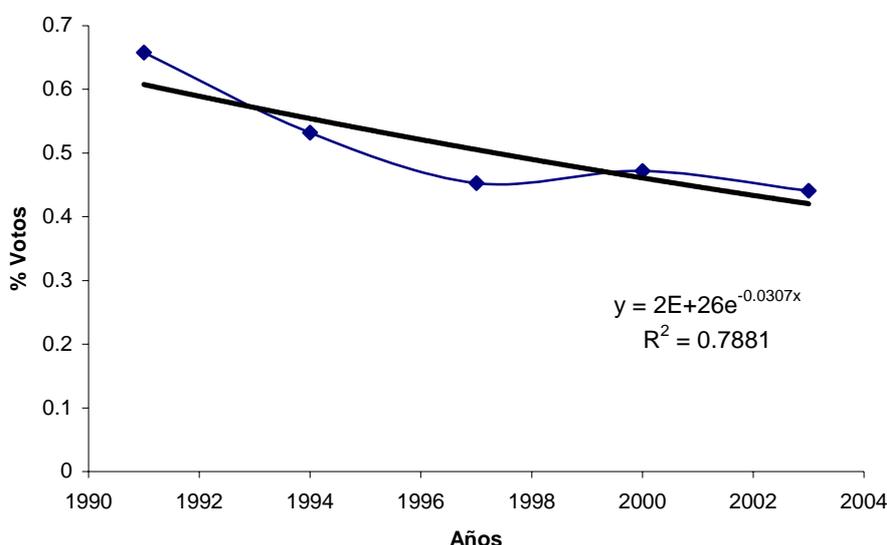


Figura 4.2 Porcentaje de votos obtenido por el ganador en los años electorales de 1991 a 2003.

4.3 Modelo de dinámica de opinión y votaciones en México

¿Ha estado decepcionado alguna vez usted por un político de su partido favorito que usted cambió su opinión política y decide al candidato de otro partido? ¿Ha hablado alguna vez usted con un amigo o un vecino y después de la conversación adoptó el su opinión política general - o usted votó diferentemente? ¿Sólo cuánto recuerda usted hechos políticos? ¿Un día? ¿Un mes? ¿Un año?.

De todos modos, el votante promedio recuerda hechos políticos importantes y decisiones gubernamentales durante aproximadamente 3 meses. Si ella o él están políticamente interesados, seis meses. Casi nunca más tiempo. Lo que pasaría si un votante cambia su opinión casi al instante, al día. Imagine, si todos y cada votante va para una conversación con 4 vecinos y después de la conversación adopta su opinión política, cada día. La pregunta es: ¿Se podría predecir el resultado de un comportamiento tan de masas? ¿Cuál podría ser un comportamiento del sistema emergente de tal población de memoria a corto plazo?

Se ha observado que la red de votantes en México preserva propiedades fractales, por lo que la construcción del modelo va enfocado a un modelo de Sznajd (secciones 2.4 a la 2.7), y además se puede comparar con una red de libre-escala (la red de Barabási-Albert) (sección 2.7). En donde los parámetro predominantes son los mostrados en la tabla 3.11.

En el apartado 2.4.3 se da la base para la creación de la interacción de los nodos en una red pseudo-fractal, descrita en la ecuación 2.12 y 2.13. Y en la sección 2.7 se muestra la construcción de la red de Barabási junto con la ecuación 2.15, aunque se enfatiza para la red de votantes en México un modelo pseudo-fractal (apartado 4.1).

4.4 Predicciones de resultados de elecciones federales de 2006

Se ha visto de forma analítica que la tendencia de los electores al momento de emitir su voto preserva una ley de potencia, indicando la generalidad de un modelo social y es persistente alrededor de los diferentes sistemas gubernamentales, independiente de las situaciones económicas, culturales y sociales entre las regiones del país, lo que señala la existencia de un proceso para la toma de decisiones.

En este estudio los resultados de elecciones de diputados federales en México son analizados y considerados como una función de respuesta de un sistema social, cuya dinámica subyacente conduce a un comportamiento complejo.

El modelo muestra que la distribución de votos, por entidades federativas y partidos políticos, en la cámara de diputados no cambiará significativamente en el 2006 en comparación con el 2003. Los partidos dominantes seguirán siendo el PRI y el PAN y sus resultados serán similares al de pasados procesos electorales en 2003. Ha de reafirmarse que no se predica ninguna ideología, sino modelos matemáticos. En cambio, la suerte de pequeños partidos y del PRD se ve menos favorable (apartado 3.3 y tabla 4.3), con una excepción para el PT que muestra una persistente tendencia a convertirse en un partido nacional (tabla 4.3). Aun cuando el porcentaje de votación para el PRD se mantiene más o menos estable, el comportamiento de la distribución de sus simpatizantes indica una clara localización de votos en pocas entidades con desviación estándar teórica infinita

Estamos convencido de que estos modelos fractales pueden ser de gran utilidad no sólo para los partidos políticos, sino para las autoridades electorales que podrán articular estrategias para combatir el abstencionismo y detectar posibles anomalías electorales.

Por otro lado, los modelos desarrollados en ésta tesis en teoría permiten predecir los resultados de diferentes acciones políticas, lo que puede utilizarse por partidos políticos para la toma de decisiones y afinación de sus estrategias de campaña electoral. Sin embargo, al momento no se ha hecho uso de los modelos antes mencionados y solo se interpretan los datos estadísticos analizados.

Es conveniente recordar que los estudios de opinión pública mediante encuestas políticas, son válidos y útiles en la medida en que se usan correctamente las técnicas de investigación más apropiadas, de acuerdo a los objetivos que se persigue con cada estudio. Como consecuencia de lo anterior, no se puede

quedar indiferentes ante el uso poco riguroso que se hace de estas técnicas en épocas electorales, y que, como consecuencia de lo anterior, provoque un desprestigio generalizado que afecte la credibilidad de los estudios de opinión pública, que hoy en día son una buena herramienta para apoyar la toma de decisiones disminuyendo el riesgo implícito en ello.

A vía de ilustración, una encuesta predictiva debe tomar en cuenta los radicales cambios producidos en el comportamiento electoral de los mexicanos, que se expresan por ejemplo, en el incremento del voto nulo y la abstención y la tendencia de una parte cada vez mayor del electorado a retardar su decisión de voto.

Esto determina que, mientras más lejana del día de la elección, menor es el valor predictivo de una encuesta y esta es la razón principal de posponer un modelo dinámico para la proyección de los posibles resultados electorales en el 2006. Además de considerar los cambios en el comportamiento del electorado, la encuesta debe guiarse por un conjunto de normas técnicas que se tienen que respetar rigurosamente, previniendo el riesgo de producir resultados poco confiables.

Así mismo se hará uso de la programación computacional para el desarrollo de un software en donde se usarán dos principios

- 1) El modelo de votantes en urnas electorales realizado en ésta tesis y
- 2) Uso de encuestas políticas de opinión pública.

La finalidad es obtener un modelo dinámico de mayor precisión en la predicción de resultados.

La siguiente figura muestra con dos gráficas la simulación de la participación de tres partidos políticos cualesquiera elaborado con el software NetLogo 2.1.0 [53]. En la grafica de la izquierda se muestra el porcentaje de votos obtenido por cada partido en cierto porcentaje de tiempo. Mientras que la gráfica de la derecha simula una red de formación de opinión mostrado con diversas tonalidades las diversas preferencias políticas.

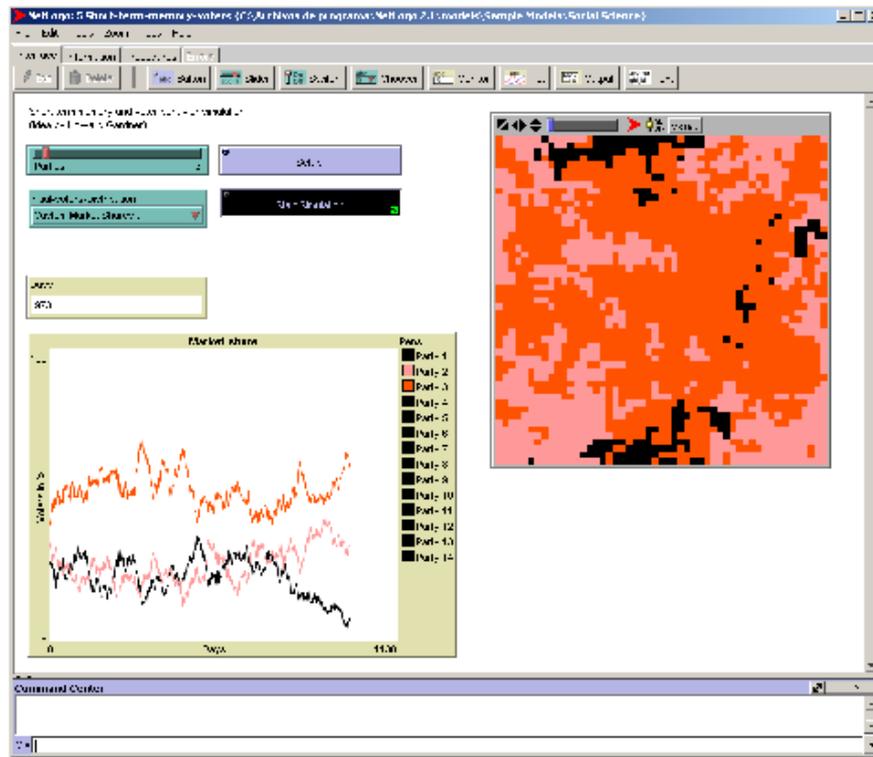


Figura 4.3. Simulación del progreso de participación de tres partidos políticos con el software NetLogo 2.1.0.

