



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Formación de grupos de opinión en redes
sociales: El problema de los vinos de Borgoña

TESIS

que para obtener el título de:

Físico

presenta:

Laura Emiliana Rodríguez Morales

Director de tesis: Dr. Denis Pierre Boyer



Mayo 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno
Apellido paterno: Rodríguez
Apellido materno: Morales
Nombre(s): Laura Emiliana
Teléfono: 55 13 71 59
Universidad: Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad: Ciencias
Carrera: Física
Número de cuenta: 300502479
2. Datos de tutor
Grado: Dr
Nombre(s): Denis Pierre
Apellido paterno: Boyer
Apellido materno:
3. Datos sinodal 1
Grado: Dr
Nombre(s): Humberto
Apellido paterno: Carrillo
Apellido materno: Calvet
4. Datos sinodal 2
Grado: Dr
Nombre(s): José Antonio
Apellido paterno: Amozurrutia
Apellido materno: De María y Campos
5. Datos sinodal 3
Grado: Dr
Nombre(s): Denis Pierre
Apellido paterno: Boyer
Apellido materno:
6. Datos sinodal 4
Grado: Dr
Nombre(s): Germinal
Apellido paterno: Cocho
Apellido materno: Gil
7. Datos sinodal 5
Grado: Dr
Nombre(s): Marcelo
Apellido paterno: Del Castillo
Apellido materno: Mussot

Índice general

1. Introducción	1
2. Contexto	5
2.1. Sistemas Complejos y Sociofísica	5
2.1.1. Generalidades de los Sistemas Complejos	5
2.1.2. Modelos de Dinámica de Opiniones	10
2.1.3. Contexto Histórico	12
3. Formación de grupos en una red social	17
3.1. Modelo	17
3.1.1. Construcción del espacio social	17
3.1.2. Construcción de la red de influencia	20
3.2. Resultados	23
3.2.1. Caso Simétrico	25
3.2.2. Caso no Simétrico	40
4. Modelos simplificados	43
4.1. Modelo Simplificado	43
4.1.1. Contrucción del espacio social	44
4.1.2. Construcción de la red de influencia	45
4.1.3. Resultados	46
4.2. Modelo más Simplificado	50
4.2.1. Resultados	51
4.3. Descripción cinética	56
5. Conclusiones	61
A. Distribución de Poisson	63

B. Diagrama de flujo del modelo principal	65
C. Código	69
Referencias	83

Capítulo 1

Introducción

Entender e intentar predecir el comportamiento y actividades de los seres humanos, tanto en el nivel individual como en el colectivo, han sido desde siempre objetos centrales de estudio. Los seres humanos poseemos habilidades cognitivas que se traducen en una conciencia y representaciones mentales abstractas que influyen en nuestro comportamiento y propician que las reglas de interacción entre individuos sean muy complejas. Desde el siglo XVIII estos estudios se enmarcaron bajo el rubro de ciencias sociales, diferenciándose de las ciencias naturales, al introducir en sus teorías hechos mentales reales o supuestos. Por otro lado las ciencias sociales se diferencian de las humanidades, al dar un mayor énfasis al método científico u otras metodologías rigurosas de análisis.

La física, considerada como una ciencia natural, ha aportado métodos y conceptos que hoy en día las ciencias sociales utilizan. Más aún, ha adoptado los fenómenos sociales como un objeto de estudio propio.

En esta tesis se analiza un fenómeno de tipo social, donde se indagan los factores y procesos necesarios para que en una sociedad se diera un cambio de conductas y normas.

Motivados por un problema socio-económico en torno a los vinos de Borgoña, que se vivió a principios del siglo XX en ésta región francesa, se construyó el modelo de una red social y una dinámica de interacción entre los individuos que la conforman.

A grandes rasgos, el problema surge entre los comerciantes de vinos y los propietarios de las viñas en Borgoña. Inicialmente, los comerciantes, que geográficamente se concentran en la región de Beaune, adquieren la producción de la región, mezclando los vinos para embotellarlos y exportarlos. Generando así grandes ganancias económicas, que en el negocio vitivinícola hacen de ellos el

grupo dominante, aunque con esta práctica disminuyen la calidad del vino. Mientras que los propietarios de la viñas son económicamente mucho más débiles y trabajan sometidos a los comerciantes.

Sin embargo, a principios del siglo XX comienza un proceso en el que se impulsa una nueva visión de la región de Borgoña, en la que los vinos se vuelven parte fundamental del folclor y los propietarios de la viñas comienzan a embotellar los vinos allí mismo. La calidad del producto aumenta y el panorama socio-económico se invierte, pues los propietarios ganan poder socio-económico mientras que los comerciantes lo pierden.

En este trabajo se presenta y estudia un modelo estocástico para describir este problema. Se mostrará en particular, cómo influyen ciertos mecanismos y parámetros del modelo, para que tuviera lugar la transformación de la imagen de los vinos de Borgoña (ver contexto histórico en la introducción), en la que influyeron crucialmente las relaciones formadas entre algunas personalidades socialmente bien conectadas pertenecientes a los campos económico, político y cultural, tanto de Borgoña, como de París.

En el primer capítulo de la tesis, se presentan las principales características de los sistemas complejos, que es el área de estudio en el que este problema se inserta. Se introduce el concepto de redes complejas y algunos ejemplos de redes sociales, así como la modelación basada en agentes. También se describen brevemente algunos modelos de dinámicas de opiniones contextualizando el modelo que se elaboró en este trabajo.

A continuación se describe de manera más detallada el fenómeno socio-económico de la transformación de la imagen de los vinos de Borgoña, presentándolo en su contexto histórico.

El segundo capítulo contiene el cuerpo principal de la tesis, ya que en este se presenta el modelo, comenzando por la construcción del espacio social y la dinámica de opinión entre los agentes que o constituyen. En este mismo capítulo se puntualizan los parámetros y se analizan los resultados que arroja el modelo al realizar simulaciones del mismo variando los parámetros que ahí se introducen.

De estas simulaciones se interpreta que para ciertos valores de los parámetros existe una probabilidad significativa de que un cambio de norma se produzca en la sociedad, mientras que para otros parámetros, los resultados revelan que estos cambios no se pueden dar.

En el modelo se trabaja principalmente con 4 parámetros, de los cuáles dos de ellos introducen ciertas ventajas en la formación de alianzas de un grupo u otro. Por esta razón el capítulo dos está dividido en dos secciones. La primera se refiere al caso simétrico, donde no hay ningún sesgo a favor de ningún grupo. La

segunda es el caso no simétrico, donde se estudia como cambian los resultados al introducir un sesgo a favor de algún grupo (propietarios o comerciantes).

En el tercer capítulo, presento dos simplificaciones del modelo principal. En el primero, al que llamamos modelo simplificado, se modifica el espacio social aunque la dinámica de opinión es igual al modelo original. Se analizan los resultados e influencias de los parámetros análogamente al capítulo 2, aunque sólo para el caso simétrico.

Por último, se presenta un modelo más simplificado con modificaciones tanto en el espacio social como en la dinámica. Finalmente, se expone una breve descripción cinética de este último modelo.

En el capítulo 5 se concluye el trabajo con la comparación de los modelos discutidos, sugerencias sobre futuras modificaciones y análisis de los modelos. Presentamos una recapitulación de los principales resultados y una breve discusión sobre la importancia de los mismos.

Capítulo 2

Contexto

2.1. Sistemas Complejos y Sociofísica

En esta sección se presentan las principales características de los sistemas complejos y redes complejas, así como algunas aplicaciones a la Sociofísica.

2.1.1. Generalidades de los Sistemas Complejos

Hasta principio del siglo pasado, la naturaleza se estudiaba de forma estratificada. Sin embargo, en la última mitad del siglo se ha desarrollado un entendimiento general, sobre sistemas que consisten en muchas componentes que interactúan y se organizan en niveles jerárquicos. Es común llamarles a estos sistemas complejos, pues es imposible reducir sus comportamientos globales a un conjunto de propiedades características de sus componentes individuales. La interacción entre estas partes, es capaz de producir propiedades a nivel colectivo que no están presentes cuando las componentes se consideran individualmente [14].

Existen muchos modelos que describen fenómenos naturales colectivos, como por ejemplo las transiciones de fase en materia condensada[5], los incendios forestales [6], los terremotos [19] y los procesos de desertificación [26]. También se han propuesto modelos de sistemas sociales aplicando las herramientas de los sistemas complejos y de la física estadística como por ejemplo, en el estudio del movimiento de las personas [9], [25], y el tráfico de automóviles en una ciudad [10].

Las redes representan un enfoque útil para describir la topología de las interacciones entre los elementos que constituyen los sistemas complejos. En sí mismas,

las redes se han vuelto un objeto de estudio de las ciencias de la complejidad, al ser estructuras que se encuentran en todas las ramas de la ciencia, desde la neurobiología o la genética, hasta la física estadística y las ciencias sociales [23].

Redes Complejas

Una *red* es un conjunto de puntos, llamados *vértices* o bien nodos, con conexiones entre ellos, llamadas *aristas*. En el mundo abundan sistemas que toman la forma de redes (también llamadas “gráficas” en la literatura matemática)[16]. Entre los ejemplos más estudiados, destacan el internet, redes tróficas y metabólicas, redes telefónicas y de electricidad, estructura neural de algunos nemátodos, conexiones entre autores científicos a través de citas de artículos o, la multipertenencia de empresarios en las juntas directivas de las más grandes compañías de Estados Unidos [23].

Las redes se han estudiado desde muchos puntos de vista. La teoría de gráficas, uno de los pilares fundamentales de las matemáticas discretas se ha desarrollado desde los trabajos de Euler a mediados del siglo XVI, hasta nuestros días aportando un cuerpo sólido de conocimiento para extraer información de estos sistemas.

También, la dinámica no lineal ha sido una herramienta fundamental, pues la mayoría de las redes que se estudian cambian en el tiempo de maneras a veces muy complejas, y resulta de interés modelar la manera en que las aristas se modifican según ciertas reglas de interacción establecidas entre nodos.

Sin embargo, existen una gran variedad de complicaciones que hace en ocasiones prácticamente imposible capturar este tipo de interacciones en expresiones analíticas. Por ejemplo, la red puede ser muy complicada estructuralmente y evolucionar en el tiempo con aristas creándose y destruyéndose a cada momento; los lazos entre los nodos pueden tener cualidades distintas (peso, dirección, etc.), cada nodo puede ser un sistema dinámico no lineal; pueden existir diversos tipos de nodos, entre otros [23].

Por esta razón, las simulaciones por computadora son frecuentemente usadas. En estas simulaciones se especifican las propiedades y reglas de comportamiento de entidades individuales, así como reglas de interacción entre ellas. Esta herramienta se conoce como simulación basada en agentes, de la cuál hablare en detalle más adelante.

Redes sociales

Una red social es un grupo (o conjunto) formado por agentes con algún patrón de contactos o interacciones entre ellos [27],[20]. Las redes de amistad entre individuos, relaciones de negocios entre compañías, y matrimonios entre familias son todos ejemplos de redes que se han estudiado en el pasado. De todas las disciplinas académicas, las ciencias sociales son las que tienen la más larga historia de estudios cuantitativos de redes del mundo real.

Inicialmente las redes sociales se estudiaron a partir de datos empíricos, por ejemplo, registrando estructuras de amistad en grupos pequeños, grupos de mujeres dentro de alguna población, los colegas dentro de una fábrica, o bien los estudios por Rapport, Harary y colaboradores, sobre la amistades entre los niños de un colegio realizados alrededor de las décadas de los 40's y 50's [18]. Estos autores elaboraron modelos matemáticos y señalaron la importancia de ciertos conceptos como la distribución de grados¹.

En general, estos estudios son muy inexactos, subjetivos y el tamaño del muestreo suele ser pequeño.

Por esto, se ha recurrido al estudio de otro tipo de redes, llamadas bipartitas, donde las ligas entre los agentes se hace por medio de la afiliación o colaboración con algún grupo o institución. Existen casos con datos más amplios y accesibles. Un ejemplo clásico de este tipo de redes de colaboración es la de actores, donde se considera que dos de ellos están conectados si aparecen en la misma película. Otro ejemplo es el de la coautoría entre académicos, donde dos están unidos si son coautores de un mismo artículo, o el de directores de compañías que están enlazados si pertenecen a la misma junta directiva [16].

Otra fuente importante de datos sobre conexiones entre individuos son los registros de comunicaciones de alguna clase. Por ejemplo, se puede construir una red en que cada arista entre dos individuos represente una carta o un paquete mandado por correo de uno a otro, o bien llamadas por celular entre agentes [1].

Redes de pequeño mundo Un trabajo muy importante en esta línea es el de Milgram [13], quien en 1967 diseñó un experimento que involucró cartas que se pasaban de un conocido a otro, de donde dedujo que cualquier par de personas

¹La distribución de grados de un gráfica, se refiere a la distribución de probabilidad de los grados de una red. El grado de un vértice (también llamado conectividad) se define como el número de aristas conectadas a ese vértice.

distantes geográficamente, están de hecho conectadas por una cadena muy corta de conocidos intermedios. Además, encontró que el tamaño típico de esta cadena era de seis personas [17].

El término de “pequeño mundo”, hoy en día es usado de diferentes maneras por sociólogos, físicos y el común de la gente. Sin embargo, en el estudio de las redes complejas, las redes son de pequeño mundo si la distancia promedio $\langle l \rangle$ entre 2 nodos cualesquiera es $\ll N$ (número de nodos), en particular $\langle l \rangle \propto \ln N$.

Las redes de interacción social entre individuos se caracterizan por compartir dos propiedades topológicas que difícilmente se presentan simultáneamente en otros sistemas.

La primera de ellas es que existe una agregación entre nodos, lo cual es una característica propia de redes con una estructura regular (tipo cristalina). Por ejemplo, si un individuo A conoce a B y B conoce a C, es mucho más probable que A y C se conozcan entre sí que si simplemente tomamos A y C al azar en la red.

Sin embargo, por el experimento de Milgram, sabemos que en una sociedad un individuo puede llegar a otro por medio de una corta cadena de conocidos. En la población mundial, por ejemplo, la separación entre un ser humano y cualquier otro es aproximadamente de “seis grados” [13]. Este comportamiento no se observa en estructuras cristalinas de coordinación finita (z), pero es común en las gráficas aleatorias² y es la segunda propiedad que caracteriza las redes de interacción social.

Watts y Strogatz propusieron un modelo, llamado de “pequeño mundo”, que intenta reproducir estas características de las redes sociales. Consiste en una red de vértices con la topología de una estructura regular, adicionado con una baja densidad ϕ de conexiones entre pares de vértices elegidos al azar [17], logrando así tener gráficas con agregación alta entre nodos vecinos, a la vez de tener distancias promedio de vértice a vértice comparables con las que se tienen en una gráfica aleatoria, incluso para valores pequeños de ϕ (parámetro de mundo pequeño).

Este tipo de redes han sido ampliamente estudiadas, sin embargo en esta introducción no ahondaré más en los detalles y resultados del modelo, con el objeto de concentrarme en la modelación basada en agentes como un método para explorar la dinámica de algunas redes, por tratarse del método que uso en el presente trabajo.

²Estudiadas por Erdős y Rényi, un gráfica aleatoria se construye al partir de un conjunto de N vértices al cuál se conecta colocando zN aristas entre ellos de forma aleatoria.

Modelación basada en agentes

Las redes sociales, pueden resultar sumamente difíciles de estudiar, pues además de su topología, tienen propiedades de mundo pequeño, las interacciones entre individuos se pueden definir de muy diversas maneras y depender de una gran cantidad de variables.

Los sistemas sociales se han estudiado desde dos perspectivas principales: el de sistemas dinámicos de naturaleza continua y desde el punto de vista estadístico. Dentro de este último rubro, se utilizan herramientas de la física estadística como: autómatas celulares, percolación [22], métodos inspirados en el modelo de Ising [15] y de Monte Carlo [2]. Todos ellos, aplicados en simulaciones basadas en agentes.

En el presente trabajo, se modeló un problema de dinámica social donde fue necesario en primer lugar simular la disposición de los agentes en el espacio social. Luego, se modeló una dinámica donde los agentes de esta sociedad se comunican, establecen lazos y forman nuevos grupos entre sí. Los modelos basados en agentes en general presentan dos niveles de descripción, uno al que se le llama *elemental* y que depende de los agentes individuales y describe sus comportamientos e interacciones, y otro que describe las *propiedades emergentes* que surgen del nivel colectivo. En ocasiones las propiedades colectivas no son obvias ni es sencillo deducirlas a partir de las reglas de interacción entre individuos, que pueden ser muy simples [21].

La aplicación de este tipo de modelación a las ciencias sociales, no tiene como propósito el predecir en detalle el comportamiento de una sociedad, pues carece del nivel de exactitud necesario para lograrlo, sino identificar mecanismos básicos que pueden explicar cualitativamente las observaciones empíricas.

Estos modelos ayudan a que se desarrollen nuevas teorías y a mejorar las ya existentes. Tienen el papel de identificar parámetros relevantes dentro de un fenómeno y validar o formalizar teorías de las ciencias sociales.

Las simulaciones han resultado más accesibles para este fin, que la construcción de descripciones matemáticas, ya que el lenguaje de programación resulta menos abstracto, más flexible y fácil de modificar que muchas técnicas matemáticas. Es más sencillo simular sistemas de muchos agentes heterogéneos en la computadora que utilizando sistemas de ecuaciones, o bien incluir en las simulaciones agentes cuyas características y reglas de interacción cambian en el tiempo, lo cual es una característica de las sociedades humanas. Los individuos son capaces de observar patrones y estructuras en su vecindad que modifican su comportamiento creando un efecto de retroalimentación entre los patrones emergentes y

las propiedades elementales de los agentes.

De este modo estas simulaciones permiten explicar, experimentar y probar nuestras hipótesis implementadas en el modelo. En el caso de los sistemas sociales, es una herramienta especialmente útil y poderosa debido a lo difícil e incluso imposible que resulta la experimentación de este tipo en el mundo real.

2.1.2. Modelos de Dinámica de Opiniones

Generalmente las ciencias sociales, con excepción de la Historia, se enfocan en el estudio de situaciones estables.

A continuación mencionaré brevemente algunos ejemplos de modelación de opiniones y formación de consenso entre individuos (agentes) en una población.

Deffuant et. al. [8] desarrollaron un modelo de dinámica de opinión continua, en el que los agentes pueden influir o no sobre los demás hasta llegar a cierto consenso. Dada una población de N agentes, cada uno se caracteriza por una opinión continua $x \in [0,1]$. En cada paso de tiempo, dos agentes elegidos al azar interactúan y reajustan sus opiniones cuando la diferencia entre ellas es menor que un rango constante de tolerancia σ , simulando que dos individuos sólo interactúan cuando su opinión es suficientemente parecida. De lo contrario, ni siquiera se molestan en discutir. Comportamiento que en una sociedad se produce debido a la falta de entendimiento entre actores, conflictos de intereses o presión social. Después de realizar sucesivas iteraciones se llega a una configuración final estacionaria [8].