CONCLUSIONES

Dentro del contexto de los sistemas complejos hemos discutido aquí cómo los fenómenos colectivos emergentes vienen condicionados por la red de interacciones sociales. Esa red caracterizada por una dimensión fractal de 4 a nivel nacional, 4 por vecinos y 11 por partidos, es la estructura social que da soporte al fenómeno, y es a su vez una estructura compleja que es distinta por igual de una red ordenada o de una red aleatoria.

De entre un amplio rango de sistemas dinámicos complejos hay dos problemas clásicos en el área de los sistemas democráticos, a saber, formación de opinión y procesos de votaciones, los cuales son esenciales para la calidad de la democracia. Las elecciones son procesos en donde muchos individuos interactúan mutuamente. Estos son procesos dinámicos de convencimiento, en los cuales se tiene simultáneamente la interacción entre vecinos e influencia externa (publicidad política, campañas, etcétera). Los individuos pueden votar directamente por los candidatos o por el partido (voto duro).

Los votantes no son completamente libres en el régimen democrático, ya que las preferencias individuales depende mucho de la selección de las redes sociales en donde el votante se encuentra inmerso. No obstante, esto es natural para el ser humano, debido a las diferentes identidades sociales que pueden resultar en tensiones sociales; por lo que lo microsociales es atractivo para reducir las tensiones, a través del ajuste de las preferencias políticas o de las corrientes ideológicas.

La arquitectura jerárquica de la red de votantes ofrece una nueva perspectiva en el análisis, modelado y predicción de las elecciones.

En la investigación se resalta el hecho que en el modelado de los sistemas sociales y políticos no hay una verdad absoluta, pero a cambio se enfatizan algunas tendencias básicas dentro de situaciones muy complejas.

TRABAJOS FUTUROS

Con las bases dadas del modelo para el sistema electoral mexicano se pretende obtener un software para la simulación de posibles escenarios probabilísticos, basándose en información histórica e información externa (encuestas) para complementar el modelo de una forma dinámica.

También parece interesante considerar que los distintos agentes tengan un mecanismo de interacción más complejo que la pura imitación y que pueda incluir mecanismos de optimización o características psicológicas individuales.

REFERENCIAS

- [1] A. Balankin, *Fractal Behavior of Complex Systems*, Científica, V. 7, No. 3, pp. 109-128 (2003).
- [2] S. Galam, *Application of Statistical Physics to Politics*, arXiv:cond-mat/0004306 (2000).
- [3] W. Weidlich, *Modeling Complexity in Economic and Social Systems*, ed. F. Schweitzer (World Scientific Singapore, 2002).
- [4] W. Weidlich, *Sociodynamics: A Systematic Approach to Mathematical Modeling in the Social Sciences* (Harwood Academic Publishers, 2000).
- [5] N. Schofield and R. Parks, *Nash Equilibrium in a Spatial Model of Coalition Bargaining*, *Mathematical Social Sciences*, V. 39, pp. 133-174. (2000).
- [6] J. Adams and S. Merrill, *Modeling Party Strategies and Policy Representation in Multiparty Elections: Why Are Strategies So Extreme?*, *American Journal of Political Science*, V. 43, pp. 765-791 (1999).
- [7] D. Stauffer, *Sosiophysics Simulations*, *Computing In Science & Engineering*, No. 3, pp 71-75 (2003).
- [8] S. Wasserman and K. Faust, *Social Network Analysis* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1994).
- [9] J. M. López, *Dinámica de la opinión pública en redes sociales de influencia*, *Revista Española de Física*, V. 16, No. 5, pp. 59-62 (2002).
- [10] M. E. J. Newman, in *Handbook of Graphs and Networks: from the Genome to the Internet*, edited by S. Bornholdt and H. G. Schuster (Wiley-VCH, Berlin, 2003).
- [11] S. N. Dorogovtsev and J. F. F. Mendes, *Evolution of networks: From biological nets to the Internet and WWW* (Oxford University Press, Oxford, 2003).
- [12] P. Bak, *How Nature Works: The Science of Self-Organised Criticality* (New York, NY: Copernicus Press, 1996).

- [13] A. S. Balankin , O. Morales M., E. Gálvez M., A. Pérez A., *Crossover from antipersistent to persistent behaviour in time series possessing the generalized dynamic scaling law*, Review, Ser. E , V. 69, No. 3 (2004).
- [14] José F. Fernández Santillán, *La democracia como forma de gobierno*, Cuadernos de Divulgación de la Cultura Democrática, No.3.
- [15] Norberto Bobbio, *El futuro de la democracia*, Fondo de Cultura Económica, México.
- [16] www.ife.org.mx
- [17] Maxi San Miguel, Raúl Toral y Víctor M. Eguíluz; *Redes Complejas en la Dinámica Social*; Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA), CSIC-UIBE. Mateu Orfila, Campus Universitat Illes Balears, 07122-Palma de Mallorca.
- [18] J.M. Sakoda, *J. Math. Sociol.* 1, 119 (1971); T. Schelling, *J. Math. Sociol.* 1, 143 (1971); E. Callen and D. Shapero, *Phys. Today* July 1974, W. Weidlich: *Sociodynamics; A Systematic Approach to Mathematical Modelling in the Social Sciences*. Harwood Academic Publishers, 2000.
- [19] J. P. Bouchaud. *Power – laws in economy and finance: some ideas from physics*; arXiv:cond – mat/0008103, 2000.
- [20] A.W. Campbell & A.C. MacKinlay. *The econometrics of Financial Markets*; Princeton University Press, Princeton, 1997.
- [21] Blass, T. (1992). *The social psychology of Stanley Milgram*. In M. P. Zanna (Eds.), *Advances in Experimental Social Psychology* (Vol. 25) (pp. 277-329). Academic Press, Inc.
- [22] Duncan Watts and Steven Strogatz. *Collective dynamics of small world networks*. *Natur*.
- [23] A. Barabasi, *Linked: The new science of networks* (Perseus, Cambridge, 2002).
- [24] R. Gunther, L. Levitin, B. Shapiro, P. Wagner (1996), "Zipf's law and the effect of ranking on probability distributions", *International Journal of Theoretical Physics*.
- [25] K. Sznajd-Weron and J. Sznajd, *Int. J. Mod. Phys. C* 11, 1157 (2000); D. Stauffer, A.O. Sousa and S. Moss de Oliveira, *Int. J. Mod. Phys. C* 11, 1239.
- [26] M.C. Gonzalez, A.O. Sousa and H.J. Herrmann "Opinion Formation on a Deterministic Pseudo-fractal Network", , *Int. Journal of Modern Physics*.
- [27] M.C. González 1, A.O. Sousa2, H.J. Herrmann; *Opinion Formation on a Deterministic Pseudo-fractal Network* arXiv:cond-mat/0307537 v2 23 Jul 2003.

- [28] J.R. Heringa, H. Shinkai, H.W.J. Blöte, A. Hoogland and R.K.P. Zia, Bistability in an Ising model with non-Hamiltonian dynamics, *Physical Review B* 45, 5707 (1992).
- [29] Galam, S., Gefen Y., and Shapir, Y., *J. Mathematical Sociology* 9, 1-13 (1982).
- [30] Serge Galam Contrarian Deterministic Effect: the “hung elections scenario” arXiv: cond-mat/0307404.
- [31] Deffuant, G., Amblard, F., Weisbuch G. and Faure, T., *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 5, issue 4, paper 1 (jasss.soc.surrey.ac.uk) (2002).
- [32] Rainer Hegselmann and Ulrich Krause Opinion dynamics and bounded confidence: models, analysis and simulation *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 5, no. 3.
- [33] Serge Galam Sociophysics: a personal testimony Laboratoire des Milieux Désordonnés et Hétérogènes, Tour 13, Case 86, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France “CNRS UMR 7603”.
- [34] Callen E. and Shapero, D., *Physics Today*, July 1974, 23-28.
- [35] R. Axelrod, *J. Conflict Res.* 41, 203 (1997), reprinted in R. Axelrod, *The complexity of cooperation*, Princeton University Press, Princeton, 1997.
- [36] D. Stauffer and H. Meyer-Ortmanns; Simulation of Consensus Model of Deffuant et al on a Barabási-Albert Network.
- [37] J. Adams and S. Merrill, *Modeling Party Strategies and Policy Representation in Multiparty Elections: Why Are Strategies So Extreme?*, *American Journal of Political Science*, V. 43, pp. 765-791 (1999).
- [38] www.palisade.com
- [39] S. Galam, *Application of Statistical Physics to Politics*, arXiv:cond-mat/0004306 (2000).
- [40] W. Weidlich, *Modeling Complexity in Economic and Social Systems*, ed. F. Schweitzer (World Scientific Singapore, 2002).
- [41] W. Weidlich, *Sociodynamics: A Systematic Approach to Mathematical Modeling in the Social Sciences* (Harwood Academic Publishers, 2000).

- [42] J. Adams and S. Merrill, *Modeling Party Strategies and Policy Representation in Multiparty Elections: Why Are Strategies So Extreme?*, American Journal of Political Science, V. 43, pp. 765-791 (1999).
- [43] D. Stauffer, *Sosiophysics Simulations*, Computing In Science & Engineering, No. 3, pp 71-75 (2003).
- [44] S. Wasserman and K. Faust, *Social Network Analysis* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1994).
- [45] J. M. López, *Dinámica de la opinión pública en redes sociales de influencia*, Revista Española de Física, V. 16, No. 5, pp. 59-62 (2002).
- [46] R. N. Costa Filho, M. P. Almeida, J. S. Andrade, Jr., and J. E. Moreira, *Scaling behavior in a proportional voting process*, Physical Review, Ser. E, V. 60, No. 1, pp. 1067-1068 (1999).
- [47] R.N. Costa Filho*, M.P. Almeida, J.E. Moreira, J.S. Andrade Jr., *Brazilian elections: voting for a scaling democracy*, Physica A, V. 322, pp. 698 – 700 (2003).
- [48] Situngkir, Hokky. *The Power-law Signature in Indonesian Legislative Election*. Preprint: arxiv: nlin.AO/0405002 (2004).
- [49] S.G. Alves, M.N. Olivera, M.N. Martins, *Electoral Surveys on the Voting Processes: a cellular automata model*, arXiv:cond-mat/0204139 (2002).
- [50] M.C. Gonzalez , A.O. Sousa, H.J. Herrmann, *Opinion Formation on a Deterministic Pseudo-fractal Network*, arXiv:cond-mat/0307537 (2003).
- [51] Sh. Halvin, *Fractal Dimensions on Percolating Networks*, Physica A (2004).
- [52] *Complexity, Metaphors, Models and Reality*, G. A. Cowan, D. Pires, D. Meltzer, eds. (Addison-Wesley, Santa Fe, 1994).
- [53] <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Poligonales que ilustran el nivel de votación de 1991 a 2003 para cada partido político o coalición.	10
Figura 1.2 Gráfica de barras que representan los porcentajes de votación entre las elecciones celebradas de 1991 a 2003.	11
Figura 1.3. Gráfica de tendencia de la participación ciudadana.	13
Figura 1.4. Gráfica representando el porcentaje de participación ciudadana entre 1991 y 2003, a nivel nacional.	14
Figura 2.1. Ejemplos de redes	19
Figura 2.2: Proceso de construcción de una red de pequeño mundo.	21
Figura 2.3: Aspecto típico de una red libre de escala.	22
Figura 2.4. Diagrama doble logarítmico de la votación para concejales.	24
Figura 2.5. Gráfica de la ley de potencia correspondiente a los resultados de las elecciones legislativas en 1999 y 2004.	25
Figura 2.6: Generación de las tres primeras gráficas de una red de escala libre pseudo-fractal.	26
Figura 2.7. Distribución de votos para los estados de la India en 1998.	27
Figura 2.8. Distribución de votos para India en 1998.	27
Figura 2.9. Diagrama de la distribución de votación de un proceso de elección en una red pseudofractal comparado a la simulación en una red de Barabási.	32
Figura 2.10. Resultado de la simulación de un proceso de elección después de 20 iteraciones en una red pseudo-fractal.	33
Figura 3.1. Histogramas de la lista nominal electoral, número de votantes y número de votos validos emitidos en las elecciones federales del periodo 1991-2003.	38

Figura 3.2. Distribución de los votos entre vecinos a diputados por mayoría relativa en las elecciones federales de 1991-2003.	46
Figura 3.3. Distribución de los votos entre candidatos a diputados por mayoría relativa en las elecciones federales de 1991-2003.	46
Figura 3.4. Distribución de los votos entre los partidos políticos en las elecciones federales de 1991-2003.	47
Figura 3.5. Distribución de los votos entre partidos en 4 entidades federativas, durante las elecciones federales de 2003.	48
Figura 3.6. Distribución de votos de algunos países.	50
Figura 3.7. Gráfica de la distribución de votos para el PAN en el 2000 en las diferentes entidades federativas.	56
Figura 3.8. Gráfica de la distribución de votos para el PRI en el 2000 en las diferentes entidades federativas.	57
Figura 3.9. Gráfica de la distribución de votos para el PRD en el 2003 en las diferentes entidades federativas.	58
Figura 4.1. Ajuste de votos obtenidos para el PRI y PAN.	63
Figura 4.2 Porcentaje de votos obtenido por el ganador en los años electorales de 1991 a 2003.	64
Figura 4.3. Simulación del progreso de participación de tres partidos políticos con el software NetLogo 2.1.0.	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Variaciones en puntos porcentuales de la votación a nivel nacional.	7
Tabla 1.2 Porcentaje en que aumentó o disminuyó la votación obtenida por los partidos políticos.	8
Tabla 1.3. Participación ciudadana y la abstención en números absolutos y relativos por entidad federativa.	12
Tabla 3.1. Número de secciones y total de casillas por sección en cada año.	40
Tabla 3.2. Parámetros de la distribución Pearson de los votos entre candidatos.	44
Tabla 3.3. Parámetros de la distribución Pearson de los votos entre partidos.	44
Tabla 3.4. Parámetros de la distribución Pearson de los votos entre vecinos.	44
Tabla 3.5. Parámetros de la distribución de Pareto de los votos, por vecinos, candidatos y por partidos políticos a nivel federal.	47
Tabla 3.6. Mediana y desviación estándar (σ) de las distribuciones de exponente Pareto: α_p de las distribuciones de votos por partido en diferentes entidades y α_v de las distribuciones de votos en casillas para diferentes entidades.	48
Tabla 3.7. Parámetros de la distribución Pareto y Pearson por candidatos.	49
Tabla 3.8. Parámetros de la distribución Pareto y Pearson por partidos.	49
Tabla 3.9. Parámetros de la distribución Pareto y Pearson por vecinos.	49
Tabla 3.10. Valor del exponente Pareto en los diferentes países.	50
Tabla 3.11. Parámetros de las redes electorales en diferentes países.	52
Tabla 3.12 Media y desviación estandar de las distribuciones normal y logistic para el porcentaje de votos del PAN.	55
Tabla 3.13 Media y desviación estandar de las distribuciones normal y logistic para el porcentaje de votos del PRI.	56
Tabla 3.14 Parámetros de las distribuciones loglogistic y pearson para el porcentaje de votos del PRD.	58

Tabla 4.1. Exponente $\theta = \alpha_c + 1$ para la distribución de votos entre candidatos para elecciones de diferentes países.	60
Tabla 4.2. Exponente de conectividad y dimensión fractal de las redes electorales en diferentes países.	61
Tabla 4.3. Exponente alfa de la distribución LogLogistic para diferentes partidos políticos a nivel nacional de 1991 a 2003.	62
Tabla 4.4. Medidas de tendencia central para el ganador de las elecciones de 1991 a 2003 en las entidades federativas.	63