Dependiendo del rango de tolerancia σ entre los agentes, se observan dos regímenes: el primero en el que la población llega a un consenso, y otro en que se crean grupos con opiniones distintas.

Existen muchos modelos sociales inspirados del modelo de Ising, como el modelo de Sznajd [24]. Consiste en una cadena de individuos con opiniones que pueden tomar los valores 1 y -1. Las reglas de interacción son: dada una pareja de agentes que son primeros vecinos, si tienen la misma opinión, entonces sus otros primeros vecinos adoptan la misma opinión. Si tienen opiniones distintas los tres primeros vecinos toman la opinión opuesta a su vecino. A través del método de Monte Carlo, la simulación evoluciona o bien a un estado de consenso, cuando una sola opinión se extiende a través de todo el sistema, o bien a uno democrático donde las dos opiniones coexisten.

Los modelos de tipo Ising y la mayoría de modelos de opiniones o de votantes se han estudiado primero en redes con una estructura que podemos visualizar como mallas donde las vecindades están claramente definidas. Sin embargo se han

estudiado modelos, como los de Watts, Dodds y Newman [28] donde se estudia como los agentes de una comunidad adoptan una opinión binaria (0,1), pero esta vez en redes de individuos heterogéneas, es decir en que el número de vecinos cambia de agente a agente. En este modelo en particular un individuo con opinión 0, la cambiará a 1 si el número de vecinos con esa opinión supera un cierto valor ϕ , que se asigna también de manera individual siguiendo una función de distribución $f(\phi)$, factor que induce a que el estado de un nodo dependa dramáticamente del estado de sus nodos vecinos.

Finalmente cabe señalar que Galam [7] modeló cómo es que minorías pueden convencer a la mayoría. En el modelo los agentes inicialmente tienen dos opiniones (a favor o en contra de una reforma). Al igual que el de Dodds, et al., el modelo considera que los individuos se juntan en pequeños grupos donde todos discuten y los agentes adquieren la opinión de la mayoría de su grupo. En caso de empate todo el grupo cambia de manera que se opone a la reforma. Dependiendo tanto de la distribución de las agrupaciones, como del número de agentes dado en el estado inicial, el sistema evoluciona hacia tres estados: donde todos están en contra, todos a favor, o bien un estado inestable.

También se han modelado dinámicas de opiniones en redes sociales con comunidades bien definidas. En un modelo de redes bastante similar al que se presenta en esta tesis, Lambiotte et.al [12] parten del hecho de que las sociedades se componen de comunidades constituidas de nodos totalmente conectados entre sí, mientras que hay sólo algunos lazos entre nodos de diferentes comunidades. El modelo por lo tanto consiste en dos subredes completamente conectadas, con algunos nodos que están en la interface de ambas redes. El número de nodos interfaciales se puede variar con un parámetro de interconectividad. Si el valor de este parámetro está por encima de cierto valor, se da una solución simétrica en la que las dos comunidades alcanzan un consenso. Por debajo, en cambio, las comunidades llegan a opiniones opuestas y la solución es asimétrica. Mostrando la importancia de la cantidad de nodos en la interfase. Como se verá en los siguientes capítulos, este modelo tiene ciertas similitudes con el modelo estudiado en esta tesis.

En este trabajo se explora el modelo de una dinámica de opinión en una red social, donde a diferencia de los modelos descritos arriba, se introduce una hipótesis más realista que consiste en que una vez que un agente adopta una opinión, ésta ya no varía en el tiempo. La manera de modelar tanto la dinámica, como la topología de la red, está basada en un problema socioeconómico que surgió en Francia a principios del siglo pasado que se describirá a detalle en la siguiente sección.

2.1.3. Contexto Histórico

La transformación de imagen de los vinos de Borgoña.

Este trabajo se centrará en identificar algunas condiciones y mecanismos coordinados por agentes pertenecientes a distintos campos sociales que hacen posible un cambio de normas y conducta social [3].

Se intentará mostrar cómo se deben conjugar ciertos factores para que tengan lugar cambios de normas, tomando explícitamente como ejemplo la transformación de la imagen de los vinos de la región de Borgoña a principios del siglo XX. Transformación en la que influyeron crucialmente las relaciones formadas entre algunas personalidades pertenecientes a varios campos económicos, políticos y culturales, tanto de Borgoña, como de París.

El fenómeno de la transformación de imagen de los vinos de Borgoña, surge a principios del siglo XX para solventar un problema económico. Los comerciantes de vinos de Borgoña, mayoritariamente establecidos en la ciudad de Beaune exportaban sus productos principalmente a América, mientras que dentro de Francia su venta era marginal. Tanto productores como negociantes constituían un grupo de poca ingerencia política y económica en el sector vitivinícola de Francia. Desde el siglo XIX, estos vinos eran prácticamente desconocidos y opacados por los de otras regiones de Francia, como la de Bordeaux.

Dentro de Borgoña, los comerciantes de vinos, dominaban y explotaban a los productores propietarios de las viñas a quienes compraban el producto. La calidad del vino no era la preocupación de los comerciantes, sino la producción en cantidades industriales. Por ejemplo, para multiplicar sus ganancias hacían mezclas. Para escapar a esa dominación económica, los propietarios buscaron la manera de cambiar el patrón de producción y venta de los vinos.

La hegemonía y dominación que ejercían los comerciantes sobre los propietarios de las viñas, se vió ligeramente amenazada por la ley de 1919 sobre la “denominación de origen” (“appellation d’origine”), la cual prohíbe usar un nombre de vino para el de otro lugar aunque tengan características similares. Sin embargo, la existencia de esta ley no fue suficiente para generar un cambio en la forma de comercializar los vinos y los fraudes seguían siendo muy frecuentes. Lo que ocurrió en la región fue la invención de un folklore destinado a cambiar la imagen de los vinos de Borgoña. Con el desarrollo del turismo gastronómico, se hizo promoción a través de la prensa o de ferias, para un regreso a la tradición , promoviendo la imagen del campesino auténtico que embotella y vende directamente su vino y numerosos productos del campo además de los vinos finos.

La pregunta que motiva ésta investigación es la de cómo explicar que mientras en el plano económico, los negociantes de Beaune controlaban desde el siglo XIX casi todo el mercado de vinos de Borgoña, el poder económico se inclinó a favor de los propietarios durante la década de 1930, apoyados en particular por el alcalde de Dijon[4].

Gilles Laferté en su tesis de doctorado en ciencias sociales [11], atacó esta pregunta desde un punto de vista socio económico, concluyendo que el fenómeno anteriormente descrito, fue producto, entre otros factores, del trabajo realizado por el alcalde de Dijon, Gaston Gérard quién estaba muy bien conectado con los ámbitos locales y parisinos, pero en conflicto con las autoridades de Beaune y los comerciantes. Este personaje trabajó en promover los valores simbólicos y la representación tanto de la región, como del campo y el vino.

Estas ideas y la revalorización de la tradición lograron tener tal impacto gracias a las relaciones entre protagonistas pertenecientes a diversos grupos e instituciones. Muchos actores institucionales toman parte en el conflicto entre los propietarios y negociantes de vinos. Por otra parte, el estudio histórico sugiere la distinción al menos de tres campos de interacción entre los actores del conflicto: en primer lugar, el factor económico donde surge el conflicto entre Beaune y Dijon, seguido por el ámbito cultural y académico, constituido por las universidades locales y nacionales (Dijon y Sorbonne) así como los clubes de élites parisinas, y finalmente por la situación política tanto local como nacional. Red de relaciones entre actores del conflicto.

En la figura 2.1 se ilustra la red de relaciones entre estos grupos e instituciones. El color de las flechas que unen los nodos de la red indica el tipo de relación que existe entre ellos, pudiendo ser de tipo económico, político, cultural.

Los negociantes de Beaune juegan el papel central de la economía vitivinícola de la región de Borgoña. Sin embargo, en el ámbito cultural, Dijon es mucho más activo que Beaune lo cual contribuirá en la reformulación y apreciación de la calidad de los vinos. Así mismo, el alcalde de Dijon está mucho mejor conectado con el ambiente parisino que los representantes de Beaune. De modo que la red de influencias obtenida al superponer estos tres campos difiere cualitativamente y aporta información adicional que el simple análisis del ámbito económico.

Cabe señalar que al estudiar la red de influencias de las elites de la borgoña entre las dos guerras resalta la presencia de Gaston Gérard, quién al haber sido diputado y secretario de Estado especialista en cuestiones turísticas, al frente de la alcaldía de Dijon influye claramente al establecer conexiones directas con el mundo político nacional, el gobierno y el parlamento, así como con organizaciones culturales parisinas, como el “club des Cent” y otros clubes turísticos; con

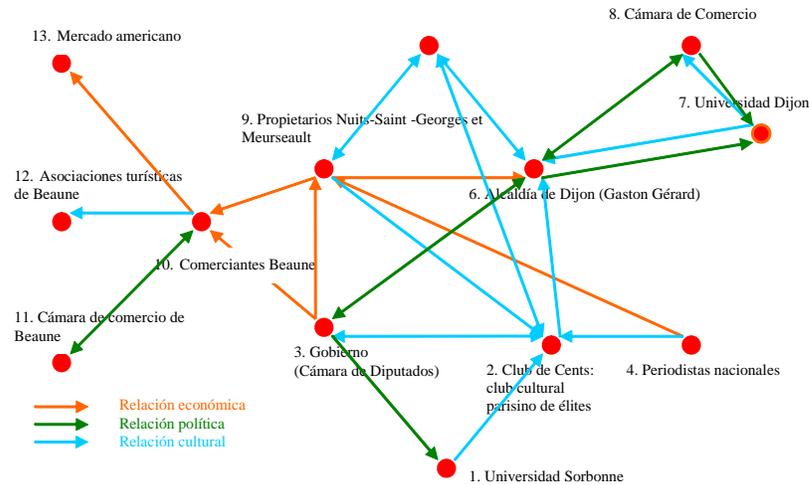


Figura 2.1: Tomada de la *Réseaux des élites bourguignonnes dans l'entre-deux-guerres* de Gilles Laferté.

la prensa nacional en el rubro gastronómico y con las asociaciones turísticas locales. Al igual que Gastón Gérard existieron otras personas que pertenecían a más de uno de los tres campos (económico, político o cultural), capaces de generar vínculos entre las elites regionales o nacionales, obedeciendo un principio de interés “bien entendido”. Es decir, los agentes tomaban y defendían su postura con respecto a los propietarios o los negociantes de vinos, en función de la manera en que tal postura podía favorecer sus intereses personales.

En particular Gastón Gérard se vincula con los propietarios pues siente que el vino y el turismo pueden servir para hacer crecer la región e impulsar así su carrera política. Para lograrlo, se apoya en los sectores industriales y agroalimentarias locales (a los cuales debe una gran parte de su carrera política), cuyos intereses son de tipo económico.

De modo que, gracias a la presencia de Gaston Gérard en la red completa de influencias, la alcaldía de Dijon resulta ser un nodo muy bien conectado y central. Pues aunque otros políticos locales apoyan a los propietarios, no toman posición ante el conflicto debido a los riesgos políticos locales que esto implicaba. Simétricamente, los comerciantes tenían apoyos políticos a nivel nacional, pero que resultaban poco activos. Más aún, la red de contactos establecidos por Gérard a lo largo de los años impide que los negociantes puedan establecer ciertos vínculos.

Todo esto, a su vez permite que los propietarios de Nuits-Saint-Georges et Meursault logren apoyos en los ámbitos políticos y culturales nacionales, mientras que los negociantes de Beaune, en parte lastimados por la Ley de 1919 y su falta de integración, quedan más bien aislados y poco conectados con el mundo parisino y de Borgoña.

De estos indicadores Gilles Laferté concluye que la conquista de los espacios político y cultural parece haber jugado un rol determinante para que se diera el sesgo de la dominación de una norma de calidad impulsada por los comerciantes a otra formulada por los propietarios alrededor de la noción de la revalorización de la campiña y la tradición. Este cambio de norma (cambio del modo de comercialización de los vinos) se hizo efectiva aproximadamente en el año 1936, cuando los propietarios comenzaron a vender el vino embotellado en su propiedad, lo que constituyó el fin de la dominación de los comerciantes.

Un punto clave en este fenómeno de transformación de los criterios de apreciación de la calidad de los vinos, es que el proceso sucedió tanto en el ámbito local de la Borgoña, como en el espacio político y cultural de París. Es de la interacción de estos dos espacios donde se desenvuelven los tres campos antes mencionados, que derivó en la evolución de los criterios de calidad, y al final, el éxito o derrota de propietarios y negociantes respectivamente. Fue éste entrecruzamiento entre los campos y niveles el factor determinante de la génesis del cambio.

Capítulo 3

Formación de grupos en una red social

3.1. Modelo

3.1.1. Construcción del espacio social

El problema surge del campo económico, con un conflicto entre los comerciantes de Beaune y los propietarios de la región (Nuits-Saint Georges y Meurseult). Los intereses opuestos de estos dos grupos se representan con un parámetro I (interés) con valores -1 para los comerciantes y $+1$ para los propietarios.

Para simplificar, se supuso que los otros agentes en juego pertenecen a distintos campos sociales, a saber políticos y culturales. Más aún, esta versión del modelo establece también una separación geográfica en tres lugares: Beaune, Dijon y París.

El sistema (excepto por los dos agentes económicos) está constituido por un número N de agentes. De los cuáles, inicialmente se distribuyen $\frac{N}{8}$ agentes en cada uno de los 4 campos regionales (Dijon/Beaune-Político/Cultural), y $\frac{N}{4}$ en cada uno de los dos campos nacionales (París-Político/Cultural). Con el objetivo de estudiar las tendencias del modelo de manera estadística, el número de agentes con el que se trabajó inicialmente fue de $N = 2000$.

Se supone que Dijon y Beaune forman dos comunidades regionales herméticas, es decir, ningún agente pertenece a la vez a un campo de Dijon y a otro en Beaune. De esta manera se representa la ruptura de relaciones entre Gaston Gérard y las élites de Beaune desde la década de 1910.

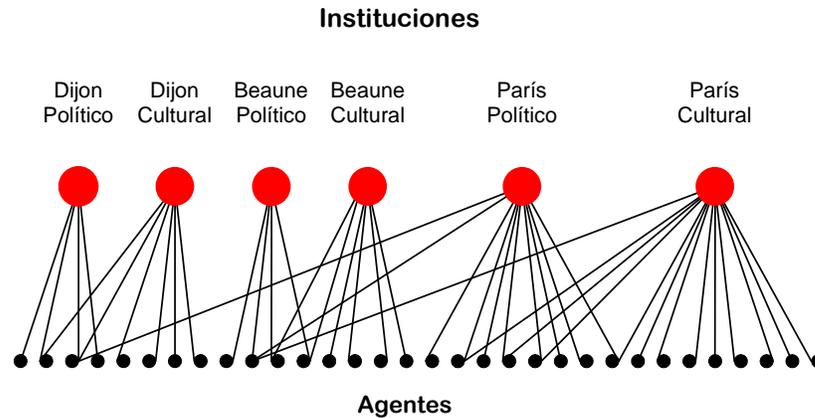


Figura 3.1: Esquema de red bipartita de la distribución de los agentes en 6 ámbitos o instituciones socio-geográficas. La pertenencia de los agentes (puntos negros) a cada campo (discos) se representa con una línea que los une. Puede haber multipertenencia.

Sin embargo, dentro de una misma región geográfica, un agente puede pertenecer tanto al ámbito político, como al cultural, e incluso a los ámbitos nacionales. Esta multipertenencia se esquematiza en la Figura 3.1, donde por ejemplo: algunos agentes del ámbito político regional pertenecen también al sector cultural local, o incluso al ambiente político nacional.

Esta multipertenencia se asigna de la siguiente manera:

i) Todo agente político regional puede pertenecer con una probabilidad P_{cult} , al campo cultural local correspondiente; la misma regla se aplica para los agentes políticos nacionales y el campo cultural nacional.

ii) Todo agente político regional puede pertenecer con una probabilidad pequeña p al ámbito político nacional (si es diputado o tiene alguna función en el gobierno). En tal caso, puede pertenecer con una probabilidad P_{cult} al campo cultural nacional.

Considerando la proximidad de las elites de un mismo nivel, la pertenencia a los mismos clubes, frecuencia a los mismos lugares, etc. se ha escogido una P_{cult} alta y fija (en este caso fijamos $P_{cult} = 0,5$).

Por el contrario p toma valores pequeños, reflejando la dificultad de convertirse ministro o hacerse escuchar en el parlamento. El parámetro p se inspira del

modelo de “pequeño mundo” de Watts y Strogatz [23] (donde una minoría de agentes tiene conexiones a grandes distancias), y se convierte en un parámetro muy importante del modelo.

Además, cada agente i se le caracteriza con una variable aleatoria continua que denominamos como su interés I_i distribuida entre -1 y 1 . Estos límites representan los intereses de los comerciantes y propietarios respectivamente. I_i es intrínseco del agente y se le asocia al inicio de la simulación siguiendo una densidad de probabilidad $P(I)$. Si I_i es positivo, cuando el agente i entra a la dinámica de opinión, establecerá más fácilmente un lazo con los propietarios, mientras que si es negativo, será con los negociantes. Cabe señalar que cuando los agentes forman un lazo, su interés cambia como se explicará más adelante en la forma de construir la red de influencias.

La distribución $P(I)$ se puede elegir simétrica, de modo que a priori existirá la misma proporción de simpatizantes de los propietarios y de los negociantes en las tres regiones geográficas, logrando que el modelo sea lo más simétrico posible.

Sin embargo, el desarrollo del turismo a principios del siglo XX y la ley de 1919 sobre la Denominación de Origen, propiciaron que en París se propagara la idea de la invención de un folklore que dieran lugar a la aparición del turismo gastronómico.

En el ámbito regional, Gastón Gérard comenzó a apelar por una valorización financiera de los bienes culturales locales. De modo que fuera del ámbito estrictamente económico, existía en realidad un sesgo a favor de los propietarios (vino regional, embotellado en la propia viña, etc.) comparado con las prácticas capitalistas de los negociantes (mezclas, vino de exportación, etc.)

Este hecho se puede reflejar en el modelo, con la introducción de una variable $b > 0$ que establece una asimetría en $P(I)$, como la muestra la figura 3.2. Más adelante, consideraremos principalmente el caso $b = 0$.

El máximo de la curva se encuentra en el valor b , que en la figura es positivo pero puede ser 0 para el caso simétrico. Dando lugar a que existan más agentes con $I > 0$ que $I < 0$ en los ámbitos políticos y culturales.