ANEXOS

ANEXO A

CÓDIGO FUENTE DEL PROGRAMA DESARROLLADO EN VISUAL BASIC PARA LA REALIZACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES POR CANDIDATOS

```

Public Sub CANDIDATOS()
    Sheets.Add
    Sheets("1991").Select
    Columns("AK:AT").Select
    Selection.Copy
    Range("AY1").Select
    ActiveSheet.Paste
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Dim j%, maximo%, Cmaximo%
    maximo = Range("e5").Value
    Dim cont%
    cont = 1
    For j = 1 To maximo
        Range("ak10").Select
        If (ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("a1") = 0) Then
            ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("a1") = ""
        End If
        If ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("b1") = 0 Then
            ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("b1") = ""
        End If
        If ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("c1") = 0 Then
            ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("c1") = ""
        End If
        If ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("d1") = 0 Then
            ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("d1") = ""
        End If
        If ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("e1") = 0 Then
            ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("e1") = ""
        End If
        If ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("f1") = 0 Then
            ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("f1") = ""
        End If
        If ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("g1") = 0 Then
            ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("g1") = ""
        End If
        If ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("h1") = 0 Then
            ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("h1") = ""
        End If
        If ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("i1") = 0 Then
            ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("i1") = ""
        End If
        If ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("j1") = 0 Then
            ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("j1") = ""
        End If
        Next j
        Range("A1").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MAX(C[1])"
        Cmaximo = Range("a1").Value
        Dim primero%, aux%
        primero = 10
        aux = 1
        For j = 1 To Cmaximo
            Dim rc%
            Dim fitInfo As RiskFitType
            Dim fitTabName$
            Dim theFunction$
            Dim displayString$
            Dim chiSqValue#
            Dim ADvalue#
            Dim KSADvalue#
            Dim dummyStringChiSq$, dummyStringAD$, dummyStringKS$, dummyInt%, dummyintAD%, dummyintKS%
            Dim numFits%
            Dim i%
            'Set up the fitInfo structure to tell @RISK what data to fit and how to fit it...
            rc = RiskFitGetDefaults(fitInfo)
            If rc <> 0 Then GoTo fail
            Range("a1").Select
            ActiveCell.Offset(aux + 8, 1).Range("a1:a1").Select
            While ActiveCell.Offset(aux + 8, 1).Range("a1:a1").Value = j
                aux = aux + 1
            Wend
            Set fitInfo.DataRange = ActiveCell.Offset(0, 0).Range(Cells(primerero, 37), Cells(8 + aux, 46))
        ' RANGO DE LAS CELDAS
    
```

```

primero = aux + 9
'Store the name of the new fitTab (set by the GetDefaults function) so we can reference it later...
fitTabName = fitInfo.fitTabName
'Actually fit the data...
rc = RiskFitDistributions(fitInfo) ' MODIFIQUE
If rc <> 0 Then GoTo fail
'Write the list of fitted distributions and their chi-sq values to the spreadsheet...
rc = RiskFitGetNumValidFits(fitTabName, numFits)
If rc <> 0 Then GoTo fail
Sheets("Hoja1").Select
With Range("B1")
.ClearContents
For i = 1 To numFits
rc = RiskFitGetFunction(fitTabName, RiskChiSqStatistic, i, RiskFormatNameOnly, theFunction)
If rc <> 0 Then GoTo fail
rc = RiskFitGetFunction(fitTabName, RiskNoStatistic, theFunction, RiskFormatDisplay, displayString)
rc = RiskFitGetTestResults(fitTabName, theFunction, RiskChiSqStatistic, chiSqValue, dummyStringChiSq, dummyInt)
rc = RiskFitGetTestResults(fitTabName, theFunction, RiskADStatistic, ADvalue, dummyStringAD, dummyintAD)
rc = RiskFitGetTestResults(fitTabName, theFunction, RiskKSStatistic, KSADvalue, dummyStringKS, dummyintKS)
If rc <> 0 Then GoTo fail
If theFunction = "Pareto" Then
.Cells(1, 1).Value = displayString
.Cells(1, 3).Value = dummyStringChiSq 'QUE TANTO SE AJUSTA (DE 0 A 1)
.Cells(1, 4).Value = dummyInt 'ESTAS TRES ME DAN LA DISTRIBUCIÓN QUE MÁS SE AJUSTA
.Cells(1, 5).Value = dummyintAD
.Cells(1, 6).Value = dummyintKS
End If
If theFunction = "Pearson5" Then
.Cells(2, 1).Value = displayString
.Cells(2, 3).Value = dummyStringChiSq 'QUE TANTO SE AJUSTA (DE 0 A 1)
.Cells(2, 4).Value = dummyInt 'ESTAS TRES ME DAN LA DISTRIBUCIÓN QUE MÁS SE AJUSTA
.Cells(2, 5).Value = dummyintAD
.Cells(2, 6).Value = dummyintKS
End If
If theFunction = "Expon" Then
.Cells(3, 1).Value = displayString
.Cells(3, 3).Value = dummyStringChiSq 'QUE TANTO SE AJUSTA (DE 0 A 1)
.Cells(3, 4).Value = dummyInt 'ESTAS TRES ME DAN LA DISTRIBUCIÓN QUE MÁS SE AJUSTA
.Cells(3, 5).Value = dummyintAD
.Cells(3, 6).Value = dummyintKS
End If
If theFunction = "InvGauss" Then
.Cells(4, 1).Value = displayString
.Cells(4, 3).Value = dummyStringChiSq 'QUE TANTO SE AJUSTA (DE 0 A 1)
.Cells(4, 4).Value = dummyInt 'ESTAS TRES ME DAN LA DISTRIBUCIÓN QUE MÁS SE AJUSTA
.Cells(4, 5).Value = dummyintAD
.Cells(4, 6).Value = dummyintKS
End If
Next i
End With
'Get rid of the fit tab...
rc = RiskFitDeleteTab(fitTabName):
If rc <> 0 Then GoTo fail
'Fitting brings the @RISK-Model application forward. Bring myself forward again...
AppActivate Application.Caption
fail:
If rc <> 0 Then MsgBox "Error in Macro : " & RiskError(rc)
Columns("D:D").Select 'INSERTA COLUMNAS
Selection.Insert Shift:=xlToRight
Columns("E:E").Select
Selection.Insert Shift:=xlToRight
Columns("E:E").Select
Selection.Insert Shift:=xlToRight
'Macro grabada el 25/06/2004 por Ninguno
Range("b1:B4").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B1"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=True, Tab:=False, Semicolon _
:=False, Comma:=True, Space:=True, Other:=True, OtherChar:="(", _
FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1), Array(4, 1)), _
TrailingMinusNumbers:=True
Range("C1:C4").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("C1"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=True, Tab:=False, Semicolon _
:=False, Comma:=True, Space:=True, Other:=True, OtherChar:=")", _
FieldInfo:=Array(1, 1), TrailingMinusNumbers:=True
Range("D3").Select
Selection.Insert Shift:=xlToRight
Range("D1:D4").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("D1"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=True, Tab:=False, Semicolon _
:=False, Comma:=True, Space:=True, Other:=True, OtherChar:=")", _
FieldInfo:=Array(1, 1), TrailingMinusNumbers:=True
Range("E1:E4").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("E1"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=True, Tab:=False, Semicolon _
:=False, Comma:=True, Space:=True, Other:=True, OtherChar:="=", _

```

```

FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Columns("E:E").Select
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
Range("F3").Select 'borra un espacio
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
Cells.Select
Selection.NumberFormat = "0.0000"
' Macro grabada el 25/06/2004 por Ninguno
Range("C1:D1").Select
Selection.Copy
Sheets("DistribuciónDISTRITO-Parámetros").Select
Range("a1").Select
ActiveCell.Offset(cont - 1, 0).Range("c3").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Hoja1").Select
Range("C2:E2").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DistribuciónDISTRITO-Parámetros").Select
Range("a1").Select
ActiveCell.Offset(cont - 1, 0).Range("e3").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Hoja1").Select
Range("C3:E3").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DistribuciónDISTRITO-Parámetros").Select
Range("a1").Select
ActiveCell.Offset(cont - 1, 0).Range("h3").Select
ActiveSheet.Paste
Range("I3").Select
ActiveCell.Offset(cont - 1, 0).Range("a1").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Delete Shift:=xlToLeft 'TERMINAMOS CON LA PRIMER HOJA
Sheets("Hoja1").Select
Range("F1:I1").Select
Selection.Copy
Sheets("DistribuciónPARTIDOS-Parámetros").Select
Range("a1").Select
ActiveCell.Offset(cont - 1, 0).Range("B3").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Hoja1").Select
Range("F2:I2").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DistribuciónPARTIDOS-Parámetros").Select
Range("F3").Select
ActiveCell.Offset(cont - 1, 0).Range("A1").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Hoja1").Select
Range("F4:I4").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DistribuciónPARTIDOS-Parámetros").Select
Range("J3").Select
ActiveCell.Offset(cont - 1, 0).Range("A1").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Hoja1").Select
Range("F3:I3").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DistribuciónPARTIDOS-Parámetros").Select
Range("N3").Select
ActiveCell.Offset(cont - 1, 0).Range("A1").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Hoja1").Select
Range("B1:I4").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.ClearContents
Sheets("1991").Select
cont = cont + 1
Next j
Sheets("DistribuciónDISTRITO-Parámetros").Select
End Sub

```

ANEXO B

CÓDIGO FUENTE DEL PROGRAMA DESARROLLADO EN VISUAL BASIC PARA LA REALIZACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES POR PARTIDOS

Sub PARTIDOS()

Macro grabada el 13/07/2004 por Miguel Angel Martínez Cruz

```

Dim j%, max%
Sheets("1991").Select
Range("AV9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "GANADOR"
Range("AV10").Select
Selection.Interior.ColorIndex = xlNone
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MAX(RC[-11]:RC[-2])"
max = Range("e5").Value
For j = 1 To 10
Dim rc%
Dim fitInfo As RiskFitType
Dim fitTabName$
Dim theFunction1$, theFunction2$, theFunction3$, theFunction1i$, theFunction2i$, theFunction3i$
Dim funcion$
Dim displayString1$, displayString2$, displayString3$
Dim chiSqValue#
Dim ADvalue#
Dim KSADvalue#
Dim dummyStringChiSq$, dummyStringAD$, dummyStringKS$, dummyInt%, dummyintAD%, dummyintKS%
Dim numFits%, whichStatistic%, alpha#, cValue#, fitName$
Dim i%
Sheets("1991").Select
Range("a1").Select
rc = RiskFitGetDefaults(fitInfo)
If rc <> 0 Then GoTo fail
Set fitInfo.DataRange = ActiveCell.Offset(0, 0).Range(Cells(10, 36 + j), Cells(max + 9, 36 + j))
'RANGO DE LAS CELDAS
'Store the name of the new fitTab (set by the GetDefaults function) so we can reference it later...
fitTabName = fitInfo.fitTabName
'Actually fit the data...
rc = RiskFitDistributions(fitInfo)
If rc <> 0 Then GoTo fail
'Write the list of fitted distributions and their chi-sq values to the spreadsheet...
rc = RiskFitGetNumValidFits(fitTabName, numFits)
If rc <> 0 Then GoTo fail
Sheets("resultados").Select
With Range("B1")
'.ClearContents
rc = RiskFitGetFunction(fitTabName, RiskChiSqStatistic, 1, RiskFormatNameOnly, theFunction1)
rc = RiskFitGetFunction(fitTabName, RiskADStatistic, 1, RiskFormatNameOnly, theFunction2)
rc = RiskFitGetFunction(fitTabName, RiskKSStatistic, 1, RiskFormatNameOnly, theFunction3)
rc = RiskFitGetFunction(fitTabName, RiskNoStatistic, theFunction1, RiskFormatDisplay, displayString1)
rc = RiskFitGetFunction(fitTabName, RiskNoStatistic, theFunction2, RiskFormatDisplay, displayString2)
rc = RiskFitGetFunction(fitTabName, RiskNoStatistic, theFunction3, RiskFormatDisplay, displayString3)
funcion = theFunction1
Select Case funcion
Case "LogLogistic"
Cells(1, 2).Value = displayString1
Range("C1").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("C1"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= "(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3,
1), Array(4, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("F1").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("F1"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=False, Space:=False, Other:=True, OtherChar :=")", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)),
TrailingMinusNumbers:=True
Range("D1:E1").Select
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
Selection.Copy
Range("B16").Select
ActiveSheet.Paste
Range("B1") = Range("c1") & " " & Range("d1")
Range("c1:d1").Select
Selection.ClearContents
Case "Pearson5"
.Cells(1, 1).Value = displayString1
Range("B1").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B1"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _

```

```

Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=False, OtherChar _
:=("(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
    Range("C1:E1").Select
    Selection.ClearContents
    Case "Weibull"
    .Cells(1, 1).Value = displayString1
    .Cells(1, 1).Select
    Selection.TextToColumns Destination:=Range("B1"), DataType:=xlDelimited, _
    TextQualifier:=xlNone,
ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=False, OtherChar _
:=(")", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
    Range("C1").Select
    Selection.ClearContents
    Case "Logistic"
    .Cells(1, 1).Value = displayString1
    .Cells(1, 1).Select
    Selection.TextToColumns Destination:=Range("B1"), DataType:=xlDelimited, _
    TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= _
"(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1)), _
    TrailingMinusNumbers:=True
    Range("C1").Select
    Selection.Copy
    Range("B14").Select
    ActiveSheet.Paste
    Range("C1:E1").Select
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.ClearContents
    Case "Normal"
    .Cells(1, 1).Value = displayString1
    .Cells(1, 1).Select
    Range("B1").Select
    Selection.TextToColumns Destination:=Range("B1"), DataType:=xlDelimited, _
    TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= ("(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3,
1)), _
    TrailingMinusNumbers:=True
    Range("D1").Select
    Selection.TextToColumns Destination:=Range("D1"), DataType:=xlDelimited, _
    TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=False, Space:=False, Other:=True, OtherChar _
:=(")", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
    Range("D1").Select
    Selection.Copy
    Range("B15").Select
    ActiveSheet.Paste
    Range("C1:D1").Select
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.ClearContents
    Case Else
    .Cells(1, 1).Value = theFunction1
End Select
function = theFunction2
Select Case function
    Case "LogLogistic"
    .Cells(2, 2).Value = displayString2
    Range("C2").Select
    Selection.TextToColumns Destination:=Range("C2"), DataType:=xlDelimited, _
    TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= ("(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3,
1), Array(4, 1)), _
    TrailingMinusNumbers:=True
    Range("F2").Select
    Selection.TextToColumns Destination:=Range("F2"), DataType:=xlDelimited, _
    TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=False, Space:=False, Other:=True, OtherChar :=(")", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)),
TrailingMinusNumbers:=True
    Range("D2:E2").Select
    Selection.Delete Shift:=xlToLeft
    Selection.Copy
    Range("B16").Select
    ActiveSheet.Paste
    Range("B2") = Range("c2") & " " & Range("d2")
    Range("c2:d2").Select
    Selection.ClearContents
    Case "Pearson5"
    .Cells(2, 1).Value = displayString2
    Range("B2").Select
    Selection.TextToColumns Destination:=Range("B2"), DataType:=xlDelimited, _
    TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=False, OtherChar _
:=("(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
    Range("C2:E2").Select
    Selection.ClearContents
    Case "Weibull"
    .Cells(2, 1).Value = displayString2

```

```

.Cells(2, 1).Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B2"), DataType:=xlDelimited, _ TextQualifier:=xlNone,
ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=False, OtherChar _
:=)"", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("C2").Select
Selection.ClearContents
Case "Logistic"
.Cells(2, 1).Value = displayString2
.Cells(2, 1).Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B2"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= _
)"", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1)), _
TrailingMinusNumbers:=True
Range("C2").Select
Selection.Copy
Range("B14").Select
ActiveSheet.Paste
Range("C2:E2").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.ClearContents
Case "Normal"
.Cells(2, 1).Value = displayString2
.Cells(2, 1).Select
Range("B2").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B2"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= _
)"", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3,
1)), _
TrailingMinusNumbers:=True
Range("D2").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("D2"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=False, Space:=False, Other:=True, OtherChar _
:=)"", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("D2").Select
Selection.Copy
Range("B15").Select
ActiveSheet.Paste
Range("C2:D2").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.ClearContents
Case Else
.Cells(2, 1).Value = theFunction2
End Select
function = theFunction3
Select Case function
Case "LogLogistic"
.Cells(3, 2).Value = displayString3
Range("C3").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("C3"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= _
)"", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3,
1), Array(4, 1)), _
TrailingMinusNumbers:=True
Range("F3").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("F3"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=False, Space:=False, Other:=True, OtherChar :=)"", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)),
TrailingMinusNumbers:=True
Range("D3:E3").Select
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
Selection.Copy
Range("B16").Select
ActiveSheet.Paste
Range("B3") = Range("c3") & " " & Range("d3")
Range("c3:d3").Select
Selection.ClearContents
Case "Pearson5"
.Cells(3, 1).Value = displayString3
Range("B3").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B3"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=False, OtherChar _
:=)"", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("C3:E3").Select
Selection.ClearContents
Case "Weibull"
.Cells(3, 1).Value = displayString3
.Cells(3, 1).Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B3"), DataType:=xlDelimited, _ TextQualifier:=xlNone,
ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=False, OtherChar _
:=)"", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("C3").Select

```

```

Selection.ClearContents
Case "Logistic"
.Cells(3, 1).Value = displayString3
.Cells(3, 1).Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B3"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= _
"(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("C3").Select
Selection.Copy
Range("B14").Select
ActiveSheet.Paste
Range("C3:E3").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.ClearContents
Case "Normal"
.Cells(3, 1).Value = displayString3
.Cells(3, 1).Select
Range("B3").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B3"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= "(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3,
1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("D3").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("D3"), DataType:=xlDelimited, TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False,
Tab:=False, Semicolon:=False, Comma:=False, Space:=False, Other:=True, OtherChar :="), FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)),_
TrailingMinusNumbers:=True
Range("D3").Select
Selection.Copy
Range("B15").Select
ActiveSheet.Paste
Range("C3:D3").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.ClearContents
Case Else
.Cells(3, 1).Value = theFunction3
End Select
For i = 1 To numFits
rc = RiskFitGetFunction(fitTabName, RiskChiSqStatistic, i, RiskFormatNameOnly, theFunction1i)
rc = RiskFitGetFunction(fitTabName, RiskNoStatistic, theFunction1i, RiskFormatDisplay, _ displayString1)
rc = RiskFitGetCriticalValue(fitTabName, theFunction1i, RiskChiSqStatistic, alpha, cValue)
If rc <> 0 Then GoTo fail
funcion = theFunction1i
Select Case funcion
Case "LogLogistic"
.Cells(4, 2).Value = i & " " & displayString1
Range("C4").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("C4"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= "(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3,
1), Array(4, 1)), _
TrailingMinusNumbers:=True
Range("F4").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("F4"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=False, Space:=False, Other:=True, OtherChar :="), FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)),
TrailingMinusNumbers:=True
Range("D4:E4").Select
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
Selection.Copy
Range("B16").Select
ActiveSheet.Paste
Range("B4") = Range("c4") & " " & Range("d4")
Range("c4:d4").Select
Selection.ClearContents
Case "Pearson5"
.Cells(5, 1).Value = i & " " & displayString1
Range("B5").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B5"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=False, OtherChar _
:=("(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("C5:E5").Select
Selection.ClearContents
Case "Weibull"
.Cells(6, 1).Value = i & " " & displayString1
.Cells(6, 1).Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B6"), DataType:=xlDelimited, _ TextQualifier:=xlNone,
ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=False, OtherChar _
:="), FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("C6").Select
Selection.ClearContents
Case "Logistic"
.Cells(7, 1).Value = i & " " & displayString1
.Cells(7, 1).Value = displayString1

```

```

.Cells(7, 1).Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B7"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= _
"(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("c7").Select
Selection.Copy
Range("B14").Select
ActiveSheet.Paste
Range("C7:E7").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.ClearContents

Case "InvGauss"
.Cells(8, 1).Value = i & " " & theFunction1i
Case "Triang"
.Cells(9, 1).Value = i & " " & theFunction1i
Case "Lognorm"
.Cells(10, 1).Value = i & " " & theFunction1i
Case "ExtValue"
.Cells(11, 1).Value = i & " " & theFunction1i
Case "Expon"
.Cells(12, 1).Value = i & " " & theFunction1i
Case "Normal"
.Cells(13, 1).Value = i & " " & displayString1
.Cells(13, 1).Select
Range("B13").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("B13"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=True, OtherChar:= "(", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3,
1)), _
TrailingMinusNumbers:=True
Range("D13").Select
Selection.TextToColumns Destination:=Range("D13"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlNone, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=False, Space:=False, Other:=True, OtherChar _
:=")", FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), TrailingMinusNumbers:=True
Range("D13").Select
Selection.Copy
Range("B15").Select
ActiveSheet.Paste
Range("C13:D13").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.ClearContents
End Select
Next i
'Get rid of the fit tab...
rc = RiskFitDeleteTab(fitTabName):
If rc <> 0 Then GoTo fail
'Fitting brings the @RISK-Model application forward. Bring myself forward again...
AppActivate Application.Caption
fail:
If rc <> 0 Then MsgBox "Error in Macro : " & RiskError(rc)
End With
Range("B1:B16").Select
Selection.Copy
Range("B39").Select
ActiveCell.Offset(j - 1, 0).Range("a1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=True
Range("b1:b16").Select
Selection.ClearContents
Next j
Sheets("Resultados").Select
Range("B38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Chi-sq"
Range("C38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "A-D"
Range("D38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "K-S"
Range("E38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Logistic"
Range("F38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Pearson5"
Range("G38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Weibull"
Range("H38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Logistic"
Range("I38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "InvGauss"
Range("J38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Triang"
Range("K38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Lognor"
Range("L38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "ExtValue"

```

```

Range("M38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Expon"
Range("N38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Normal"
Range("K38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Lognorm"
Range("E38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "LogLogistic"
Range("B38:N38").Select
With Selection.Interior
    .ColorIndex = 45
    .Pattern = xlSolid
End With
Range("B39:N48").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
Selection.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlNone
Range("B39:B48").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range("B39:B48").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlNone
Range("B39:B48").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Selection.FormatConditions.Delete
Selection.FormatConditions.Add Type:=xlCellValue, Operator:=xlEqual, Formula1:="0"
Selection.FormatConditions(1).Interior.ColorIndex = 4
Range("O38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Mean"
Range("P38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "SD"
Range("Q38").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Log-Log"
Range("O38:Q38").Select

```

```

With Selection.Interior
    .ColorIndex = 33
    .Pattern = xlSolid
End With
Range("G39:Q48").Select
Selection.FormatConditions.Delete
Selection.FormatConditions.Add Type:=xlCellValue, Operator:=xlEqual, Formula1:="0"
Selection.FormatConditions(1).Interior.ColorIndex = 4
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlNone
Range("E39:F48").Select
Selection.FormatConditions.Delete
Selection.FormatConditions.Add Type:=xlCellValue, Operator:=xlEqual, Formula1:="0"
Selection.FormatConditions(1).Interior.ColorIndex = 4
Range("O39:Q48").Select
Selection.NumberFormat = "0.0000"
Sheets("1991").Select
Range("AK9:AV9").Select
Selection.Copy
Sheets("Resultados").Select
Range("A39").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=True
With Selection.Interior
    .ColorIndex = 33
    .Pattern = xlSolid
End With
Rows("37:37").Select
Rows("5:37").Select
Range("A37").Activate
Selection.Delete Shift:=xlUp
End Sub

```

ANEXO C

FRACTALES

Los fractales nos serán de apoyo para definir un modelo de un sistema social. Primeramente definiremos lo que es un sistema. Un sistema es un conjunto de elementos o partes que interaccionan entre sí a fin de alcanzar un objetivo concreto. De aquí se desprenden dos implicancias fundamentales. Primero, que existe una influencia mutua entre sus elementos componentes, es decir, que el cambio experimentado en uno de ellos repercute y afecta inevitablemente al resto. Y segundo, que una serie de elementos reunidos (es decir, un conjunto), que no persigue un propósito común (un objetivo), de ninguna manera constituye un sistema. En síntesis, para que el comportamiento de un sistema esté adecuadamente descrito, es necesario conocer, además de sus elementos, las interacciones o relaciones entre ellos. Pero no sólo eso: también se requiere saber sus estados (los valores instantáneos de todos los elementos) y sus transiciones (los cambios dinámicos de esos estados). En otras palabras, se deben describir tanto la estructura (lo que es el sistema) como la función (lo que hace el sistema), dos enfoques complementarios de una misma realidad.

Un fractal es un objeto que exhibe recursividad, o autosimilitud, a cualquier escala. En otras palabras, si enfocamos una porción cualquiera de un objeto fractal (imaginemos que utilizamos un microscopio, para ello), notaremos que tal sección resulta ser una réplica a menor escala de la figura principal.

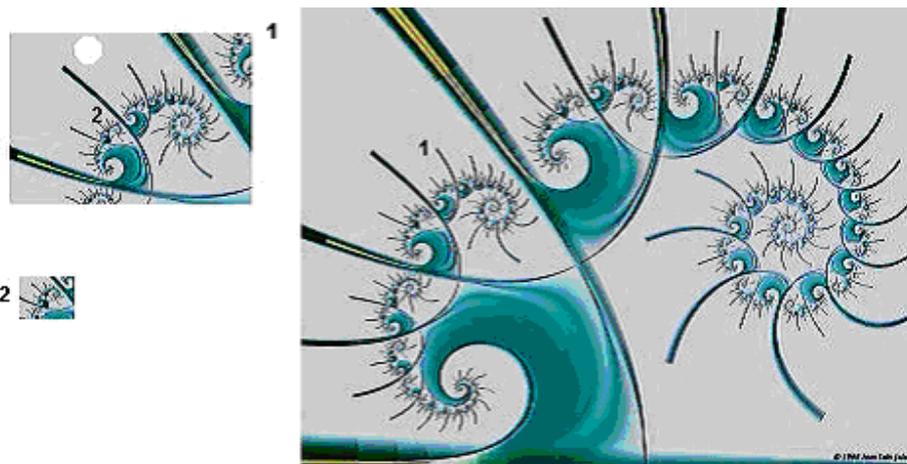


Figura 2.1. Fractal de Julia.

En años más recientes, para entender la naturaleza de las estructuras desordenadas y su formación mediante procesos aleatorios, se han desarrollado los conceptos fractales, introducidos por Mandelbrot [2.1] en una teoría llamada

geometría fractal. Los conceptos de fractales se han aplicado a las ciencias naturales por varias razones. La auto-similitud y la auto-afinidad son los conceptos que unifican áreas como fractales, leyes de potencia y caos. La auto-similitud es una de las simetrías fundamentales que rigen el universo. De igual manera, la auto-afinidad, o invarianza bajo cambios de escala o tamaño anisotrópico, es un atributo de muchas superficies e interfaces que se presentan en algunos fenómenos naturales, económicos y sociales.

La geometría fractal, o teoría de fractales, es un lenguaje matemático empleado para describir geometrías complejas e irregulares y específicamente adecuada para las computadoras debido a su naturaleza iterativa. El propósito de la geometría fractal es el de caracterizar cuantitativamente cómo el espacio es ocupado por una curva o una geometría particular. La geometría fractal se aplica para caracterizar los fenómenos críticos que presentan invarianza de escala, como es el caso de las interfaces, mediante la explotación de su principal propiedad: la ausencia de una escala característica, por lo que no existe ninguna unidad asociada, es decir, el mismo modelo es válido para todas esas escalas. La geometría fractal permite identificar una simetría oculta en objetos aparentemente carentes de toda simetría.

Fractales auto-similares

La auto-similitud es la característica que presentan determinados objetos en los cuales los detalles más pequeños que lo componen tienen alguna relación de semejanza con sus propiedades globales, repitiéndose tales detalles de una manera infinita, es decir, que cada porción de un fractal tiene la misma forma que el fractal completo, esta característica tiene dos categorías: estrictamente auto-similares y estadísticamente auto-similares.

Se dice estrictamente auto-similares cuando una porción del fractal es exactamente igual a otra cualquiera. Cuando dos porciones cualesquiera no son exactamente igual, es decir no muestran una auto-similitud perfecta, pero si presentan cierta relación estadística, se dicen estadísticamente auto-similares, los cuales están relacionados con los fractales complejos, ver figura 2.2.

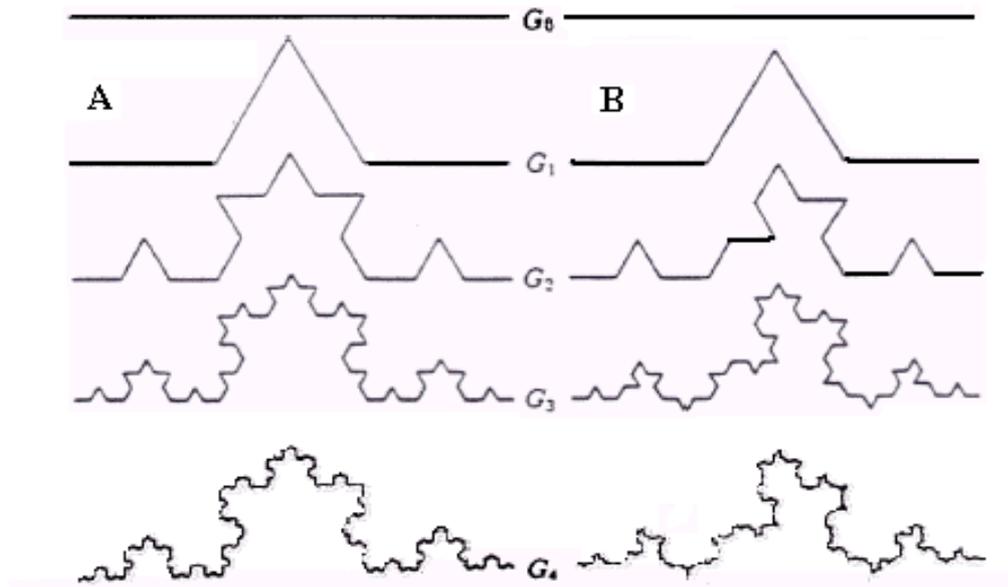


Figura 2.2. Versión de la curva de Koch, a) auto-similar regular, b) auto-similar estadísticamente aleatoria. Nótese que las curvas son homeomórficas y caracterizadas por la misma dimensión fractal $D = \ln 4 / \ln 3 = D_s$.

Para ejemplificar, a continuación se muestra la construcción de la curva de Koch. Cada paso en la génesis de la curva aumenta un tercio su longitud. Es decir la longitud de la curva que ocupa el espacio inicial va aumentando en cada paso su longitud de forma indefinida. Cada curva es $4/3$ de la anterior: Ver figura 2.3 y figura 2.4.