En este trabajo se eligió

$$P(I) = Ce^{-|I-b|} \quad (3.1)$$

Donde C es una constante de normalización. Esta función de distribución no es uniforme: si $b = 0$ o si $b \ll 1$, muchos agentes serán esencialmente “neutros” con respecto al conflicto ($I_i \approx 0$), aunque puede existir una ligera tendencia de simpatía por los propietarios. Los agentes con intereses marcados ($I_i \approx \pm 1$) serán los más raros, aunque en principio juegan un rol importante en la construcción de

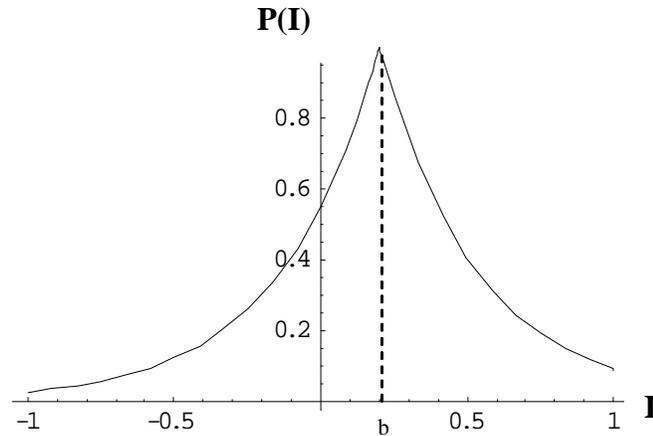


Figura 3.2: Gráfica de $P(I)$ contra I (interés). El máximo está centrado en el valor $I_{\text{máx}} = b$.

la red, pues como se explica más adelante, serán los más susceptibles de establecer lazos.

La siguiente suposición es que todos los agentes al interior de un mismo campo se conocen (ver figura 3.1) es decir entran en contacto al menos de forma ocasional. Por lo que pueden establecer una relación con base a sus afinidades en común.

En tanto que dos agentes que no pertenecen a ningún campo en común, no pueden establecer un lazo directo entre ellos. Por ejemplo: Un político regional sin relaciones a nivel nacional, no socializa con un universitario parisino.

Finalmente, suponemos que los agentes económicos conocen a los políticos de su ciudad (Dijon para los propietarios; Beaune para los comerciantes).

3.1.2. Construcción de la red de influencia

Inicialmente, ningún agente político o cultural está comprometido o asociado en favor de ninguno de los actores del conflicto económico. A continuación se describe la manera en que se modeló la formación de grupos a favor de comerciantes o propietarios. Esencialmente, los agentes que adoptan una postura tratan de convencer a los que aún no tienen ninguna en función de la cercanía de sus intereses.

En una primera versión del modelo, que es la más “realista” o apegada al problema histórico, la dinámica se desarrolla en 5 etapas que se suceden secuencialmente.

Etapa A: Se parte de la suposición de que el campo político local es más cercano al económico que el cultural, respondiendo a la imagen del alcalde Gastón Gérard quién se rebela contra el monopolio de los comerciantes y resalta el valor de la Borgoña y el turismo.

En esta etapa, los agentes económicos interactúan un cierto número de veces con los políticos de su ciudad respectiva. A cada paso de tiempo, ocurre uno de los dos siguientes eventos:

Con probabilidad $P_B = \frac{r}{1+r}$, el agente “comerciante” interactúa con un político de Beaune elegido al azar. Con probabilidad complementaria $P_D = \frac{1}{1+r}$, el agente “propietario” interactúa con un político de Dijon elegido al azar. Donde r es un parámetro que se elige al inicio de la simulación e introduce un sesgo en la cantidad de lazos que se forman en esta etapa. $r = 1$ corresponde al caso simétrico. Las tasas de interacción de los comerciantes o propietarios con el mundo político regional son iguales. Este proceso se repite $\frac{N}{4}$ veces, el número de agentes políticos locales (Dijon + Beaune).

Si $r \neq 1$, la probabilidad de elegir un agente de una de las dos regiones es mayor que la otra. Por ejemplo, si $r > 1$ como $P_B > P_D$ al finalizar esa etapa los comerciantes interactuaron más con los agentes de Beaune que los propietarios con los de Dijon.

En cada una de estas interacciones, el lazo entre el agente e del mundo económico y el agente pol del ámbito político de su región, se establece con un probabilidad:

$$P_a \equiv e^{-\beta|I_e - I_{pol}|} \quad (3.2)$$

.Donde β es una constante positiva (equivalente a la temperatura, grado de irracionalidad o facilidad de convencimiento). Recordamos que $I_e = \pm 1$, $I_{pol} \in [-1, 1]$ son los interés de e y pol respectivamente.

Entre más cercanos sean los intereses, la probabilidad de asociación es mayor. La constante β se vuelve también un parámetro muy importante, junto con el sesgo b y la probabilidad de representación nacional p . Pues si $\beta \gg 1$ la asociación es selectiva, es decir los agentes sólo establecen un lazo si sus intereses son muy cercanos, para lo cual $p_a \approx 1$. Por el contrario, si $\beta \ll 1$ (equivaldría a altas temperaturas o irracionalidad), el interés común deja de ser el factor que

determine el establecimiento de un lazo. Entre estos dos casos se encuentra en el que los agentes pueden establecer un lazo sin necesidad de que sus intereses sean idénticos, sino cuando existe cierta proximidad entre ellos (ver Deffuant et al. [8]).

Una vez que el agente económico establece un lazo con el agente político, éste es definitivo y el político toma el interés del agente económico: $I_{pol} = I_e = \pm 1$.

Etapa B: Los agentes políticos locales (Dijon y Beaune) conectados a los económicos durante la *etapa A*, intentan convencer a los políticos de su región que no fueron convencidos en aquella *etapa*, de aliarse, tratando de establecer un lazo con ellos.

En esta etapa se elijen al azar dos agentes políticos i, j en el mismo campo local (Dijon o Beaune). Si el interés de uno de los agentes es $I_i = \pm 1$ (ya tomó partido), y si j no ha sido convencido, análogamente a la etapa anterior, el agente j establecerá un lazo con i con una probabilidad:

$$p_{ij} \equiv e^{-\beta|I_i - I_j|} \quad (3.3)$$

Donde I_j representa el interés del agente j , e I_i el interés del agente i convencido anteriormente, que toma solamente dos valores, 1 para Dijon y -1 para Beaune. Se repite el proceso $\left(\frac{N}{8}\right)^2$ veces (el número de posibles pares) para cada ámbito político regional (Dijon-Beaune).

En cuanto un agente j establece un lazo con i , constituye en sí una nueva voz a favor de los comerciantes o de los propietarios y cambia su interés ($I_j = I_i$). Y durante esta etapa podrá intentar a su vez convencer a los agentes que sigan sin tomar una postura. Como se mencionó anteriormente se supuso que las dos localidades eran herméticas, por lo que este proceso se puede hacer primero para Dijon y luego para Beaune.

Por construcción, al final de la etapa B es fácil ver que los políticos de Dijon siempre apoyan a los propietarios, mientras que los de Beaune a los comerciantes. Lo importante, es saber cuántos lazos se establecen para cada lado.

Etapa C: Los agentes políticos que también pertenezcan al ámbito cultural y que ya establecieron un lazo, convencerán al resto de los agentes culturales de su región.

Análogo a la etapa anterior se elijen dos agentes i, j al azar en el ámbito cultural local considerado. Si el interés de uno de los agentes $I_i = \pm 1$ y además este agente también pertenece al ámbito político local, y si el agente j no ha

tomado aún partido, establecerá un lazo con i con una probabilidad igual a la de la ecuación 3.3:

$$p_{ij} \equiv e^{-\beta|I_i - I_j|}.$$

Este proceso se repite de manera idéntica a la etapa B ($(\frac{N}{8})^2$ pares (i, j) en cada ámbito cultural local). Cabe señalar, que en esta etapa sólo los agentes políticos convencen a los culturales, mas no los culturales entre sí. Por construcción, los agentes políticos que establecen un lazo durante esta etapa pueden convencer a su vez a otros agentes.

Etapa D: Los agentes políticos nacionales con una opinión definida, intentan convencer a los agentes políticos nacionales que aún no han sido convencidos.

Inicialmente los políticos que ya han establecido un lazo, son aquellos que pertenecen también al ámbito político de alguna región (si los hay).

Como fue descrito en las etapas anteriores, en esta etapa se elijen dos agentes al azar, si el interés de uno de los agentes es $I_i = \pm 1$ e $I_j \neq \pm 1$, el agente j establecerá un lazo con i con la probabilidad p_{ij} de las etapas B y C. En cuanto un agente j establece un lazo con i , entra la dinámica de convencimiento al modificar su interés: $I_j = I_i$. Después de iterar un número de veces igual al número de agentes en ese campo elevado al cuadrado ($(\frac{N}{4})^2$), asegurando que todos los agentes interactúen entre sí, se continúa con la última etapa.

Etapa E: Los agentes del ámbito cultural, intentan conectarse. Análogamente a la etapa anterior se escogen dos agentes al azar en los que si $I_i = \pm 1$ y pertenece al ámbito político nacional e $I_j \neq \pm 1$, el agente j establece un lazo con i con la probabilidad p_{ij} de las etapas B y C. Si la conexión se hace, $I_i = I_j$. El proceso se repite $N_{pol.culturales}^2 = (\frac{N}{4})^2$.

Ver Apéndices 2 y 3 para ver el diagrama de flujo del modelo y de algunas etapas del mismo, así como el código fuente utilizado.

3.2. Resultados

Una vez concluida la etapa E del modelo, se hace un conteo del número de agentes que se aliaron con los propietarios (Np) y con los comerciantes (Nc).

A partir de estos números se define la variable x como:

$$x = Np - Nc \quad (3.4)$$

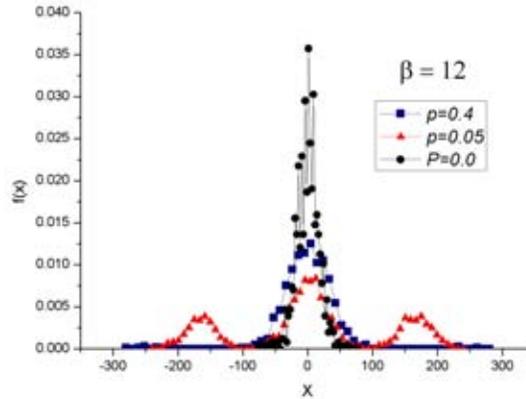


Figura 3.3: Función de distribución de la variable x , para $\beta = 12$; $b=0$; $r = 1$; tres valores distintos de $p := 0, 0,05$ y $0,4$. Número total de agentes $N = 2000$; se realizaron 2000 simulaciones independientes.

Esta variable describe la diferencia de tamaño entre los dos grupos. Si x toma valores cercanos a cero sabremos que tanto propietarios como comerciantes tienen aproximadamente el mismo número de aliados, mientras que su signo nos indicará que agente económico logró predominar en la construcción de la red de influencias. Por ejemplo, si x resulta $\gg 1$, sabremos que los simpatizantes de los propietarios conforman la mayoría.

Observamos que el valor de x fluctúa de una simulación a otra, pues tanto las características de los agentes (intereses y pertenencia a los distintos campos socio-geográficos), como los lazos que se forman entre ellos se generan de manera probabilística.

Por lo tanto, aunque las reglas del modelo son siempre las mismas, una vez que se han fijado los valores de los parámetros es necesario repetir la simulación muchas veces, obteniendo cada vez un valor nuevo de x .

La siguiente figura muestra la función de distribución de probabilidad $f(x)$, de obtener cierto valor para x , la cual se obtiene graficando la fracción de sociedades que obtuvo un resultado con valor cercano a x , donde cada sociedad se refiere a una simulación independiente del modelo. De modo que $f(x)dx$ es un histograma normalizado ($\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$) que muestra sobre 2000 simulaciones independientes, la proporción de resultados en el intervalo $[x, x + dx]$.

Parámetros El modelo cuenta con 4 parámetros importantes: la selectividad β en la formación de lazos, la probabilidad de pertenecer al ámbito político nacional p (a la que también llamaré la probabilidad de encontrar un agente bien conectado en los campos locales), el sesgo b en la distribución de intereses y un sesgo r que es el cociente de las tasas de interacción *Propietarios/Comerciantes* con los políticos locales.

En un primer análisis, se estudiará el caso simétrico, con $b = 0$ y $r = 1$, de modo que los intereses se distribuyen entre el número total de agentes según una distribución de probabilidad $P(I) = Ce^{-|I|}$. La cual es una función simétrica respecto al origen, y si $r = 1$ los agentes de los campos económicos interactúan en la misma proporción con los políticos locales.

Manteniendo fijo el valor de $r = 1$, se logra que en la etapa *A* del modelo, la probabilidad de que un agente económico interactúe e intente formar un lazo con un agente político de su región, es la misma tanto para Dijon como para Beaune; es decir, tanto propietarios como comerciantes dialogan con la misma tasa con la élite política de su localidad.

3.2.1. Caso Simétrico

En la figura 3.3 se ilustra como al elegir b y r para que no exista ningún sesgo a favor de algún grupo, los histogramas de x que se obtienen son simétricos respecto a $x = 0$. Sin embargo, un histograma varía respecto al otro por efecto de la variable p , con β quedando fijo con el valor 12.

En los tres casos ilustrados, se distingue que para $p = 0,0$ y $p = 0,4$ la distribución de probabilidad es máxima alrededor de $x = 0$ y decrece rápidamente hasta hacerse cero, lo que implica que para estos valores de p la red de influencias tanto de comerciantes como de propietarios crece de manera simétrica a lo largo de cada simulación.

Cuando $p = 0$, ninguno de los agentes está bien conectado, de modo que el problema se restringe al área local. En las etapas *A*, *B* y *C* se forman las alianzas entre los agentes del ámbito político y cultural de Beaune y Dijon con los agentes económicos respectivos. Cuando se llega a la etapa *D*, en la interacción en el ámbito nacional ya no se forman más alianzas pues los agentes de ese campo socio-geográfico están separados del local y no tienen ninguna postura. Dado que las interacciones a nivel local se dan de manera independiente y simétricamente entre los agentes de Beaune y Dijon, es de esperar que al final el número de alianzas a favor de los propietarios sea prácticamente igual al de los comerciantes. Este

hecho se ve claramente en el histograma. Además, cabe señalar que $f(x)$ muestra que efectivamente entre una simulación y otra hay variaciones en el valor de x , sin embargo estas fluctuaciones son pequeñas pues cuando un grupo supera en tamaño al otro, lo hace sólo por una pequeña mayoría. No hay victorias espectaculares de un grupo sobre otro, ni se observa un fenómeno colectivo en el que la red de influencia adquiera un tamaño netamente muy superior al del adversario. Al calcular el número promedio $\langle N_p \rangle$ de agentes aliados con los propietarios de Dijon en 2000 simulaciones, por ejemplo, resulta que $\langle N_p \rangle = 48,3$ y la desviación estándar para la distribución de agentes aliados con los propietarios de Dijon es $\sigma = 12$, la cuál es pequeña.

Para $p = 0,05$ y otros valores pequeños de p , esta situación cambia. Aunque el histograma es simétrico respecto a $x = 0$ (debido a los valores de b y r), se observa la aparición de máximos secundarios en la distribución de probabilidad. Si bien el máximo principal sigue estando en $x = 0$ y por lo tanto es muy probable obtener en una simulación un empate entre los grupos, los otros dos máximos indican que con una probabilidad no despreciable había configuraciones sociales en que la red de influencias de un grupo creció tanto en número que superó a la de su adversario por más de 150 agentes, en este ejemplo. Mientras que en el caso anterior, la probabilidad de que un evento de esta naturaleza sucediera era prácticamente nula.

Este efecto se puede comparar con una coexistencia de fases: una fracción importante de redes se encuentra en un estado simétrico ($x \approx 0$), y coexisten con otra fracción que está en una fase no simétrica.

Para valores grandes de p , como $p = 0,4$, esta propiedad no se conserva. Como se mencionó anteriormente, la distribución $f(x)$ se comporta cualitativamente similar al caso $p = 0$, aunque el espacio social es muy distinto en los dos casos. En este caso hay muchos agentes bien conectados, y la distribución tiene un único máximo centrado en el cero. Los grupos de alianzas que se forman son de mayor número que para $p = 0$, por ejemplo, $\langle ND \rangle = 259,6$ y $\sigma = 29,4$, lo cual era de esperarse pues en este caso también participan en las alianzas los agentes que pertenecen a los ámbitos nacionales.

En los histogramas expuestos, se puede distinguir entre dos tipos de comportamientos radicalmente distintos de las sociedades. Uno en que se pueden formar grupos de opinión que realmente sean predominantes en número y conformen una gran mayoría respecto a sus adversarios, dando lugar a un cambio de norma social. Y el caso en que este tipo de grupos dominantes no se forman (una única fase de “polarización”).

En los capítulos siguientes se analizarán los mecanismos necesarios para que

estos dos tipos de comportamientos surjan.

Diagrama “de fases”

Como se expuso anteriormente, una de las características más interesantes del modelo, es que para algunas combinaciones de parámetros se obtiene una función de distribución de la variable x con un sólo máximo centrado en el origen, mientras que para otras combinaciones, esta función además de ese máximo, presenta otros dos máximos secundarios.

Al construir el espacio social como se describió en las secciones anteriores, los parámetros que determinan los tamaños de los grupos de opinión al final de cada simulación, son β y p , que se refieren a la facilidad con que un agente adopta una opinión uniéndose a un grupo y a la probabilidad que tiene un agente de pertenecer al ámbito político nacional respectivamente.

Como un primer resultado, se construyó un diagrama “de fases”, en el espacio definido por p y β (ver figura 3.4), para $r = 1$, $b = 0$ (caso simétrico).

Dado un valor de p y β fijos, se repitieron 2000 simulaciones independientes del modelo, obteniendo la función de distribución de la variable x al que me referiré también como histograma de x para estos parámetros.

Los histogramas se clasificaron en tres grupos que se representan con símbolos distintos en el diagrama de fases. En el primer grupo, están todos los histogramas que presentaron solamente un máximo centrado en el origen, lo que corresponde a que al final de cada simulación el grupo aliado con los propietarios era casi del mismo tamaño que el de los partidarios de Beaune. Esta situación se representa con un triángulo en el diagrama, y se interpreta como que los grupos de opinión crecen y se conforman de manera simétrica con pequeñas fluctuaciones, de ahí que a ese estado le denominemos fase simétrica o polarizada.

Otro tipo de histograma, es aquel que tiene tres máximos, que muestra una coexistencia de fases, a saber, en la que los grupos se conforman de dos modos, uno de ellos siendo simétrico. También es posible que con esos mismos parámetros, un grupo crezca mucho más rápido que el otro en alguna etapa del modelo y al final resulta en que existe una probabilidad no despreciable de que se forme un grupo dominante. En el diagrama representamos esta situación con puntos negros y la región del espacio en que esto sucede se señaló como de coexistencia de fases I.

Al hacer las simulaciones en muchos casos los histogramas presentan máximos secundarios, pero cuya altura es mucho menor a la del máximo principal.

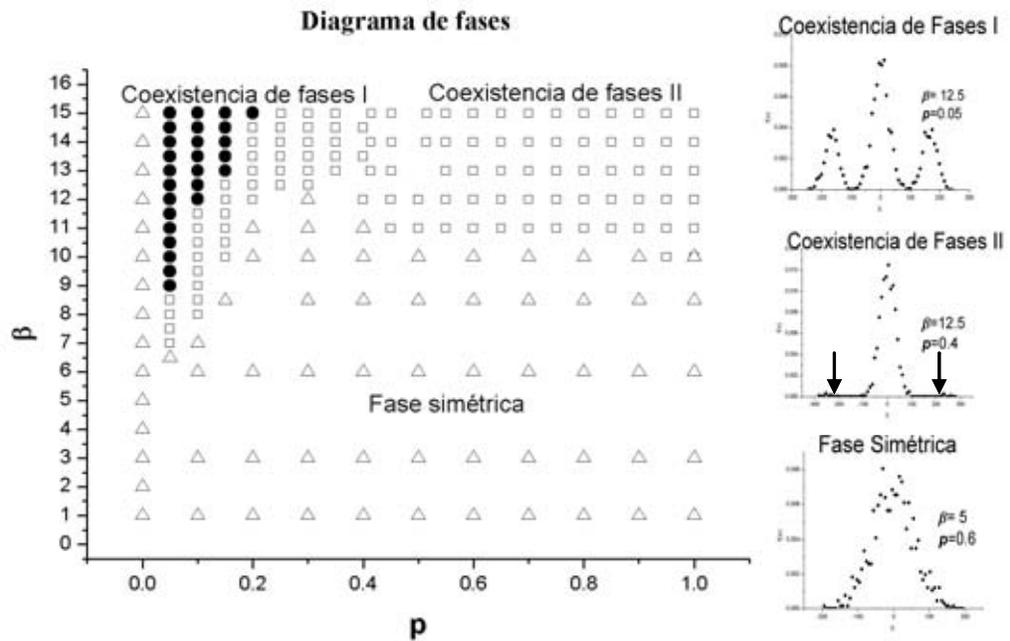


Figura 3.4: Diagrama de fases para los parámetros β y p . Se distingue entre 3 fases. Coexistencia de fases I (puntos negros); coexistencia de fases II (cuadrados), fase única simétrica (triángulos).

Si la altura de los máximos secundarios es menor a la décima parte de la altura del máximo principal, los clasificamos en un tercer grupo que en el diagrama se representa con cuadrados. En este caso existe coexistencia de fases, pero la que predomina es realmente la fase simétrica y la otra es despreciable. A las funciones de distribución de x que cumplieran esta condición la denominamos como de coexistencia de fases II.

Aunque en el diagrama de fases consideramos necesario la distinción entre tres distintas formas cualitativas de la distribución de x , en los análisis posteriores nos interesará distinguir esencialmente entre las distribuciones en fase simétrica, y en las de coexistencia de fases I, pues dada una red social, nos interesa entender los parámetros relevantes y mecanismos necesarios para que exista una probabilidad significativa de que se forme un grupo mayoritario y dominante. Lo que en términos de los histogramas de x se traduciría en distinguir entre aquellos con un sólo máximo y aquello con tres máximos.

Fluctuaciones de las diferencias de tamaño de grupos

Otra forma de observar estos dos comportamientos cualitativamente distintos, es en el análisis de los valores de x comparados con una nueva variable, a la que llamamos d_{polna} , definida como:

$$d_{polna} = (\text{número de agentes pertenecientes al ámbito político de Dijon y nacional}) - (\text{número de agentes pertenecientes al ámbito político de Beaune y nacional})$$

El nombre d_{polna} indica la diferencia de políticos locales bien conectados. Si hay tantos agentes con multipertenencia del lado de los propietarios como de los comerciantes d_{polna} será igual a cero. Si los de Dijon tienen más poder político a priori, $d_{polna} > 0$ y si sucede lo contrario, $d_{polna} < 0$.

Esta nueva variable varía con cada simulación, incluso cuando los parámetros permanecen constantes, pues la pertenencia de un agente a cada campo socio-geográfico se determina de manera probabilística.

Como se mencionó anteriormente cuando no existen agentes con multipertenencia de ninguna localidad, los grupos de opinión crecen simétricamente y al final tienen aproximadamente el mismo tamaño, por lo que comparar la cantidad de políticos bien conectados de cada localidad con el tamaño final de los grupos de opinión, nos arroja nueva información sobre los mecanismos del modelo.

Las gráficas de la figura 3.5 muestran la relación entre la variable x y d_{polna} , para el mismo valor de β , y dos valores de p . Cada punto representa una simulación.

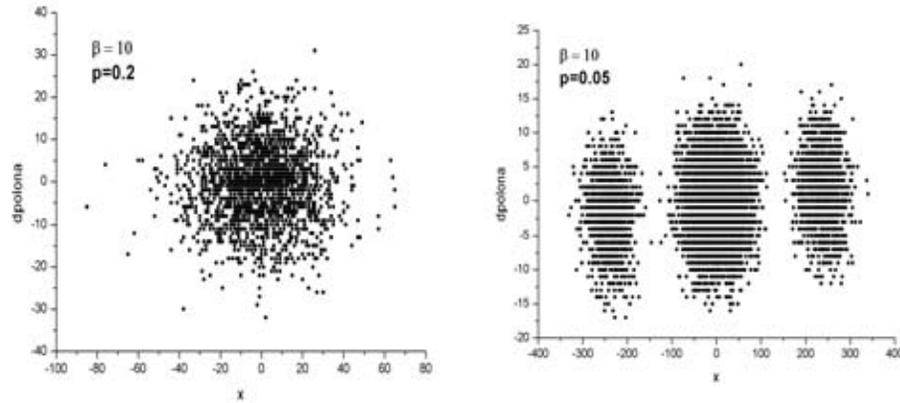


Figura 3.5: Gráficas de x contra $dpolna$. Para $p = 0,2$, se tiene una fase simétrica, mientras que para $p = 0,05$ existe coexistencia de fases. Cada punto en las gráficas representa una simulación. Se ilustran un total de 2000 simulaciones.

Si revisamos en el diagrama de fases el tipo de histograma que corresponde a los parámetros escogidos para estas gráficas, vemos que el de la izquierda corresponde al de una fase simétrica y el de la derecha a coexistencia de fases I. En estas gráficas se ve claramente que cuando tenemos una sólo fase no hay en realidad una correlación entre x y $dpolna$ y tenemos una única mancha centrada en el origen. Sin embargo cuando los valores de β y p corresponden a una coexistencia de fases, la gráfica muestra tres manchas. Estas manchas están separadas por regiones donde casi no hay puntos (regiones “prohibidas”). Además, valores positivos o negativos de $dpolna$ pueden conducir a los mismos valores de x . Así como hay valores de x en los que el sistema nunca alcanza.

Es sorprendente notar que no hay una gran correlación entre x y $dpolna$: un valor alto de x ($x \approx 250$) se puede obtener aún cuando los políticos de Dijon representan una minoría a nivel nacional ($dpolna < 0$).

Probabilidad de cambio de norma social

Para cuantificar la influencia de los parámetros en la formación de los grupos, a continuación se analizará la probabilidad de obtener grupos dominantes susceptibles de lograr un cambio de norma social. Nótese para que un grupo dominante

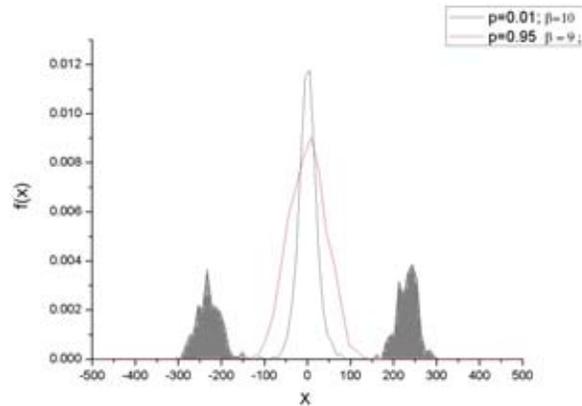


Figura 3.6: La probabilidad de que se forme un grupo dominante se tomó como el promedio de las áreas sombreadas en el histograma.

exista, basta que x sea distinta de cero, lo cual pasa tanto cuando la función de distribución de x corresponde a la de una fase simétrica, como a la de coexistencia. Sin embargo a lo largo del trabajo me referiré a un grupo dominante cuando x , es decir la diferencia entre un grupo y otro, sea significativa, entendiendo esto como que el $|x|$ es suficientemente grande como para decir que realmente existió una victoria de un grupo sobre otro, lo cual ocurre si existen máximos secundarios en los histogramas de x . La existencia de grupos de esta naturaleza permite que en la sociedad que se está modelando se pueda dar un cambio de norma social, pues la opinión de un grupo prevalece y domina sobre el otro.

Dada la función de distribución de la variable x , definimos la probabilidad de tener un cambio de norma social (o bien, grupos dominantes) como el promedio de las áreas bajo la curva en las regiones de los dos máximos secundarios. En general estas regiones están bien definidas pues se separan del máximo principal por regiones donde $f(x) \simeq 0$ (ver por ejemplo figura 3.5). De este modo en los histogramas de una fase simétrica, la probabilidad de que se forme un grupo dominante es cero, ya que la función de distribución no tiene máximos secundarios. Ver figura 3.6.

En los histogramas en que existen máximos secundarios, estos son simétricos respecto al origen y aproximadamente del mismo tamaño, por esta razón se decidió tomar el promedio de las áreas bajo estas curvas.

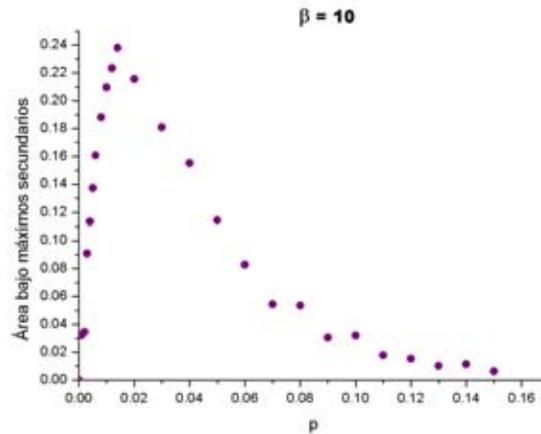


Figura 3.7: Probabilidad de tener un grupo dominante en función de p a β fija.

Para estudiar como se comporta esta probabilidad, en primer lugar elegimos una β constante y se calculó este promedio de áreas para distintos valores de p . El resultado se muestra en la figura 3.7.

En esta figura se observa que para $p > p_0 = 0,16$ la probabilidad de tener un grupo dominantes es practicamente nula. Para valores más bajos de p , esa probabilidad se vuelve distinta de cero. En los histogramas correspondientes observamos que para esa p_0 , aparecen por primera vez máximos secundarios. Conforme p disminuye, esta probabilidad aumenta hasta llegar a un valor máximo ($p^* \approx 0,02$), después del cual la probabilidad cae rápidamente hasta llegar nuevamente al cero. Es decir, hay un valor óptimo de p (que, recordemos, corresponde a la probabilidad de tener políticos locales en el ámbito nacional) para el cambio de norma.

De manera análoga se graficó la probabilidad de tener un grupo dominante, pero esta vez respecto al parámetro β , dejando p fija (ver figura 3.8).

En este caso también hay un β característico a partir de la cual la probabilidad es distinta de cero y crece a medida que β crece.

Conforme β aumenta, la probabilidad de que dos agentes (i, j) que interactúan se conecten, es menor, ya que los enlaces son más selectivos y la conexión sucede cuando el interés del agente j sin afiliación es muy cercano al del agente económico ($I = \pm 1$) con quien el otro agente i está ya afiliado. En la figura 3.8,

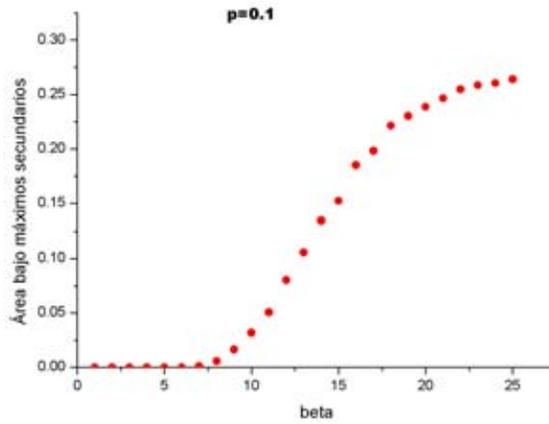


Figura 3.8: Distribución de la probabilidad de tener un grupo dominante en función de β a p fija.

cualitativamente se observa que mientras estos enlaces se hacen más selectivos, la probabilidad de que exista un grupo dominante sigue creciendo. Es un fenómeno contraintuitivo pues aunque cada vez hay menos agentes convencidos, aún así la probabilidad de un cambio de norma social aumenta.

El análisis de la probabilidad de formar grupos dominantes para β mayores y no es viable, dado que los máximos secundarios se acercan al máximo principal conforme β aumenta y no es clara la frontera entre los máximos. Ver figura 3.9.

Evolución de la variable x

Al inicio de cada simulación el número de agentes a favor de Beaune y a favor de Dijon, es cero en ambos casos. Después cada grupo empieza a ganar adeptos y a aumentar su tamaño. Podemos definir, artificialmente, el tiempo como el tiempo de cómputo. A cada instante el tamaño de los dos grupos N_p y N_c aumenta. Por lo tanto como x es la diferencia entre estos dos grupos, se actualiza, la variable x evoluciona en el tiempo. Todas las simulaciones, al estar regidas por las mismas reglas corren hasta un tiempo T_f final establecido, que corresponde al tiempo para que cada agente interactúe con todos los agentes de su campo. Es decir, en la etapa B los agentes locales interactuaron con todos los de su región, en la C , los

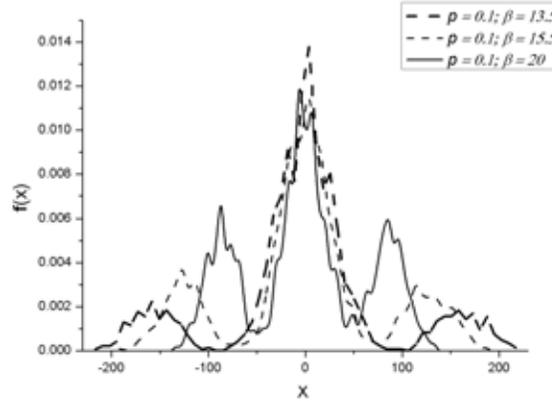


Figura 3.9: Funciones de distribución de x para $p = 0,1$ y distintos valores de β .

culturales regionales entre sí, etc (ver sección Modelo).

Del modelo, nosotros extraemos el valor de x al tiempo T_f , y al estudiar la función de distribución de x , los máximos nos muestran los valores a los que x llega con mayor probabilidad. Cabe señalar que en los histogramas, como ya se mencionó hay valores máximos, y también hay valores de x a los que el sistema nunca llega o lo hace con muy poca frecuencia.

Por estas características, es natural observar la evolución de la variable x como un sistema dinámico que depende de los parámetros β y p . En el cuál, para ciertos valores de estos parámetros el sistema tiene un solo “atractor”, que podemos definir como el valor más probable que es el cero, y corresponde al caso en que los histogramas tienen un sólo máximo centrado en este valor. O bien, se tienen 3 atractores, que corresponden al máximo principal centrado en cero y a los dos máximos secundarios centrados, en $\pm x^*$, donde x^* depende de los parámetros.

Si fijamos β y graficamos el diagrama de “bifurcaciones” para x^* en función de p , obtenemos la figura 3.10.

En el diagrama están registrados los valores de x en que había un máximo en el histograma para los valores de β y p indicados. También se observa que mientras hay tres atractores, $|x^*|$ se mantiene en el intervalo $[200, 300]$ para los máximos secundarios. De modo que aunque p determina la probabilidad de que exista un grupo dominante, una vez que este fenómeno está presente el valor no influye notablemente en la diferencia de tamaños. Además, como la población total es

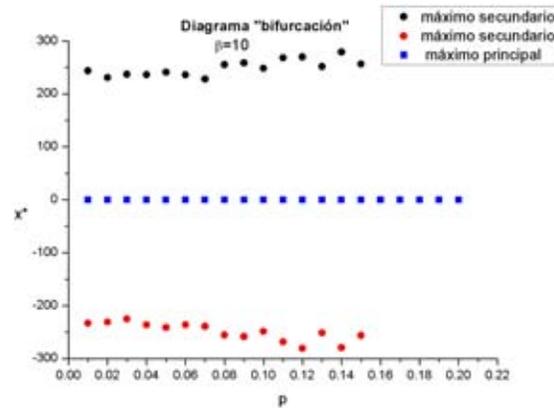


Figura 3.10: Valores más probables de x , (x^*) en función de p .

de 2000 agentes, esto quiere decir que cuando se forma un grupo dominante la diferencia representa alrededor del 10% de la población. Sin embargo, siempre hay una probabilidad muy grande de que los grupos a favor de propietarios y comerciantes sean del mismo tamaño, y esta es la única opción para $p > 0,16$.

Ahora, fijando el parámetro p y haciendo un análisis análogo pero variando β , se obtiene la figura 3.11.

En este diagrama se aprecia que el valor de x en los máximos secundarios sí está fuertemente influenciado por el valor de β . Como ya se había mencionado para β pequeñas sólo hay un máximo en los histogramas y a partir de una β_0 característica aparecen por primera vez los máximos secundarios con valores de $|x^*|$ muy altos pero la probabilidad de cambio de norma es pequeña, ver figura 3.8. Conforme β crece x^* se acerca a cero, es decir la diferencia entre los grupos de agentes a favor de Beaune y Dijon disminuye mientras los enlaces se hacen de forma más selectiva. Sin embargo, la probabilidad de cambio crece, ver figura 3.8.

Discusión

Ahora que hemos distinguido, mediante varios métodos, los distintos estados al que la formación de los grupos puede evolucionar, regresemos al diagrama de fases para señalar algunas características interesantes de la aparición de histogramas con coexistencia de fases I (ver figura 3.4).

Como una primera observación, este fenómeno se presenta para

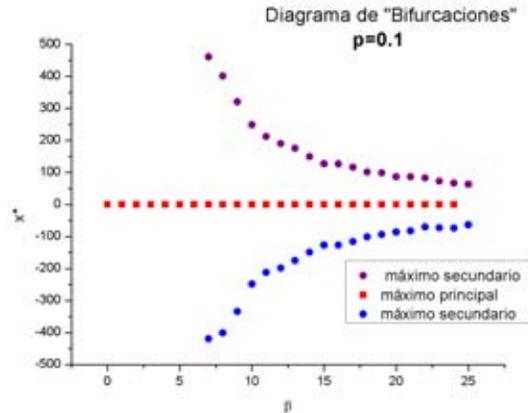


Figura 3.11: Valores más probables de $x(x^*)$, en función del parámetro β .

$0 < p < 0,25$ aproximadamente. Lo que nos dice que si $p = 0$, es decir, ningún agente político local pertenece también al ámbito nacional, los grupos a favor de Beaune y a favor de Dijon son iguales con pequeñas fluctuaciones. Este caso equivale a eliminar del modelo las etapas D y E, pues los grupos de opinión se forman a nivel local y cuando se salta al ámbito nacional, no existe allí ningún agente con una opinión definida que pueda interactuar con el resto y difundir su postura.

Mas aún, por construcción del modelo, en estas primeras etapas, la formación de grupos se hace de manera independiente en cada región y siguiendo las mismas reglas, por lo que cada grupo crece simétricamente respecto al otro en promedio. Por esto, se concluye que las etapas determinantes para el cambio de norma social en el modelo son las últimas dos, en donde los agentes de una y otra localidad empiezan a competir en un mismo campo social.

Cuando p es pequeña pero distinta de cero, existen unos cuantos agentes del ámbito local con influencia a nivel nacional, de modo que es probable que, por ejemplo, suceda que en una simulación los políticos de Dijon tienen un agente con multipertenencia y los de Beaune ninguno. Si además este agente fue convencido en las etapas anteriores de apoyar a los propietarios (lo cuál puede suceder o no dependiendo del interés de este agente), la situación desembocará en una mayoría apabullante de la sociedad a favor de los propietarios de viñas. Esta fue probablemente la situación de Gaston Gérard en las élites nacionales.

Sin embargo para p grandes, hay muchos representantes tanto de Dijon como de Beaune en el ámbito nacional, y al competir a nivel nacional en la formación de alianzas (como en el modelo por ahora no se le ha dado ventaja a ningún grupo) estos van creciendo de manera aproximadamente simétrica, de modo que al final los grupos terminan siendo aproximadamente del mismo tamaño.

Partiendo de estas observaciones, resulta natural preguntarse por la correlación que existe (i) entre el número de agentes que pertenecen tanto a los ámbitos locales

y nacionales, y que han ya establecido un lazo con un agente económico antes de iniciar la etapa D , y (ii) la cantidad de agentes convencidos en cada grupo al final de la simulación. Es decir, ¿existe una relación clara entre el número de agentes bien conectados y convencidos que van a seguir el proceso de formación de alianzas en esta etapa y la cantidad de agentes convencidos al final de la misma?

Para observar esto, en primer lugar se graficó la cantidad de agentes a favor de los propietarios con pertenencia al ámbito nacional al inicio de la etapa D , contra la diferencia $\Delta x_D = (\text{número de agentes políticos nacionales aliados con propietarios} - \text{número de agentes políticos nacionales aliados a favor de comerciantes})$ al final de la etapa D . Nótese que los agentes que llegan a la etapa D con un lazo a favor de los propietarios, necesariamente son agentes bien conectados que pertenecen tanto a Dijon como al ámbito nacional y que fueron convencidos de establecer una alianza a favor de los propietarios en las etapas anteriores. Estos agentes son los que al inicio de la etapa D podrán interactuar con los políticos nacionales y establecer inicialmente las alianzas.

Análogamente, se graficó Δx_D en función del número de agentes a favor de Beaune al inicio de esta etapa. En la figura 3.12 se muestra la superposición de las dos gráficas para valores fijos de β y p en los que existe coexistencia de fases I, donde cada punto representa una simulación independiente. En ambas gráficas se toma Δx_D , la diferencia de agentes convencidos durante la etapa D y no de la etapa E , puesto que al ser esta última etapa prácticamente idéntica a la anterior, consideramos que el análisis de la etapa D era suficiente para comprender el mecanismo de la aparición de los máximos secundarios.

Vale la pena señalar que tanto para los propietarios como para los comerciantes (Dijon y Beaune respectivamente), cuando el número de agentes bien conectados y con alianza es ≥ 1 , Δx_D puede tomar un amplio espectro de valores tanto positivos como negativos. Sin embargo cuando el número de agentes, por ejemplo de Beaune, es cero entonces hay dos posibilidades:

i) $\Delta x_D = 0$, que implica que tampoco había ningún agente a favor de Dijon y por lo tanto no se formaron nuevas alianzas; o bien $\Delta x_D \geq 50$ que corresponde a

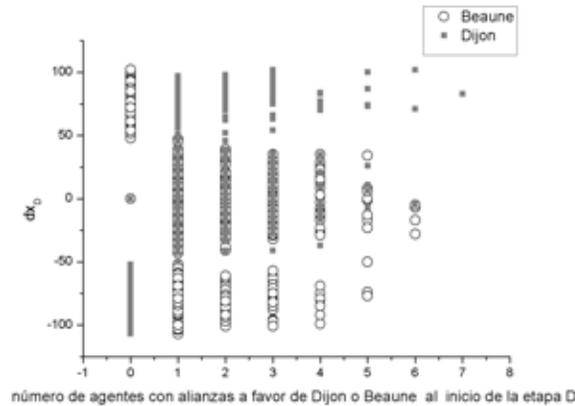


Figura 3.12: Δx_D como función del número de agentes asociados a comerciantes (Beaune) y propietarios (Dijon) al inicio de la etapa D para 2000 simulaciones independientes. Para $\beta = 12,5$ y $p = 0,05$.

casos en que había a lo menos 1 agente a favor de los propietarios por lo que al final sólo se hicieron alianzas a favor de los propietarios de Dijon.

Cómo se aprecia en la figura 3.12 para $|\Delta x_D| < 50$ las dos gráficas se traslapan, sin embargo para valores de $|\Delta x_D| > 50$ no hay traslape. De hecho, para obtener un valor de $\Delta x_D > 50$ que correspondería a que el grupo de alianzas con los propietarios es mucho mayor que el que está a favor de los comerciantes, sólo es posible cuando el número de agentes de Beaune al inicio de esta etapa es cero y los de Dijon positivos. Y cuando el número de agentes de Beaune es distinto de cero, entonces siempre ocurre que $\Delta x_D < 50$. Por lo tanto en esta gráfica se aprecia claramente que la aparición de máximos secundarios (de grupos dominantes), depende estrictamente de la presencia de agentes de un grupo y de la ausencia de agentes del otro grupo al inicio de la etapa D.

Entonces, las hileras de cuadros y puntos sin traslaparse que se ven en el eje vertical cuando un grupo tiene cero agentes nacionales apoyándolo al inicio de la etapa D, corresponden a los máximos secundarios que se observan en los histogramas.

La probabilidad de que estos máximos aparezcan y el tamaño de los grupos dependen de los parámetros p y β tal y como se analizó en las secciones anteriores, aunque el mecanismo subyacente de su formación se aclara con esta gráfica.

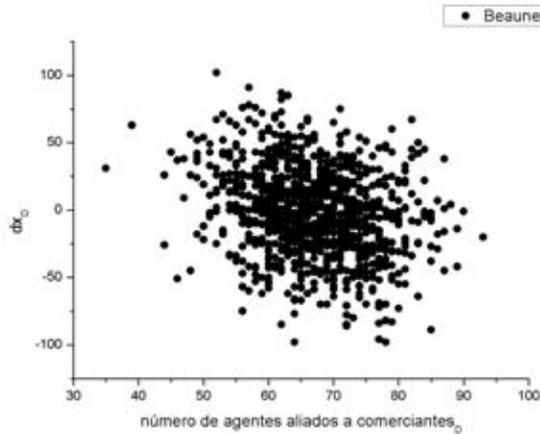


Figura 3.13: Δx_D como función del número de agentes bien conectados a favor de Beaune al inicio de la etapa D , para 1000 simulaciones con $p = 0,5$ y $\beta = 5$.

Finalmente, la gráfica 3.13 muestra otra vez a Δx_D en función del número de agentes a favor de Beaune al inicio de la etapa D , pero para valores de p y β que dan lugar a una distribución de la variable x simétrica, sin coexistencia de fases, y en donde las correlaciones señaladas para el otro caso no aparecen. (Notar los valores mucho más altos en el eje horizontal.)

Podemos observar en el diagrama de la figura 3.4 que para β pequeñas sin importar el valor de p , no existe coexistencia de fases, lo cual podría interpretarse como que si los agentes fueran muy fáciles de convencer, entonces los grupos crecerán en promedio a la misma velocidad. Es decir, la probabilidad de que al inicio de la etapa D haya al menos un agente de un grupo y ninguno del otro, es (casi) cero si β es pequeño, sin importar el valor de p . Sin embargo, si los agentes son más selectivos y sólo adoptan una opinión, si su interés es cercano al del agente que lo intenta convencer, entonces existe la probabilidad de que un grupo de opinión se conforme como mayoría.

Cabe señalar que en el diagrama de fases de la figura 3.4 el valor más alto de β es $\beta = 15,5$, así que para β mayores en realidad no sabemos cómo se comporta el modelo. A medida que β crece, la selectividad se incrementa y la probabilidad de establecer lazos entre dos agentes disminuye. Por lo que se esperaría que eventualmente, conforme β crece, los histogramas fueran del tipo de fase simétrica.

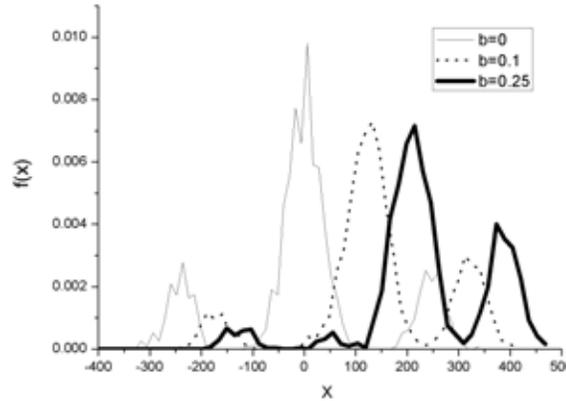


Figura 3.14: Funciones de distribución de x , para $p = 0,05$; $\beta = 10$; $r = 1$ y distintos valores de b .

Para aclarar aún más los mecanismos del modelo, cómo se forman los grupos y porqué en ocasiones se forman grupos dominantes mientras que en otras situaciones es imposible que suceda, se elaboraron modelos más simples, que se estudiarán en los siguientes capítulos. Sin embargo antes de abordar estos análisis se expondrá brevemente los resultados que arroja el presente modelo cuando los parámetros b y r son distintos de cero y 1 respectivamente.

3.2.2. Caso no Simétrico

Cuando el parámetro b es distinto de cero, se introduce un sesgo en la distribución de intereses, de modo tal que si $b > 0$ habrá más agentes con intereses iniciales cercanos al de los propietarios de Dijon.

En la figura 3.14, se muestra como al aumentar el valor de b , dejando fijos los demás parámetros, los histogramas se modifican dramáticamente.

Conforme b crece, el máximo principal se recorre a la derecha, de modo que la introducción de este sesgo inicial en los intereses de los agentes claramente conduce a romper la simetría del sistema.

En vez de que la tendencia más probable del sistema sea la de formar grupos de aproximadamente el mismo tamaño, con $b > 0$ el modelo tiende a que un grupo

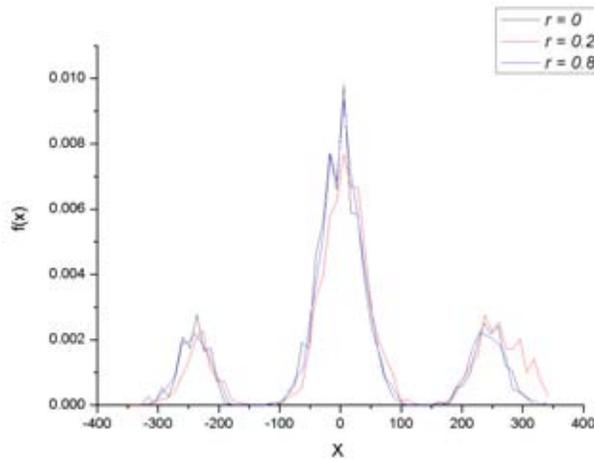


Figura 3.15: Funciones de distribución de x , para $p = 0,05$; $\beta = 10$; $b = 1$ y distintos valores de r .

(el que está a favor de los propietarios) exceda en tamaño al otro, por una diferencia determinada por el valor de b . Sin embargo, todavía están presentes los otros dos máximos principales y aún es posible que los comerciantes formen un grupo mayoritario (máximo de la izquierda).

Adicional a lo anterior, los histogramas no sólo se recorren a la derecha conforme b aumenta, sino que se deforman de manera tal que la probabilidad de obtener un grupo dominante apoyando a los propietarios, determinada por el área bajo la curva que define el máximo secundario a la derecha del máximo principal, aumenta. Aunque aún se conserva el otro máximo secundario (que muestra que aun existe una probabilidad significativa de que el grupo dominante sea a favor del los comerciantes), el cual disminuye, haciendo más evidente el sesgo a favor de los propietarios.

También cabe señalar que a medida que b crece estas características se acentúan y el histograma se deforma cada vez más. Incluso, para $b = 0,25$, se observa la presencia de 3 máximos secundarios, en vez de dos máximos secundarios.

En cambio, la introducción del sesgo producido por el parámetro r , es mucho más sutil. En la figura 3.15, se grafican algunas funciones de distribución de x variando únicamente este parámetro.

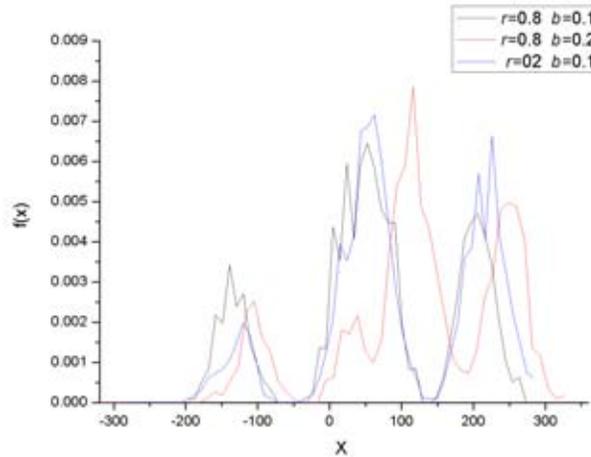


Figura 3.16: Histogramas de x con $p = 0,05$, $\beta = 12,5$ y distintos valores de r y b .

Los histogramas muestran que incluso para r pequeñas comparadas con 1, como 0,2, los histogramas son muy parecidos al de $r = 1$. Recordemos que este parámetro introduce un sesgo en la tasa de interacciones que realizan los agentes económicos con los políticos locales en la etapa A . Cuando r vale 0,2, por ejemplo, la probabilidad de que un agente económico de Beaune interactúe con un agente político, está dada por $P_{Beaune} = \frac{1}{1+r}$, donde en este ejemplo $P_{Beaune} = 0,833$, mientras $P_{Dijon} = 0,167$. De modo que los comerciantes interactúan 5 veces más con su correspondiente agente económico que los propietarios, favoreciendo el establecimiento de lazos entre comerciantes y políticos localmente. Sin embargo, esta ventaja es de poca utilidad a nivel nacional. Con $r = 0,2$ los histogramas finales son muy parecidos a los histogramas con $r = 0$.

Finalmente, si en el modelo se introducen simultáneamente los dos sesgos, es decir, con $b > 0$ y $r < 1$, los histogramas quedan de la siguiente manera (ver figura 3.16).

Esta figura se parece mucho a la figura 3.14 donde los histogramas se recorren y deforman pues claramente predomina el sesgo producido por la variación en b , más que por la variable r (que favorecería a los comerciantes en este caso). Es sorprendente la aparición de un tercer máximo secundario local en $f(x)$ para $b = 0,2$.

Capítulo 4

Modelos simplificados

Con el objetivo de ilustrar mejor los mecanismos del modelo, la acción de los parámetros y extraer las características más importantes que pueden contribuir a la comprensión del fenómeno social que se está estudiando, en este capítulo presentaré dos simplificaciones del modelo anterior. Para las dos simplificaciones se analizarán la probabilidad de cambio de norma social y la evolución de la variable x , para concluir con una descripción cinética del modelo más simplificado, para el caso en que la distribución de la variable x , se encuentra en fase simétrica, es decir, sólo existe un máximo en el histograma.

4.1. Modelo Simplificado

En la red de relaciones entre actores del conflicto (ver figura 3.1), se observa como las relaciones con círculos culturales locales y nacionales, son muy importantes. Más aún, Gilles Laferté afirma que el cambio de norma social en favor de los propietarios de Dijon fue muy influenciado por las conexiones que poseía el alcalde de Dijon con las instituciones de este sector. Sin embargo, en este modelo, las alianzas que se generan en los sectores culturales (etapas C y E), no son determinante para que exista o no un cambio de norma social. Es por esto que se decidió hacer un modelo más simplificado, eliminando estas etapas y modificando el espacio social.

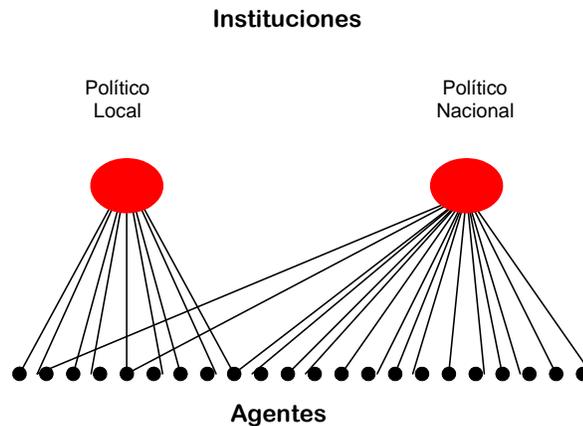


Figura 4.1: Esquema de red bipartita de la distribución de los agentes en 2 ámbitos o instituciones socio-geográficos. La pertenencia de los agentes (puntos negros) a cada campo (óvalos) se representa con una línea que los une. Puede haber multi-pertenencia.

4.1.1. Contrucción del espacio social

En esta versión del problema se mantiene la distinción entre los intereses opuestos de los negociantes de Beaune ($I = -1$) y los propietarios de la región (Nuits-Saint Georges y Meurseault)($I = 1$).

La principal simplificación es la eliminación del campo social cultural, de modo que la red de alianzas se limita al ámbito político, a la vez que las regiones geográficas se reducen simplemente al ámbito político y al nacional, quedando mezclados en un sólo campo Beaune y Dijon. Ver figura 4.1.

Nuevamente el sistema (excepto por los agentes económicos) está constituido por un número N de agentes. De los cuáles, inicialmente se distribuyen $\frac{1}{4}N$ agentes en el campo político local, y $\frac{3}{4}N$ en el nacional. Con el objetivo de estudiar las tendencias del modelo de manera estadística, el número de agentes con el que se trabajó fue de $N = 2000$.

Estas simplificaciones se introdujeron ya que la interacción y formación de alianzas entre agentes de los ámbitos culturales en el modelo original eran equivalentes a las alianzas que se daba en el ámbito político correspondiente, en cuanto a que seguían exactamente los mismos procesos (ver la sección *Modelo* en el capítulo anterior).

Análogamente al modelo anterior los agentes pueden tener multipertenencia. Todo agente político regional puede pertenecer con una probabilidad p al ámbito político nacional. Además cada agente i , nuevamente es caracterizado por un interés I_i inicial, distribuido entre -1 y 1 y que se le asocia a los agentes siguiendo una distribución de probabilidad $P(I)$.

Para este modelo se eligió $P(I) = Ce^{-|I|}$ que es idéntica a la usada en el caso simétrico del modelo anterior (ver ecuación 3.1), pues en esta ocasión no se introdujeron sesgos a favor de ninguno de los grupos.

Una vez caracterizados los agentes, suponemos que los agentes económicos conocen a los políticos. La interacción parte de los supuestos de que todos los agentes dentro de una región entran en contacto al menos de forma ocasional, por lo que pueden establecer una relación con base en la cercanía de sus intereses. Sin embargo, un agente del ámbito político regional sin multipertenencia, no interactúa con los políticos nacionales.

4.1.2. Construcción de la red de influencia

La red de influencias se construye en tres etapas donde los agentes que adoptan una postura tratan de convencer a los que aún no tienen ninguna en función del interés común. Inicialmente, ningún agente (salvo los económicos) está comprometido o asociado en favor de ninguno de los actores del conflicto, así que en la primera etapa, el agente económico es el generador de la interacción y se desarrolla de la siguiente manera.

Etapas A_s : En esta etapa los políticos regionales interactúan y establecen lazos con algún agente económico (propietarios o comerciantes). Un agente político elegido al azar interactúa con probabilidad $P = \frac{1}{2}$ con un propietario o con un comerciante y se establece un lazo entre ellos, según la cercanía de sus intereses con una probabilidad idéntica a la de la etapa A del modelo original (ver ecuación 3.1):

$$P_a \equiv e^{-\beta|I_e - I_{pol}|}$$

Con $\beta > 0$; $I_e = \pm 1$ e $I_{pol} \in [-1, 1]$ que representan el interés del agente económico y político respectivamente.

Si el agente político establece un lazo o una opinión a favor de un agente económico, ésta es definitiva y el político toma el interés del agente económico: $I_{pol} = I_e = \pm 1$. Se repite la prueba entre pares de agentes $\frac{N}{4}$ veces (el número de agentes políticos locales).

Etapa B_s : Los agentes políticos locales con una opinión definida, intentan convencer a los otros políticos locales que no fueron convencidos en la etapa A_s de aliarse a algún grupo, tratando de establecer un lazo con ellos.

Análogamente a la etapa B del modelo anterior, se elije un par (i, j) al azar. En caso de que $I_i = \pm 1$ y $I_j \neq \pm 1$ (o al revés), el agente i establecerá un lazo con j con una probabilidad como en la ecuación 3.3:

$P_{ij} \equiv e^{-\beta|I_j - I_i|}$, donde $I_j \neq \pm 1$ representa el interés del agente j a convencer, e I_i representa el compromiso tomado por el agente i , que vale 1 si está del lado de los propietarios y -1 si lo estableció con los comerciantes.

En cuanto un agente j establece un lazo con i , constituye en sí una nueva voz a favor de los comerciantes o de los propietarios adoptando el interés del mismo: $I_j = I_i$. Y durante esta etapa intentará convencer a los agentes que sigan sin tomar una postura. El proceso se repite $\left(\frac{N}{4}\right)^2$ veces (el número de posibles pares) para el ámbito político local, y se continúa con la última etapa.

Etapa C_s : Es idéntica a la etapa B_s , pero en el campo nacional. Se elije un par de agentes políticos nacionales al azar. Si el par contiene un político con una posición definida en el conflicto (i), el primero intenta convencer al último según la misma regla que en B_s . En caso de éxito $I_j = I_i$.

Al comienzo de esta etapa los políticos que ya han establecido un lazo, son aquellos que pertenecen también al ámbito político local. Sin embargo, a medida que van estableciendo lazos con otros políticos nacionales, los nuevos aliados también entran a la dinámica de convencimiento.

Este proceso se repite $\left(\frac{3N}{4}\right)^2$ veces (el número de posibles pares) para el ámbito político nacional.

4.1.3. Resultados

Al final de la etapa C_s , se cuentan el número de agentes aliados con los propietarios N_p y el número de agentes aliados con los comerciantes N_c , y se obtiene el valor de la variable x , definida como en el modelo original.

$$x = N_p - N_c.$$

Con este modelo se realizaron varias simulaciones variando los parámetros p y β . El análisis consiste en fijar inicialmente estos parámetros y realizar entre 1000 y 2000 simulaciones, donde al final de cada una se extrae el valor de la variable x , y con esto se realiza un histograma normalizado ($\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$), donde $f(x)$ es la función de distribución de probabilidad de obtener cierto valor para x y $f(x)dx$

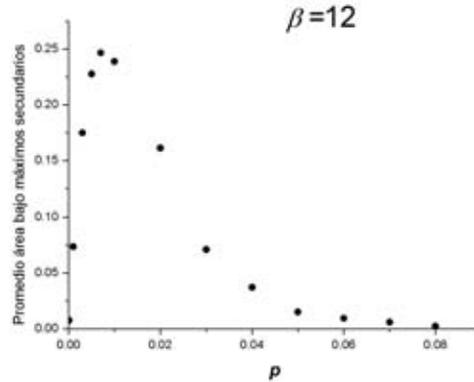


Figura 4.2: Distribución de la probabilidad de tener un grupo dominante en función de p a β fija.

es la proporción de resultados en el intervalo $[x, x + dx]$ de la misma para esos parámetros.

Análogamente al modelo original, se obtienen esencialmente dos tipos de histogramas muy similares a los del modelo anterior: los de fase simétrica y coexistencia de fases. Por lo tanto, resultó de interés analizar tanto la probabilidad de cambio de norma social como la evolución de la variable x , ambos como funciones de β y p .

Probabilidad de cambio de norma social

Al igual que en el modelo original la probabilidad de cambio de norma social se obtiene como el promedio de las áreas bajo las curvas definidas por los dos máximos secundarios en los histogramas con coexistencia de fases. Ver figura 3.6.

Para estudiar su comportamiento, en primer lugar elegimos una β constante y se calculó este promedio de áreas para distintos valores de p . El resultado se muestra en la figura 4.2.

En la figura 4.2 se observa que la probabilidad de tener un grupo dominante parte de cero y crece rápidamente hasta alcanzar un valor máximo de $p_{\text{máx}} \approx 0,01$. Conforme p sigue aumentando, la probabilidad cae hasta llegar nuevamente al cero.

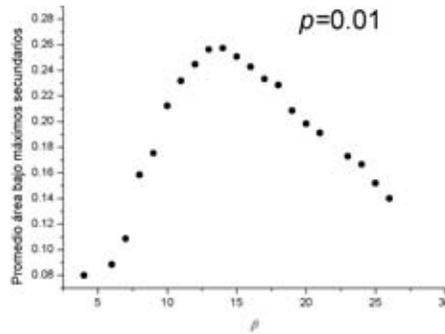


Figura 4.3: Probabilidad de cambio de norma social en función de β .

El comportamiento entre esta gráfica y la correspondiente del modelo original (ver figura 3.7), es cualitativamente el mismo. Las variaciones cuantitativas se deben a que el valor de β es distinto en cada caso, además de que al cambiar el espacio social es natural que las cifras también cambien.

Análogamente, se graficó la probabilidad de tener un grupo dominante, pero esta vez respecto al parámetro β , dejando p fija.

Esta gráfica (figura 4.3) es distinta a la equivalente del modelo original (ver figura 3.8). Pues en este caso identificamos fácilmente un valor $\beta_{\text{máx}}$ en que la probabilidad de cambio de norma social es máxima, mientras que en el otro caso era una gráfica creciente.

La posible explicación de esta diferencia, es que en el modelo original sólo se podía observar una parte del fenómeno pues la gráfica está hecha para $\beta \leq 25$, ya que para valores mayores de β los máximos secundarios del histograma comenzaban a fusionarse con el máximo principal, de modo que no se podía continuar con el análisis (ver figura 3.9). Este fenómeno está relacionado con la evolución de la variable x en función de β , y es producto de que conforme β aumenta, también lo hace la selectividad de interacción entre los agentes, de modo que los grupos crecen más lentamente. En cambio, en este caso hay más agentes en el ámbito nacional que en el modelo anterior. $(\frac{3N}{4})^2 > (\frac{N}{4})^2$ y por lo tanto un mayor número de interacciones: las diferencias entre grupos mayoritarios y minoritarios son mayores.

En la figura 4.3, se aprecia como conforme la selectividad aumenta, se vuelve menos probables que se formen grupos dominantes.

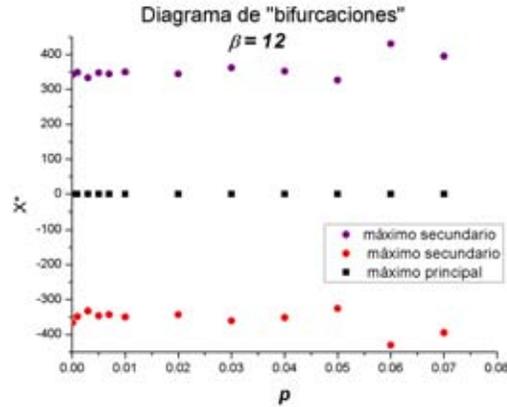


Figura 4.4: Diagrama de "bifurcaciones" de x^* como función de p .

Evolución de la variable x

Como se especificó en el capítulo anterior, la evolución de la variable x se puede estudiar como un sistema dinámico que depende de los parámetros β y p . Definimos un atractor como un máximo en $f(x)$ (x^*). Para ciertos valores de los parámetros al tiempo final T_f (al final de la simulación), el sistema tiene un solo atractor que es $x^* = 0$, y corresponde al caso en que los histogramas tienen un solo máximo centrado en este valor. O bien, se tienen 3 atractores, que corresponden al máximo principal centrado en cero y a los dos máximos secundarios centrados en algunos valores $\pm x^*$ que dependen de los parámetros.

Si fijamos β y graficamos el diagrama de "bifurcaciones" para x^* en función de p , obtenemos la figura 4.4. Diagrama de "bifurcaciones" de x^* como función de p .

El diagrama de la figura 4.4 tiene esencialmente la misma forma que para el modelo original, donde se observa que el tamaño del grupo dominante, una vez que existe, no es notablemente influido por el valor de p .

Ahora, fijando el parámetro p y haciendo un análisis análogo pero variando β , se obtiene la figura 4.5.

En este caso, el tamaño de x en los máximos secundarios si está fuertemente influenciado por el valor de la selectividad β . Como ya se había mencionado para β pequeñas sólo hay un máximo en los histogramas y a partir de una β_0 característica aparecen por primera vez los máximos secundarios para valores de x muy

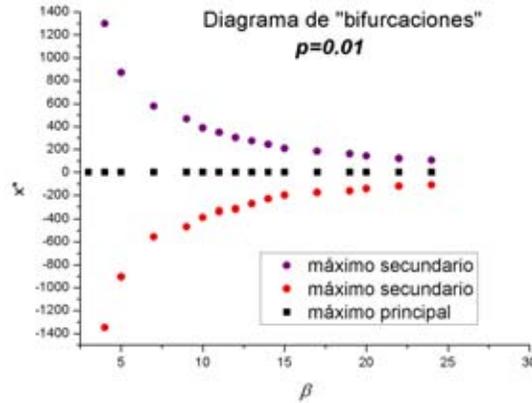


Figura 4.5: Diagrama de "bifurcaciones" de x^* en función del parámetro β .

altos. Conforme β crece x se acerca a cero, es decir la diferencia entre los grupos de agentes a favor de Beaune y Dijon, disminuye mientras los enlaces se hacen de forma más selectiva.

4.2. Modelo más Simplificado

Al modelo anterior se le introdujo una simplificación más, que como se verá más adelante permite escribir un sistema de ecuaciones sencillo que describe el crecimiento de los grupos.

En el nuevo modelo la construcción del espacio social es idéntica a la del caso simplificado. Sin embargo, en este caso ya no importan los intereses de los agentes al momento de establecer vínculos. Se tomó una probabilidad constante de que los agentes establezcan lazos entre sí.

Al igual que en el modelo anterior la red de influencias se forma en tres etapas, que a continuación se describirán.

Etapa A_{ms} : Los políticos regionales interactúan y establecen lazos con algún agente económico (o propietarios o comerciantes). Un agente interactúa con probabilidad $P = \frac{1}{2}$ con un propietario o con un comerciante y se establece un lazo entre ellos, según una probabilidad constante ε fija.

$$P_{ij} = \varepsilon \quad (4.1)$$

Una vez que el agente político establece un lazo o una opinión a favor de un agente económico, ésta es definitiva e $I_i = I_e$.

Etapas B_{ms} : Los agentes políticos regionales con una opinión definida, intentan convencer a los políticos que no fueron convencidos en la Etapa A_{ms} de aliarse, tratando de establecer un lazo con ellos.

Análogamente a la etapa anterior, un agente i convencido establecerá un lazo con j (no-convencido) con una probabilidad ε .

Como en los casos anteriores, en cuanto un agente j establece un lazo con i , constituye en sí una nueva voz a favor de los negociantes o de los propietarios. Y durante esta etapa intentará convencer a los agentes que sigan sin tomar una postura. El proceso se repite de forma que todos los políticos interactúen entre sí, un número $(\frac{N}{4})^2$ de veces.

Etapas C_{ms} : Los agentes políticos nacionales con una opinión definida, intentan convencer a los agentes políticos nacionales que aún no han sido convencidos.

Inicialmente los políticos que ya han establecido un lazo, son aquellos que pertenecen también al ámbito político regional. Sin embargo, a medida que van estableciendo lazos con otros políticos nacionales, los nuevos aliados también entran a la dinámica de convencimiento.

Dos agentes establecen un lazo con la probabilidad ε de las etapas A_{ms} y B_{ms} . Y se llevan a cabo $(\frac{3N}{4})^2$ iteraciones.

4.2.1. Resultados

Análogamente a los modelos anteriores, nos interesa la variable x , definida como:

$$x = N_p - N_c.$$

Analizamos su comportamiento en histogramas normalizados, enfocándonos en aquello que presentan una fase simétrica, o coexistencia de fases. Por lo que otra vez se analizó tanto la probabilidad de cambio de norma social como la evolución de la variable x .

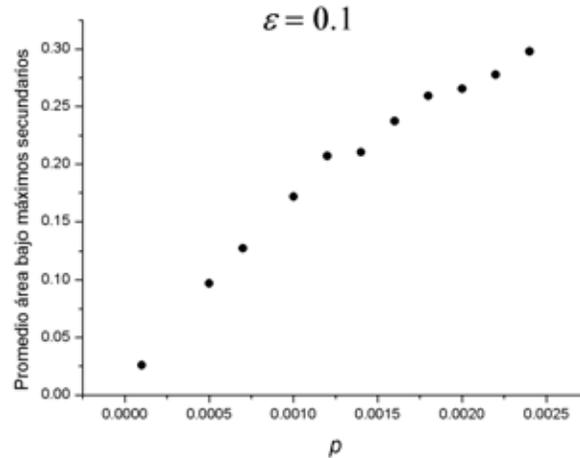


Figura 4.6: Distribución de la probabilidad de tener un grupo dominante en función de p a ε fija.

Cabe señalar que esta vez los parámetros del modelo son distintos, pues al mantener constante la probabilidad de establecer lazos entre agentes, ya no existe el parámetro β . Mientras que se introduce un nuevo parámetro ε que es justamente la probabilidad de establecer un lazo con un agente. El parámetro p sigue siendo la probabilidad de multipertenencia de los agentes.

Probabilidad de cambio de norma social

La probabilidad de cambio de norma social se obtiene como el promedio de las áreas bajo las curvas definidas por los dos máximos secundarios en los histogramas con coexistencia de fases.

Para estudiar su comportamiento, en primer lugar elegimos una ε constante y se calculó este promedio de áreas para distintos valores de p . El resultado se muestra en la figura 4.6.

A diferencia de los modelos anteriores en esta simplificación no se observa una curva con un máximo. El promedio de las áreas llega a un máximo para una $p_{\text{máx}}$, pero para p mayores, los histogramas empiezan a perder su forma y a desordenarse hasta volverse una nube de puntos, los patrones de los histogramas son menos claros que en el modelo anterior. Al seguir aumentando p , entonces

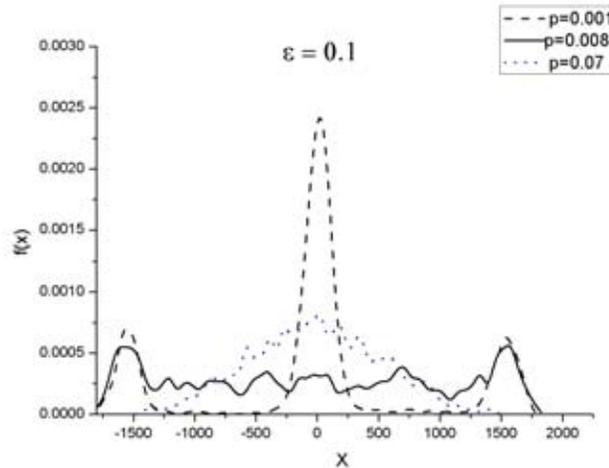


Figura 4.7: Histogramas para distintos valores de p con $\varepsilon = 0,1$

lo que se observa es un histograma con un sólo máximo centrado en el origen. Ver figura 4.7. De manera análoga se graficó la probabilidad de tener un grupo dominante, pero esta vez respecto al parámetro ε , dejando p fija. Ver figura 4.8.

Esta gráfica está fragmentada en dos partes, una región para $0 < \varepsilon \leq 0,0052$, que al igual que en el modelo original es una curva creciente. Posteriormente hay una región para $0,0052 < \varepsilon < 0,05$, en que no hay puntos en la gráfica, debido a que para esos valores de ε los histogramas se vuelven confusos y no se distinguen claramente los dos máximos secundarios. Para ε mayores, los histogramas vuelven a presentar claramente los máximos secundarios y volvemos a tener puntos en la gráfica, que como se aprecia en la figura pareciera que se llega a una probabilidad máxima y luego esta disminuye, aunque la curva es tan suave que no se distingue con facilidad cuál es su valor máximo.

Es sorprendente el hecho de que para establecer lazos con probabilidades muy pequeñas, el fenómeno de grupos dominantes exista y la probabilidad de que suceda aumente hasta llegar a una región donde este fenómeno desaparece y luego vuelve a aparecer.

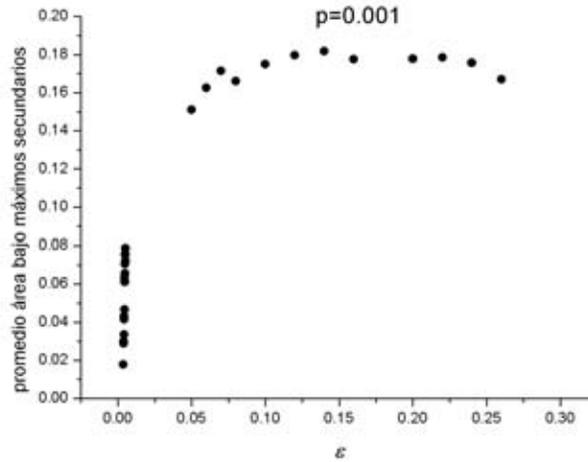


Figura 4.8: Distribución de la probabilidad de tener un grupo dominante a ε y p fijas.

Evolución de la variable x

El análisis de la evolución de la variable x , se repitió en este modelo, observándose en fenómeno como un sistema dinámico que depende de los parámetros ε y p . En el cuál, para ciertos valores de estos parámetros al tiempo final T_f (al final de la simulación), el sistema tiene un solo atractor que es $x^* = 0$, y corresponde al caso en que los histogramas tienen un sólo máximo centrado en este valor. O bien, se tienen 3 atractores, que corresponden al máximo principal centrado en cero y a los dos máximos secundarios centrados en algún valor de x^* que depende de los parámetros.

Si fijamos ε y graficamos el diagrama de “bifurcaciones” para x en función de p , obtenemos la siguiente figura 4.9.

En el diagrama están registrados los valores de x en que había un máximo en el histograma, variable que llamamos x^* , para los valores de ε y p indicados. El diagrama tiene esencialmente la misma forma que para el modelo original, donde se observa que el tamaño del grupo dominante, una vez que existe no es notablemente influido por el valor de p .

Ahora, fijando el parámetro p y haciendo un análisis análogo pero variando ε , se obtiene la figura 4.10.

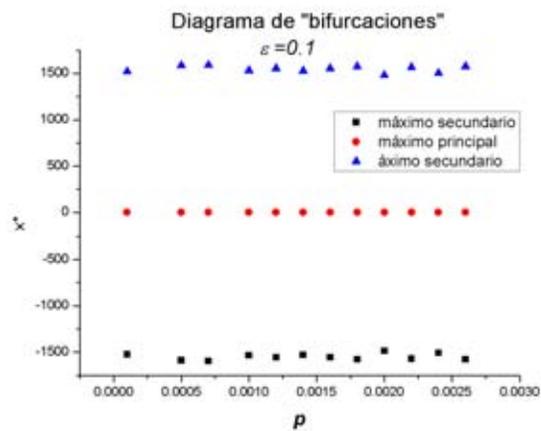


Figura 4.9: Diagrama de bifurcaciones de x en función del parámetro p .

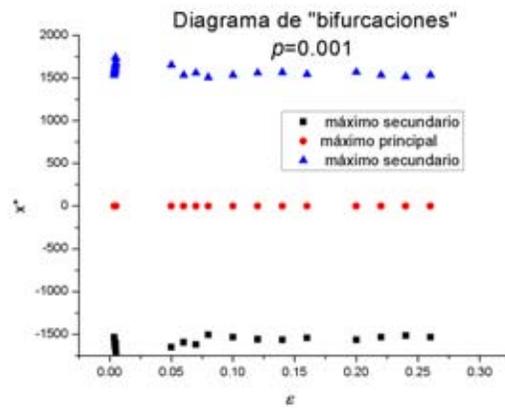


Figura 4.10: Diagrama de bifurcaciones de x en función del parámetro ε .

En este caso, el tamaño de x en los máximos secundarios (x^*) tampoco se ve influenciado por el valor de ε . Mostrando que el tamaño de los grupos dominantes no depende de la probabilidad de que se formen lazos, aunque esta sí determina si el fenómeno sucede o no. (Diferente a la figura 4.5).

Este modelo más simplificado nos enseña que los intereses heterogéneos de los modelos anteriores juegan un papel importantante en la aparición de máximos en $f(x)$ notablemente separados del máximo central. La mayoría de las probabilidades de conexión p_{ij} son ≈ 0 pero algunos pares (ij) tienen $p_{ij} \approx 1$, lo que parece *no* ser equivalente a la regla $p_{ij} = \varepsilon$ constante.

4.3. Descripción cinética

En los tres modelos que se estudiaron a lo largo del trabajo se intenta entender cómo es que el número de agentes enlazados con los propietarios de Dijon y con los comerciantes de Beaune cambia según diferentes parámetros.

Considerando el modelo simplificado, donde sólo existen dos espacios socio-geográficos, se podría realizar una descripción cinemática de la forma en que estos grupos varían usando dos sistemas acoplados de ecuaciones diferenciales.

El primer sistema N_p describiría cómo cambia el número de agentes enlazados con los propietarios, y el número de agentes enlazados con los comerciantes N_c en la primera etapa de la simulación.

En esta primera etapa el sistema es de dos ecuaciones simétricas acopladas, ya que el cambio en el N_c (que aumenta) en cada intervalo de tiempo, depende de la cantidad de agentes ya enlazados con los comerciantes y propietarios, de la probabilidad que tienen los agentes de enlazarse ($\langle e^{-\beta|1-I_i|}$) y de la cantidad de agentes que aún no se han enlazado ($N_T - N_c - N_p$, con $N_T =$ número total de agentes locales). De modo que para la primer etapa o etapa A_s , tenemos que:

$$\frac{d}{dt}N_c = e^{-\beta|1-I_i|}N_c(N_T - N_c - N_p) \quad (4.2)$$

$$\frac{d}{dt}N_p = e^{-\beta|1-I_i|}N_c(N_T - N_c - N_p) \quad (4.3)$$

Como la probabilidad de enlazarse depende del interés de cada agente, la siguiente aproximación consiste en tomar esta probabilidad constante de modo que en ambas ecuaciones hacemos $e^{-\beta|1-I_i|} \approx \langle e^{-\beta|1-I_i|} \rangle = \frac{1-e^{-2\beta}}{2\beta} \equiv \varepsilon$, que es la aproximación introducida en el modelo más simplificado.

Entonces, despreciando los términos no lineales tenemos que las soluciones de las ecuaciones 1 y 2 son:

$$N_c(t) = C_1 e^{\varepsilon N_T t} \quad (4.4)$$

$$N_p(t) = C_2 e^{\varepsilon N_T t} \quad (4.5)$$

Soluciones válidas a tiempos cortos. Cabe señalar que esta también es una aproximación continua a un problema discreto, pues tanto N_c , como N_p en el modelo son números naturales, y evolucionan a pasos que corresponde a un tiempo discreto. Más aún ésta es una descripción con ecuaciones diferenciales (determinista) de un proceso estocástico.

La etapa termina una vez que se realizaron N_T^2 iteraciones, tiempo que llamaremos t_{A_s} , para referirnos al tiempo final de la etapa A_s .

La siguiente etapa del modelo consiste en que los políticos nacionales que fueron convencidos la etapa anterior comienzan una dinámica análoga a la de la etapa A_s .

Las ecuaciones cinéticas para esta etapa B_s , las podemos describir idénticas a las ecuaciones 1 y 2, e introduciendo la aproximación de probabilidad de enlaces constante, tenemos que en esta etapa el número de agentes enlazados de comerciantes y propietarios, se puede escribir como:

$$N_c^*(t) = N_{c_0}^* e^{\varepsilon N_T t} \quad (4.6)$$

$$N_p^*(t) = N_{p_0}^* e^{\varepsilon N_T t} \quad (4.7)$$

Donde $N_{c_0}^*$ es el número de agentes locales enlazados a los comerciantes al final de A_s y también pertenecientes al ámbito nacional. Análogo para $N_{p_0}^*$ en relación a los propietarios. Estos números son la condición inicial de la etapa B_s . En las ecuaciones cambiaron los símbolos para el número de agentes enlazados a comerciantes y propietarios respectivamente, para distinguir de la etapa A_s . N_c, N_p son los agentes convencidos en la etapa B_s .

La relación entre una etapa y otra viene en las condiciones iniciales de este nuevo sistema de ecuaciones, pues:

$$N_{c_0}^* = n_c^0 \quad (4.8)$$

$$N_{p_0}^* = n_p^0 \quad (4.9)$$

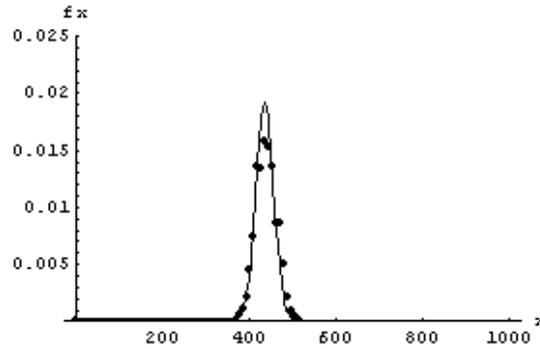


Figura 4.11: Función de distribución de la variable N_c (puntos) y distribución de poisson correspondiente (línea sólida), para $p=0.4$ y $\beta = 12$.

Donde n_c^0 y n_p^0 son variables aleatorias. Tenemos $\langle n_c^0 \rangle = pN_c(t_{A_s})$ y $\langle n_p^0 \rangle = pN_p(t_{A_s})$. La probabilidad de tener un valor inicial n_x ($x = c$ o p) es dada por la distribución de Poisson (ver Apéndice 1):

$$P(n_x) = P_{N_T}(n_x) = \frac{\langle n_x \rangle^{n_x}}{n_x!} e^{-\langle n_x \rangle} \quad (4.10)$$

Una vez dada la condición inicial, el crecimiento en la aproximación (4.5-4.6) es determinista. Así que $N_c^*(t)$ y $N_p^*(t)$ también obedecen una distribución de Poisson, donde en la última ecuación tendríamos en vez de $\langle n_x \rangle$ a $\langle N_c^*(t) \rangle = pN_c(t_{A_s})e^{\mathcal{E}N_T t}$.

Para probar que tan adecuada era esta aproximación, se realizó un histograma (para valores fijos de p y β) para N_c en el modelo simplificado. Es decir, se construyó una función de distribución normalizada, tal como se había hecho con la variable x en los modelos estudiados anteriormente, pero esta vez con N_c . En la figura 4.11, los puntos muestran los resultados obtenidos y la curva que aparece superpuesta es la gráfica de la distribución de poisson correspondiente, es decir, tomando $\langle n_c \rangle = 435$, que es el valor que se obtiene para esas simulaciones.

Como se ve en la figura 4.11, los resultados obtenidos de las simulaciones se ajustan muy bien con la distribución de Poisson (ecuación 4.9). Sin embargo, estos resultados corresponden a una situación en que existe un solo máximo, es decir, al caso simétrico en el que no existen grupos dominantes.

La figura antes descrita describe una forma de crecimiento de los grupo N_c y N_p simétricas, que desembocan en que los tamaños de los grupos crezcan de la misma manera y al final sean de tamaños muy similares. La existencia de grupos

dominantes, se modela también con este sistema de ecuaciones. Se considera como un caso excepcional, resultado de que en el ámbito nacional, al inicio de la etapa B_s de la simulación, uno de los grupos tuviese al menos un agente en ese ámbito y el otro ninguno, de manera que sólo se enlazan en esta etapa (que es la que tiene el mayor número de agentes) a favor del único grupo presente nacionalmente, sin competir con el otro. De modo que en las ecuaciones equivaldría a que $n_c^0 = 0$ y $n_p^0 \neq 0$ (o al revés).

Capítulo 5

Conclusiones

Los modelos expuestos reproducen de forma simplificada la dinámica desde la perspectiva matemática entre miembros de una sociedad que constituyen dos corrientes de opinión en que ambos intentan difundir su posición entre los individuos que conforman esa sociedad, con el objetivo de lograr mayoría favorable para su propuesta.

El resultado principal obtenido para los tres modelos, es que existe una probabilidad significativa de que en esta lucha de opiniones uno de los dos grupos en conflicto logre constituir una mayoría notable en el sistema, de modo que se pueda dar lugar a un cambio de norma social.

La probabilidad de que este fenómeno suceda depende principalmente de la cantidad pequeña de agentes involucrados en un grupo y también presentes a nivel nacional. Es por esta razón que el modelo original se simplificó, en primer lugar, eliminando algunos campos socio-geográficos locales y secundarios donde interactuaban los agentes.

Otro elemento que influye en la probabilidad de cambio de norma social, es el parámetro β , presente en el modelo original y simplificado, que determina cuán selectivos son los agentes al establecer alianzas entre sí. Cuando son muy poco selectivos, la probabilidad de que un grupo dominante se constituya es muy pequeña o nula, a pesar de que los grupos alcanzan tamaños grandes. Conforme los agentes son más difíciles de convencer y se vuelve cada vez más importante la cercanía de los intereses entre sí para establecer una alianza, esta probabilidad crece, aunque el tamaño del grupo dominante se hace más pequeño en número de individuos, pues es más difícil que un individuo se una a un grupo.

Introducimos reglas adicionales que dan algunas ventajas a priori a uno de los grupos. Estas reglas simulan por un lado, aquellas ventajas que (de hecho) tenían

los comerciantes al haber sido por mucho tiempo el grupo dominante, y por otro lado a las ventajas que obtendrían los propietarios al impulsarse una revalorización del folclor y del turismo en toda la sociedad. En el modelo original se concluye que este segundo sesgo, que se traduce directamente en los intereses de los agentes, influye significativamente en que sea mayor la probabilidad de que el grupo dominante sea el de los propietarios, aunque sigue existiendo una probabilidad para el *statu quo* a favor de los comerciantes.

En el problema que analizamos, el cambio de norma social se traduce en una reconceptualización y valoración de los vinos de Borgoña que favorece a los propietarios de las viñas. Estos modelos comprueban la tesis de Gilles Laferrière [11], al afirmar que este cambio fue provocado gracias a las conexiones que tenía el alcalde de Dijon (que apoyaba a los propietarios) con varios ámbitos nacionales, que se impuso a los intereses de los comerciantes, quienes no estaban tan bien conectados. Sin embargo, en el modelo, la introducción de los campos culturales no influyeron cualitativamente en la probabilidad de cambio de norma. Aunque, en el problema social original se considera que estos campos fueron muy importantes.

Finalmente, aunque en el modelo más simplificado se eliminaron variables que en el problema original eran de gran relevancia, permitió hacer una sencilla descripción cinética de cómo crecen los grupos a lo largo de la simulación.

Los modelos estudiados, aunque motivados en el problema de los vinos de Borgoña, pueden ser aplicados a otros fenómenos sociales de formación de grupos. En cuyo caso habría que asociar las conjeturas y parámetros del modelo con valores empíricos provenientes del análisis social o experimental del problema en cuestión. De modo que, se podría modificar la forma en que los agentes interactúan y establecen alianzas, para distinguir entre las relaciones que se dan en los contextos políticos y culturales; o modificar la cantidad de agentes en estos campos, cambiar la probabilidad de pertenecer a los campos culturales y políticos, así como acotar los valores de los parámetros principales y condiciones iniciales del modelo.

Un reto para este tipo de estudios es conseguir definir las interacciones entre los agentes integrando perspectivas de tipo social y psicológico y no solamente considerando los comportamientos de los mismos de manera estadística. De modo que se pudieran incluir en la descripción del fenómeno las componentes de la interacción entre individuos a un nivel elemental y relacionar con los efectos a nivel colectivo, revelando las relaciones entre estos niveles.

Apéndice A

Distribución de Poisson

La probabilidad $P(n)$ de que un evento caracterizado con una probabilidad p ocurra n veces en N intentos está dada por la distribución binomial:

$$P(n) = \frac{N!}{n!(N-n)!} p^n (1-p)^{N-n}$$

En el modelo más simplificado, dado que los agentes pertenecen con probabilidad p al ámbito nacional, estamos interesado en conocer la probabilidad de que existan n agentes enlazados en aquel ámbito al terminar la etapa B^* , de un total de N_T agentes enlazados en el ámbito local. Entonces, en primer lugar consideramos que $p \ll 1$ y $n \ll N_T$.

Con estas consideraciones, podemos usar la aproximación de Stirling:

$$\ln N! = \sum_{m=1}^n \ln m \approx_{n \rightarrow \infty} \int_1^N \ln x dx = N \ln N - N$$

y recordando que

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^n = e^{-\lambda}$$

Como se tiene que $\langle n \rangle = pN_T \Rightarrow p = \frac{\langle n \rangle}{N_T}$, sustituyendo $N_T!$ por la aproximación de Stirling y $(1-p)^{N_T-n}$ con $N_T \rightarrow \infty$, se llega a que:

$$P(n) \approx P_{N_T}(n) = \frac{\langle n \rangle^n}{n!} e^{-\langle n \rangle}$$

Donde $P_{N_T}(n)$ se conoce como la distribución de Poisson, la cuál es una distribución de probabilidad discreta.

Apéndice B

Diagrama de flujo del modelo principal

En la figura B.1 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al modelo principal. Los diagramas de los modelos simplificado son muy similares aunque sólo tienen etapas A, B y C. En la figura B.2, se muestra el diagrama de la Etapa A para el modelo principal. Este diagrama es importante puese muestra como opera la influencia del parámetro r . Cabe señalar que la etapa A del modelo principal difiere de los modelos simplificados, pues en estos últimos no se tiene dividido el espacio social local en dos comunidades (Beaune y Dijon) y por lo tanto el parámetro r no opera en ellos.

Finalmente la etapa D del modelo principal se resume en el diagrama de la figura B.3. Los diagramas de las etapas B, C y E del modelo principal son análogos al de la D, al igual que las etapas B y C de los modelos simplificados.

En los diagramas de las figuras y se detallan los procesos de la etapa A y D respectivamente, del modelo principal.

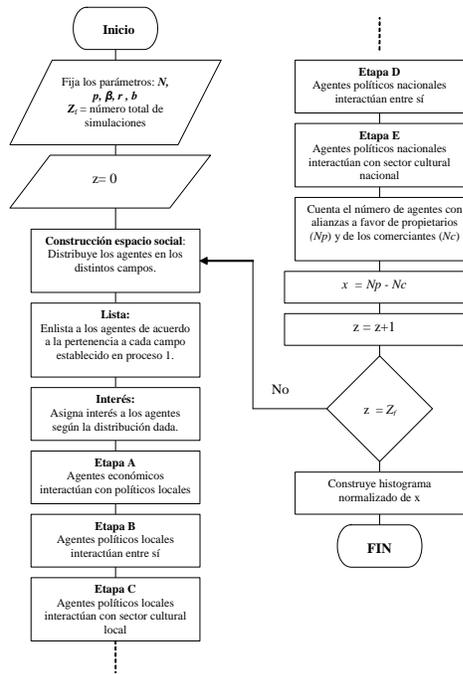


Figura B.1: Diagrama de flujo. Modelo principal.

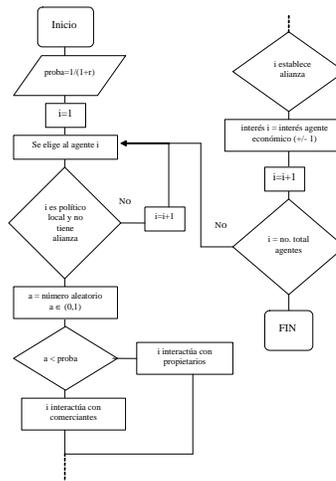


Figura B.2: Diagrama de flujo de la etapa A del modelo principal.

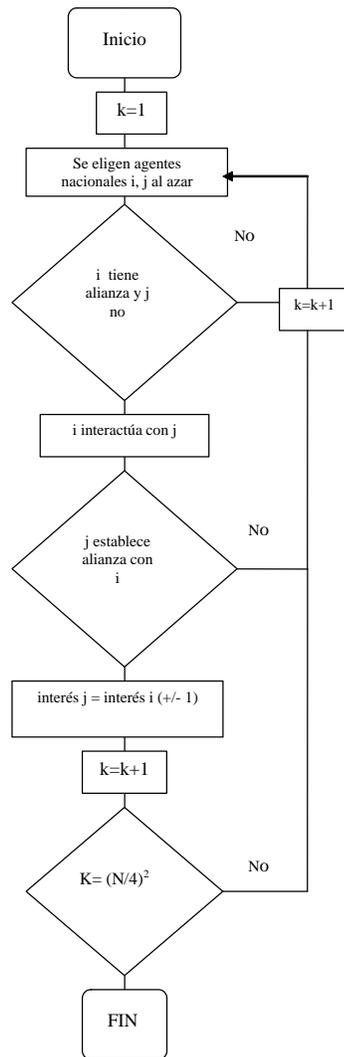


Figura B.3: Diagrama de flujo de la etapa D del modelo original.

Apéndice C

Código

A continuación muestro el código fuente usado para el modelo principal. El lenguaje de programación es Fortran. El compilador que se utilizó es GNU que esencialmente funciona para *Fortran 77* aunque tiene algunos aditamentos de *Fortran 90*. Los textos en letras cursivas precedidos por los caracteres *cc* pueden ser comentarios que facilitan la lectura del código, o bien fragmentos del programa que sirven para probar el funcionamiento del mismo.

```
cc modelo final
implicit none
integer nagents
parameter (nagents=2000)
common/var1/appart(nagents,6),engag(nagents)
common/var2/interet(nagents)
common/var3/list(nagents,6),nlist(6),list7(nagents)
common/par/p,pcult,b,ratiokbkd,beta,nagent(6),ntot
common/vrun/seedi,seedf
common/test/prop,neg
common/mc/i1,p1
common/polna/dx, nponadi, nponabe,dpolna
real*8 interet,p,pcult,b,ratiokbkd,beta
real*8 ZBQLU01
real*8 i1,p1
integer appart,engag,nagent,ntot,nneg,nprop,ntherm
integer list,nlist,list7
integer i,y,seed,seedi,seedf
```

```

integer k,p0
integer prop,neg
integer dx, nponadi, nponabe,dpolna
character*40 namerun
character(len=25) pon

cc Fija parámetros
p=0.05
pcult=0.5
ratiokbkd=0.2
b=0.1
beta=12.5
ntherm= 1000000
cc Nombre del archivo de datos
namerun='b12.5p-05rk-2b-1.dat'
write(*,*) namerun
pon='pon.'//namerun
seedi=1
seedf=1000
cccccccccccccccccccc
cccccc 1=PolDijon; 2=CultDijon; 3=PolBeaune; 4=CultBeaune;
cccccc 5=PolParis; 6=CultParis
cccccccccccccccccccc
neg=0
prop=0
call ZBQLINI(seed)
y=ZBQLU01()
i1=2.*(ZBQLU01()-0.5)
call thermalization(ntherm)
open(unit=11,file=namerun,
& form='formatted',status='new')
open(unit=55,file=pon,
& form='formatted',status='new')

do 1000 seed=seedi,seedf
  write(*,*) seed
  nagent(1)=int(real(nagents)/8.)
  nagent(2)=int(real(nagents)/8.)

```

```

nagent(3)=int(real(nagents)/8.)
nagent(4)=int(real(nagents)/8.)
nagent(5)=int(real(nagents)/4.)
nagent(6)=int(real(nagents)/4.)
ccccccccc
call initialisation
call lista
call determinteret
call etapea
call etapeb
call etapec
call etaped
call etapee
ccccccccc
nneg=0
nprop=0
do 1 i=1,ntot
if(engag(i).eq.1) nprop=nprop+1
if(engag(i).eq.(-1)) nneg=nneg+1
1 continue
write(11,*) nprop, nneg
write(55,*) nponadi,dx
1000 continue
close(11)
close(55)
call histogram(namerun)
end

subroutine initialisation
cc Distribuye agentes en 6 campos socio-geográficos
implicit none
integer nagents
parameter (nagents=2000)
common/var1/appart(nagents,6),engag(nagents)
common/var2/interet(nagents)
common/var3/list(nagents,6),nlist(6),list7(nagents)
common/par/p,pcult,b,ratiokbkd,beta,nagent(6),ntot
common/test/prop,neg

```

```

real*8 p,pcult,b,interet,r,ZBQLU01,ratiokbkd,beta
integer appart,engag,ntot,nagent,n,i,j,ii
integer list,nlist,list7
integer prop,neg
ntot=0
do 9 n=1,6
    ntot=ntot+nagent(n)
9 continue
do 10 i=1,ntot
    interet(i)=b
    engag(i)=0
    do 11 n=1,6
        appart(i,n)=0
    11 continue
10 continue
i=1
do 1 n=1,6
    do 2 ii=1,nagent(n)
        appart(i,n)=1
        if(n.eq.1.OR.n.eq.3.OR.n.eq.5) then
            r=ZBQLU01()
            if(r.le.pcult) appart(i,n+1)=1
        endif
        if(n.eq.1.OR.n.eq.3) then
            r=ZBQLU01()
            if(r.le.p) then
                appart(i,5)=1
                r=ZBQLU01()
                if(r.le.pcult) appart(i,6)=1
            endif
        endif
    2 continue
    i=i+1
1 continue
cc test: OK.
cc do 6 i=1,ntot
cc if(appart(i,1).eq.1.AND.appart(i,5).eq.1) prop=prop+1
cc     if(appart(i,3).eq.1.AND.appart(i,5).eq.1) neg=neg+1

```

```

cc write(*,*) i, appart(i,1),appart(i,2),appart(i,3),
cc & appart(i,4),appart(i,5),appart(i,6)
cc6 continue
cc write(*,*) 'prop=',prop,' neg=',neg
cc write(*,*) nagent(1),nagent(2),nagent(3),nagent(4),
cc & nagent(5),nagent(6)
cc pause
end

```

subroutine lista

```

cc Hace una lista de los miembros de cada campo
implicit none
integer nagents
parameter (nagents=2000)
common/var1/appart(nagents,6),engag(nagents)
common/var2/interet(nagents)
common/var3/list(nagents,6),nlist(6),list7(nagents)
common/par/p,pcult,b,ratiokbkd,beta,nagent(6),ntot
common/test/prop,neg
real*8 p,pcult,b,interet,r,ZBQLU01,ratiokbkd,beta
integer appart,engag,ntot,nagent,n,i,j
integer list,nlist,list7
integer prop,neg
do 11 n=1,6
nlist(n)=0
do 12 j=1,nagents
list(j,n)=0
12 continue
11 continue
do 9 n=1,6
j=0
do 10 i=1,ntot
if(appart(i,n).eq.0) goto 10
j=j+1
list(j,n)=i
10 continue
nlist(n)=j
9 continue

```

```

cc test: OKcc
cc write(*,*) nagent(1),nagent(2),nagent(3),nagent(4),
cc & nagent(5),nagent(6)
cc pause
cc do 6 i=1,nagent(2)
cc write(*,*) 'i=',i,' j=',list(i,2)
cc6 continue
cc test2: OKcc
cc do 6 n=1,6
cc write(*,*) nlist(n)
cc6 continue
end

```

subroutine thermalization(ntherm)

```

cc Asegura la distribución correcta de los intereses
implicit none
common/par/p,pcult,b,ratiokbkd,beta,nagent(6),ntot
common/mc/i1,p1
real*8 b,ratiokbkd,beta
real*8 interet,itemp,ptemp,r,ZBQLU01,proba,p,pcult
real*8 i1,p1
integer i,j,ntot,nagent, ntherm
integer hist(1000),n
i1=2.*(ZBQLU01()-0.5)
p1=exp(-abs(i1-b))
do 1 i=1,ntherm
    itemp=2.*(ZBQLU01()-0.5)
    ptemp=exp(-abs(itemp-b))
    proba=(ptemp/p1)/(1.+(ptemp/p1))
    r=ZBQLU01()
    if(r.le.proba) then
        i1=itemp
        p1=ptemp
    endif
1 continue
end

```

subroutine determinteret

```

cc Asigana intereses a los agentes usando método de Monte Carlo
implicit none
integer nagents
parameter (nagents=2000)
common/par/p,pcult,b,ratiokbkd,beta,nagent(6),ntot
common/var2/interet(nagents)
common/mc/i1,p1
real*8 b,ratiokbkd,beta
real*8 interet,itemp,ptemp,r,ZBQLU01,proba,p,pcult
real*8 i1,p1
integer i,j,ntot,nagent, ntherm
integer hist(1000),n
p1=exp(-abs(i1-b))
do 1 i=1,ntot
  do 5 j=1,100
    itemp=2.*(ZBQLU01()-0.5)
    ptemp=exp(-abs(itemp-b))
    proba=(ptemp/p1)/(1.+(ptemp/p1))
    r=ZBQLU01()
    if(r.le.proba) then
      if(j.eq.100) interet(i)=itemp
      i1=itemp
      p1=ptemp
    else
      if(j.eq.100) interet(i)=i1
    endif
  5 continue
1 continue
cc test: OK.
cc do 2 n=1,20
cc hist(n)=0
cc 2 continue
cc do 3 i=1,ntot
cc n=int(20*(interet(i)+1.)/2.)+1
cc hist(n)=hist(n)+1
cc 3 continue
cc do 4 n=1,20
cc write(3,*) -1.+2.*real(n-1)/19.,

```

```

cc & hist(n)/(real(ntot)*2./19.)
cc 4 continue
end

```

subroutine etapea

cc Conecta agentes económicos con políticos locales, Dijon/Beaune.

```

implicit none
integer nagents
parameter (nagents=2000)
common/var1/appart(nagents,6),engag(nagents)
common/var2/interet(nagents)
common/var3/list(nagents,6),nlist(6),list7(nagents)
common/par/p,pcult,b,ratiokbkd,beta,nagent(6),ntot
real*8 p,pcult,b,ratiokbkd,beta,r,ZBQLU01,proba,proba2,interet
integer appart,engag,nagent,ntot,ii,epsilon,i,exposant
integer list,nlist,list7
integer neg,prop
proba=1./(1.+ratiokbkd)
do 2 ii=1,nagent(1)+nagent(3)
    r=ZBQLU01()
    epsilon=3
    if(r.le.proba) epsilon=1
    exposant=(epsilon+1)/2
1 continue
    r=ZBQLU01()
    i=int(ZBQLU01()*ntot)+1
    if(appart(i,epsilon).eq.1.AND.engag(i).eq.0) then
        proba2=exp(-beta*abs(interet(i)+(-1)**exposant))
        r=ZBQLU01()
        if(r.le.proba2) engag(i)=-(-1)**exposant
    else
        goto 1
    endif
2 continue
cc test: OK.
cc neg=0
cc prop=0
cc do 3 i=1,ntot

```

```

cc if(engag(i).eq.1) prop=prop+1
cc   if(engag(i).eq.(-1)) neg=neg+1
cc3 continue
cc write(*,*) 'prop=',prop,' neg=',neg
end

```

subroutine etapeb

```

cc Conecta políticos loscales entre sí, Dijon/Beaune.
implicit none
integer nagents
parameter (nagents=2000)
common/var1/appart(nagents,6),engag(nagents)
common/var2/interet(nagents)
common/var3/list(nagents,6),nlist(6),list7(nagents)
common/par/p,pcult,b,ratiokbkd,beta,nagent(6),ntot
common/test/prop,neg
real*8 p,pcult,b,ratiokbkd,beta,interet,r,ZBQLU01,proba
integer appart,engag,nagent,ntot,n,i,ii
integer list,nlist,list7
integer engagtemp(nagents),prop,neg
do 5 ii=1,ntot
    engagtemp(ii)=0
5 continue
do 1 n=1,3,2
    do 2 i=1,ntot
        if(engag(i).eq.0.OR.appart(i,n).eq.0) goto 2
        do 3 ii=1,ntot
            if(engag(ii).ne.0.OR.appart(ii,n).eq.0) goto 3
            proba=exp(-beta*abs(engag(i)-interet(ii)))
            r=ZBQLU01()
            if(r.le.proba) engag(ii)=engag(i)
        3 continue
    2 continue
1 continue
cc do 4 ii=1,ntot
cc if(engagtemp(ii).ne.0) engag(ii)=engagtemp(ii)
cc4 continue
cc test: OK

```

```

cc do 6 i=1,ntot
cc if(engag(i).eq.1) prop=prop+1
cc   if(engag(i).eq.(-1)) neg=neg+1
cc6 continue
cc write(*,*) 'prop=',prop,' neg=',neg
end

```

subroutine etapec

cc Conecta políticos locales con agentes culturales locales, Dijon/Beaune.

```

implicit none
integer nagents
parameter (nagents=2000)
common/var1/appart(nagents,6),engag(nagents)
common/var2/interet(nagents)
common/var3/list(nagents,6),nlist(6),list7(nagents)
common/par/p,pcult,b,ratiokbkd,beta,nagent(6),ntot
common/test/prop,neg
real*8 p,pcult,b,ratiokbkd,beta,interet,r,ZBQLU01,proba
integer appart,engag,nagent,ntot,n,i,ii
integer list,nlist,list7
integer engagtemp(nagents),prop,neg
do 5 ii=1,ntot
    engagtemp(ii)=0
5 continue
do 1 n=1,3,2
    do 2 i=1,ntot
        if(engag(i).eq.0.OR.appart(i,n).eq.0
        & .OR.appart(i,n+1).eq.0) goto 2
        do 3 ii=1,ntot
            if(engag(ii).ne.0.OR.appart(ii,n+1).eq.0) goto 3
            proba=exp(-beta*abs(engag(i)-interet(ii)))
            r=ZBQLU01()
            if(r.le.proba) engag(ii)=engag(i)
        3 continue
    2 continue
1 continue
cc do 4 ii=1,ntot
cc if(engagtemp(ii).ne.0) engag(ii)=engagtemp(ii)

```

```

cc4 continue
cc test: OK.
cc do 6 i=1,ntot
cc if(engag(i).eq.1) prop=prop+1
cc   if(engag(i).eq.(-1)) neg=neg+1
cc6 continue
cc write(*,*) 'prop=',prop,' neg=',neg
end

```

subroutine etaped

```

cc Conecta políticos locales Dijon/Beaune con políticos nacionales.
implicit none
integer nagents
parameter (nagents=2000)
common/var1/appart(nagents,6),engag(nagents)
common/var2/interet(nagents)
common/var3/list(nagents,6),nlist(6),list7(nagents)
common/par/p,pcult,b,ratiokbkd,beta,nagent(6),ntot
common/test/prop,neg
common/polna/dx, nponadi, nponabe, dpolna
real*8 p,pcult,b,ratiokbkd,beta,interet,r,ZBQLU01,proba
integer appart,engag,nagent,ntot,n,i,ii,j,jj
integer list,nlist,list7,nlist7
integer nb,prop,neg,i1,i2
integer dx,nponadi,nponabe,dpolna,negd,propd
cc conteo de políticos enganchados en esta etapa
nponadi=0
nponabe=0
dpolna= 0
propd=0
negd=0
do 88 i=1,nlist(5)
    if(engag(list(i,5)).eq.1) nponadi=nponadi+1
    if(engag(list(i,5)).eq.-1) nponabe=nponabe+1
88 continue
write(*,*) 'di=', nponadi, 'be=', nponabe
dpolna=nponadi-nponabe
cccccc

```

```

do 1 n=1,nlist(5)*nlist(5)
  j=int(real(nlist(5))*ZBQLU01()+1)
  jj=int(real(nlist(5))*ZBQLU01()+1)
  i1=list(j,5)
  i2=list(jj,5)
  if(engag(i1).eq.engag(i2).OR.(engag(i1)*engag(i2)).ne.0) goto 1
  i=i1*abs(engag(i1))+i2*abs(engag(i2))
  ii=i2*(1-abs(engag(i2)))+i1*(1-abs(engag(i1)))
cc if(appart(i,5).eq.0) goto 1
cc if(appart(ii,6).eq.0) goto 1
cc variant:
cc if(appart(ii,1).eq.1.OR.appart(ii,3).eq.1) goto 1
  proba=exp(-beta*abs(engag(i)-interet(ii)))
  r=ZBQLU01()
  if(r.le.proba) engag(ii)=engag(i)
  if(engag(ii).eq.1) propd=propd+1
  if(engag(ii).eq.(-1)) negd=negd+1
1 continue
dx=propd-negd
write(*,*) 'prp=', propd, 'neg=', negd,'dx=',dx
cc test:
cc do 8 i=1,ntot
cc if(engag(i).eq.1) prop=prop+1
cc if(engag(i).eq.(-1)) neg=neg+1
cc 8 continue
cc write(*,*) 'prop=',prop,' neg=',neg
end

```

subroutine etapee

cc Conecta polícos nacionales con agentes culturales nacionales.

```

implicit none
integer nagents
parameter (nagents=2000)
common/var1/appart(nagents,6),engag(nagents)
common/var2/interet(nagents)
common/var3/list(nagents,6),nlist(6),list7(nagents)
common/par/p.pcult,b.ratiokbkd,beta,nagent(6),ntot
common/test/prop,neg

```

```

real*8 p,pcult,b,ratiokbkd,beta,interet,r,ZBQLU01,proba
integer appart,engag,relat,nagent,ntot,n,i,ii,i1,i2,j,jj
integer list,nlist,list7
integer prop,neg
do 1 n=1,nlist(6)*nlist(6)
    j=int(real(nlist(6))*ZBQLU01()+1
    jj=int(real(nlist(6))*ZBQLU01()+1
    i1=list(j,6)
    i2=list(jj,6)
    if(engag(i1).eq.engag(i2).OR.(engag(i1)*engag(i2)).ne.0) goto 1
    i=i1*abs(engag(i1))+i2*abs(engag(i2))
    ii=i2*(1-abs(engag(i2)))+i1*(1-abs(engag(i1)))
    if(appart(i,5).eq.0) goto 1
cc if(appart(ii,6).eq.0) goto 1
cc variant:
cc if(appart(ii,1).eq.1.OR.appart(ii,3).eq.1) goto 1
    proba=exp(-beta*abs(engag(i)-interet(ii)))
    r=ZBQLU01()
    if(r.le.proba) engag(ii)=engag(i)
1 continue
cc test:
cc do 8 i=1,ntot
cc if(engag(i).eq.1) prop=prop+1
cc if(engag(i).eq.(-1)) neg=neg+1
cc 8 continue
cc write(*,*) 'prop=',prop,' neg=',neg
end

```

subroutine histogram(namerun)

```

cc Contruye histograma
implicit none
integer nagents
parameter (nagents=2000)
common/vrun/seedi,seedf
real*8 x(1000),max
integer nhist,nneg(100000),nprop(100000),seedi,seedf
integer hist(1000),i,n,nb
character*40 namerun

```

```

character(len=25) res
ccccccccc
nhist=60
ccccccccc
open(unit=11,file=namerun,
& form='formatted',status='old')
max=0.
do 1 i=seedi,seedf
    read(11,*) nprop(i),nneg(i)
    if(abs(nneg(i)