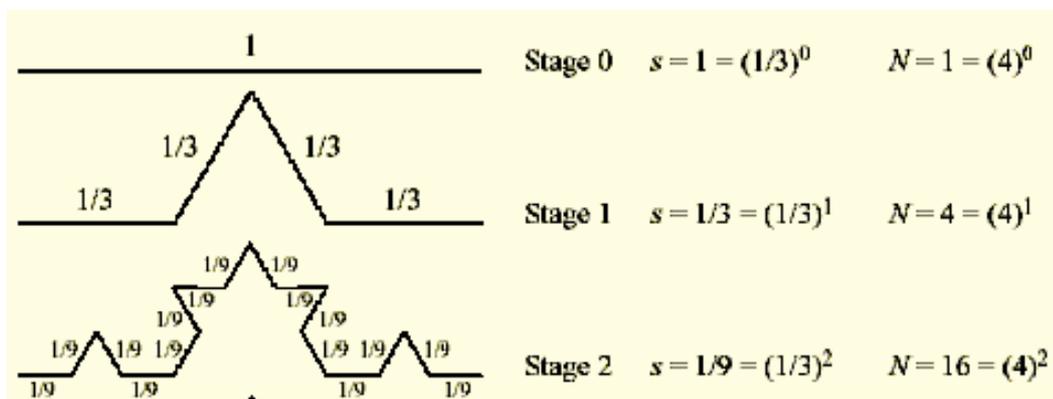


Figura 2.3. Construcción de las tres primeras fases de la curva de Koch

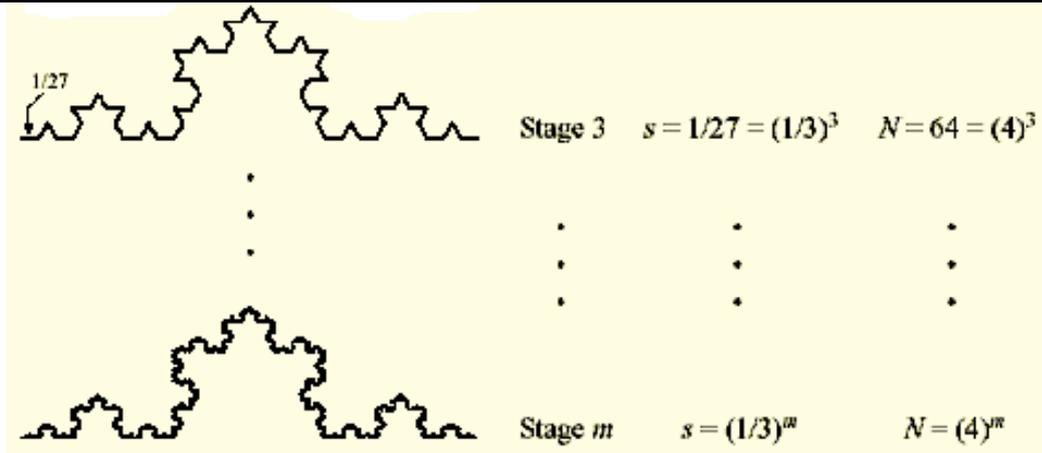


Figura 2.4. Construcción de la curva de Koch para el paso m

Como la longitud de la línea fractal depende de la longitud de instrumento, o de la unidad de medida que tomemos, la noción de longitud en estos casos, carece de sentido. Para ello se ha ideado otro concepto: el de **dimensión fractal**. Que en el caso de las líneas fractales nos va a indicar de qué forma o en que medida una línea fractal llena una porción de plano. Y que además sea una generalización de la dimensión euclidea DE. Si partimos de un segmento de longitud 1 figura 2.5, y lo partimos en segmentos de longitud L obtendremos N(L) partes, de manera que

$$N(L) \cdot L^1 = 1 \tag{2.1}$$

cualquiera que sea L.



Figura 2.5. Línea de longitud 1 partida L veces

Si el objeto inicial es un cuadrado de superficie 1 figura 2.6, y lo comparamos con unidades cuadradas, cuyo lado tenga de longitud L, el número de unidades que es necesario para recubrirlo N(L), cumple

$$N(L) \cdot L^2 = 1 \tag{2.2}$$

cualquiera que sea L:

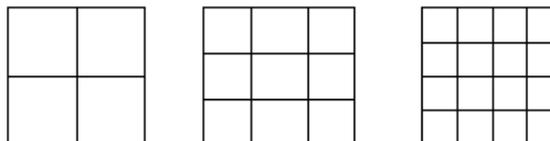


Figura 2.6. Cuadrado de superficie 1 partido en superficies de longitud L

Si, por último, el objeto que tomamos es tridimensional, como, por ejemplo, un cubo de volumen 1 figura 2.7, y lo medimos en relación con unidades que sean cubos de arista L , entonces se cumple que

$$N(L) \cdot L^3 = 1 \quad (2.3)$$

Cualquiera que sea L :

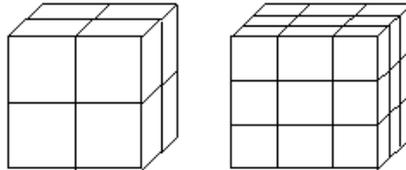


Figura 2.7. Cubo de volumen 1 partido en cubos de arista L

De todo esto podemos generalizar que la dimensión fractal de un objeto geométrico es D si

$$N(L) \cdot L^D = 1 \quad (2.4)$$

donde $N(L)$ es el número de objetos elementales, o de unidades, de tamaño L que recubren, o que completan, el objeto.

De donde deducimos, despejando D , que

$$D = \log(N(L)) / \log(1/L) \quad (2.5)$$

De aquí podemos deducir las dimensiones del conjunto de Cantor [2.3] es

$$D = \log(2) / \log(3) = 0'6309... \quad (2.6)$$

La de la curva de Koch

$$D = \log(4) / \log(3) = 1'2618... \quad (2.7)$$

Por su característica de escalamiento igual en todas direcciones, podemos decir que estos fractales son isotrópicos auto-similares.

Sin embargo se suele aceptar, e incluso definir, que un objeto es fractal solo cuando su dimensión fractal es mayor que su dimensión euclidiana:

$$D > DE \quad (2.8)$$

Así por ejemplo no se considera fractal el conjunto de Cantor.

Se espera que D sea un número finito, por la forma particular de $N(L)$. Si se considera un segmento de longitud L

Fractales auto-afines

Objetos naturales o matemáticos tales como las superficies de los objetos (figura 2.8) y los perfiles generados por el movimiento browniano (figura 2.9), sólo mantiene su aspecto durante el escalamiento si éste se hace diferente en algunas de sus direcciones, es decir son fractales anisotrópicos los cuales se conocen como objetos o fractales auto-afines.

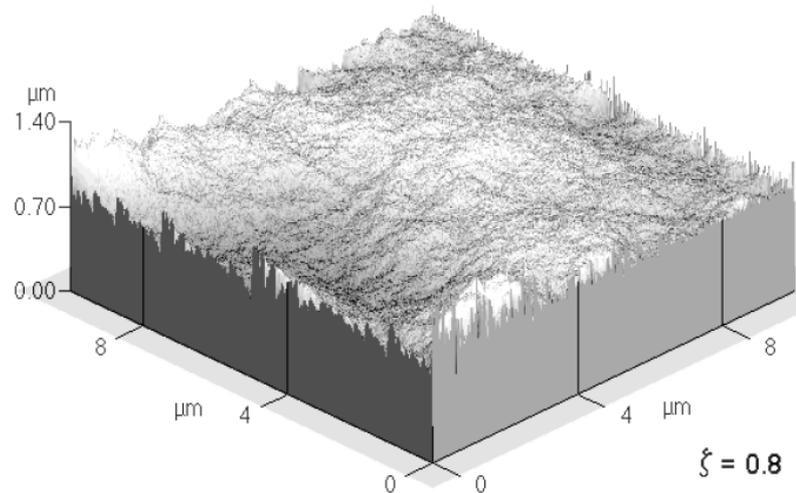


Figura 2.8. Superficie auto-afín generada mediante computadora, simulando la rugosidad de superficies de fractura más comunes.

Esta propiedad de auto-afinidad, obedece a transformaciones o escalamientos como las que se describen en la siguiente ecuación:

$$(X, Y, Z) \rightarrow (\lambda_x X, \lambda_y Y, \lambda_z^\zeta Z) \quad (2.9)$$

donde: $\lambda_x = \lambda_y = \lambda_z^\zeta$.

El exponente ζ se conoce como exponente de auto-afinidad y tiene una relación con la dimensión fractal como lo muestra la ecuación 2.10

$$D_f = D_e + 1 - \zeta \quad (2.10)$$

En la figura 9 se muestra esquemáticamente el movimiento browniano calificado generalmente como caótico, que sin embargo representándolo como la distancia al origen (d) en función del tiempo resulta en un fractal auto-afín de dimensión fractal $D_f=1.5$ y de acuerdo a (2.10) por ser una línea $D_e = 1$, entonces $\zeta = 0.5$.

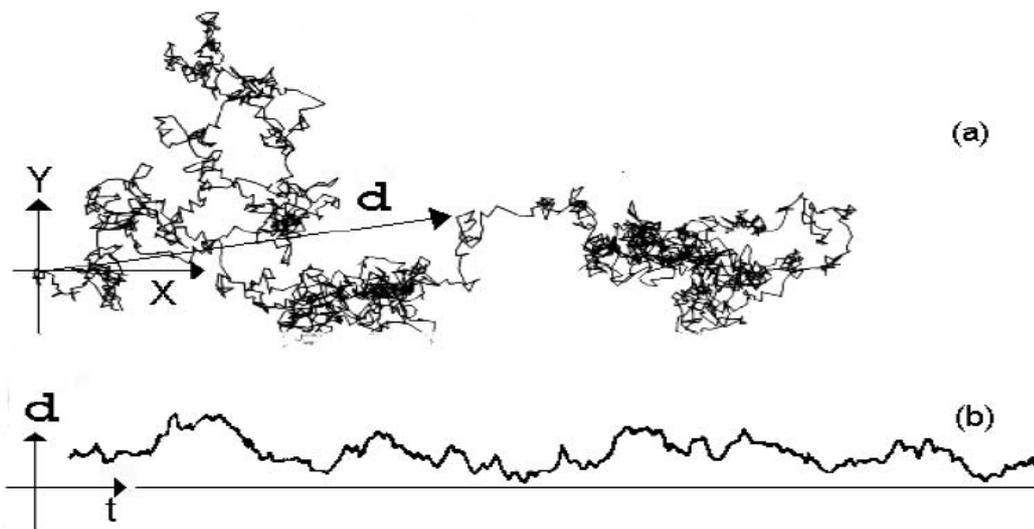


Figura 9. Movimiento Browniano esquematizado como (a) la posición X,Y en función del tiempo y (b) la distancia al origen en función del tiempo.



La Jornada
DIRECTORA GENERAL:
CARMEN LIRA SAADE

[Primera y Contraportada](#)

[Editorial](#)

[Opinión](#)

[El Correo Ilustrado](#)

[Política](#)

[Economía](#)

[Mundo](#)

[Estados](#)

[Capital](#)

[Sociedad y Justicia](#)

[Cultura](#)

[Espectáculos](#)

[Deportes](#)

[Fotografía](#)

[Cartones](#)

[CineGuía](#)

[Suplementos](#)

[Perfiles](#)

[La Jornada en tu PALM](#)

[La Jornada sin Fronteras](#)

[La Jornada de Oriente](#)

[La Jornada Morelos](#)

[La Jornada Michoacán](#)

[Librería](#)

[Correo electrónico](#)

[Búsquedas](#)

[Suscripciones](#)

[Obituario](#)

POLITICA

Miércoles 22 de diciembre de 2004

📌 Desarrolla modelo matemático para analizar el posible comportamiento electoral

Seguirán siendo dominantes PRI y PAN en 2006, según estudio del *Poli*

JOSE GALAN

Investigadores en matemáticas de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) formularon un modelo matemático teórico basado en el desarrollo de fractales para anticipar escenarios con miras a las elecciones de 2006.

Sus conclusiones: el modelo muestra que la distribución de votos por entidades federativas y partidos políticos no cambiará significativamente en 2006 en comparación con 2003. Los partidos dominantes seguirán siendo el PRI y el PAN, y sus resultados serán similares a los de pasados procesos electorales. "Los parámetros sólo muestran pequeñas variaciones", afirmaron.

En cambio, la suerte de pequeños partidos y del PRD se ve menos favorable, con excepción del PT, que muestra una persistente tendencia a convertirse en un partido nacional. Por otro lado, aun cuando el porcentaje de votación por el sol azteca se mantiene más o menos estable, el comportamiento de distribución de sus simpatizantes indica una clara localización de votos en pocos estados con la "desviación estándar teórica infinita.

"Los modelos matemáticos basados en la teoría de fractales nos permiten entender mejor las estadísticas y la dinámica de los procesos electorales", afirmó Alexander Balankin, profesor de la ESIME-Zacatenco y premio Nacional de Ciencias y Artes 2002 en el área de tecnología y diseño. Explicó que la matemática fractal busca predecir el comportamiento de procesos dinámicos muy complejos y por ello se relaciona con

Versión para
imprimir



el estudio del caos. Por ejemplo: constituye una herramienta muy útil para predecir fenómenos meteorológicos, sociales y económicos, pero de manera particular para pronosticar precios a futuro de productos de gran volatilidad, y ahora para simulaciones de procesos electorales.

El modelo busca definir las estructuras de redes complejas que modelan interrelaciones entre los elementos del sistema analizado. Por ejemplo: las interrelaciones entre los votantes en una red electoral, cuya dinámica es sumamente compleja, ya que se debe visualizar, por un lado, la parte real y, por el otro, la imaginaria. Se puede llegar a una definición sólo basándose en un sinnúmero de simulaciones gracias a una compleja estructura de matemáticas no lineales.

La primera referencia en el uso de este tipo de cálculos es de 1918, cuando Gastón Maurice Julia escribió sobre la repetición de funciones racionales, pero fue hasta la década de los setenta, en los albores de la revolución informática, cuando se expande el uso de los modelos fractales. El término fue acuñado por el matemático francés Benoit Mandelbrot, en referencia a las dimensiones fraccionarias que no pueden representarse por números enteros.

En México uno de los centros más importantes en la elaboración de estos modelos es el Grupo Interdisciplinario de Mecánica Fractal, de la ESIME, que forma parte de la red internacional New Trends in Stochastics and Complexity, integrada por 16 grupos de investigación de diferentes universidades de Europa y América Latina, y ha sido reconocido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología como "grupo de investigación consolidado". Entre sus primeros proyectos destacan el desarrollo de una nueva teoría denominada "mecánica probabilística de las grietas autoafines" y análisis de la mecánica de fractura probabilística de la vasija de la nucleoelectrica de Laguna Verde, para un nuevo programa de mantenimiento informado de riesgo.

En 2001, asistido por varios de sus alumnos, Balankin - miembro del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República- comenzó a emplear modelos fractales para analizar la dinámica de mercados petroleros y el comportamiento de la Bolsa Mexicana de Valores, caracterizados por su gran volatilidad. Los estudios arrojaron resultados sorprendentes. Por este trabajo, el alumno del profesor Balankin y ahora maestro de la ESIME Oswaldo Morales Matamoros fue galardonado con el Premio Nacional de Investigación Financiera del Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas, en la categoría de tesis. Otra alumna, Norma Romero Badillo, realiza, con asesoría de Balankin, una investigación de flujo de información en el Banco IXE, mientras Miguel Patiño Ortiz, también estudiante, desarrolla el modelo fractal de la red de Internet del IPN.

Otro discípulo, Miguel Angel Martínez Cruz, decidió iniciar la aplicación fractal para estudiar las tendencias del voto en las elecciones de diputados federales en México. Para ello utilizó información del Instituto Federal Electoral (IFE) y analizó los votos emitidos en cada casilla en las elecciones de 1991 a 2003. En total se examinaron 4.5 millones de datos, incluyendo el número de sufragios válidos emitidos por cada partido en cada casilla instalada, con el propósito de definir la estructura de la red electoral de México y su comportamiento dinámico, así como las tendencias de voto y la evolución de los partidos políticos.

"Un propósito específico es predecir qué sucederá en el Congreso en 2006, así como la suerte de los partidos políticos basándose en el comportamiento histórico de los electores", afirmó Balankin, director del proyecto. Primero se encontró que las distribuciones de votos entre los candidatos, así como entre partidos políticos, se comportan de acuerdo con una distribución "estable de cola pesada", según el llamado *criterio Levy*, asociada con una estructura fractal de la red de votantes. Esta distribución está caracterizada por un exponente *alfa*. Sin embargo, los valores de este exponente son diferentes para la distribuciones de votos en diferentes niveles: por distrito, por candidato y por partido político.

Números Anteriores (Disponibles desde el 29 de marzo de 1996) Día Mes Año <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="button" value="Buscar"/>			 <p>La Jornada en tu palm</p>
<p>La Jornada Av. Cuauhtémoc 1236 Col. Santa Cruz Atoyac delegación Benito Juárez México D.F. C.P. 03310 Teléfonos (55) 91 83 03 00 y 91 83 04 00</p>		Coordinación de Publicidad Tels: (55) 91 83 03 00 y 91 83 04 00 Exts: 4329, 4308, 4137 y 4104	<input type="checkbox"/> Email
		La Jornada en Internet	<input type="checkbox"/> Email
© Derechos Reservados 2003 DEMOS, Desarrollo de Medios, S.A. de C.V. Todos los Derechos Reservados. Derechos de Autor 04-2003-08131804000-203. Prohibida la reproducción total o parcial del contenido sin autorización expresa del titular. El título y contenido se encuentran protegidos por la legislación de la materia en la República Mexicana.			

</htm

ANEXO D

Publicación en la revista de divulgación científica *Conversus*

ANEXO E

Congresos

Alexander Balankin, Miguel Angel Martínez C.

Dinámica de Sistemas Sociales Complejos: Comportamiento Fractal de la Democracia Mexicana; 8^{vo} Congreso de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas, ESIME – IPN, México (2004).

Miguel Angel Martínez C., Alexander Balankin, Oswaldo Morales M.

Análisis Fractal de Elecciones Federales 1991 - 2003; 8^{vo} Congreso de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas, ESIME – IPN, México (2004).

Oswaldo Morales M., Alexander Balankin, Miguel Angel Martínez C.

Metodología de Predicción de Precios del Petróleo Basada en Dinámica Fractal; 8^{vo} Congreso de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas, ESIME – IPN, México (2004).



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



8^o
CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Y DE SISTEMAS
del 15 al 19 de noviembre de 2004

otorga el presente

DIPLOMA



AL LIC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ CRUZ
"POR SU PARTICIPACIÓN EN LA CONFERENCIA
MAGISTRAL"
DINÁMICA DE SISTEMAS SOCIALES
COMPLEJOS: COMPORTAMIENTO FRACTAL DE LA
DEMOCRACIA MEXICANA

México, D.F., a 15 de noviembre de 2004

DR. FLORENCIO SÁNCHEZ SILVA
Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado
e Investigación de la ESIME

M. EN C. JESÚS REYES GARCÍA
Director de la ESIME Unidad Zacatenco

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



8^o
CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Y DE SISTEMAS
del 15 al 19 de noviembre de 2004

otorga el presente

DIPLOMA



AL LIC. MIGUEL ANGEL MARTINEZ CRUZ
"POR SU PARTICIPACIÓN EN LA PONENCIA"
ANÁLISIS FRACTAL DE ELECCIONES FEDERALES
1991-2003

México, D.F., a 15 de noviembre de 2004

DR. FLORENCIO SÁNCHEZ SILVA
Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado
e Investigación de la ESIME

M. EN C. JESÚS REYES GARCÍA
Director de la ESIME Unidad Zacatenco

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



8º
CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Y DE SISTEMAS
del 15 al 19 de noviembre de 2004

otorga el presente

DIPLOMA



AL LIC. MIGUEL ANGEL. MARTINEZ CRUZ
"POR SU PARTICIPACIÓN EN LA PONENCIA"
METODOLOGÍA DE PREDICCIÓN DE PRECIOS DEL
PETROLEO BASADA EN DINÁMICA FRACTAL

México, D.F., a 15 de noviembre de 2004

DR. FLORENCIO SÁNCHEZ SILVA
Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado
e Investigación de la ESIME

M. EN C. JESÚS REYES GARCÍA
Director de la ESIME Unidad Zacateco

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN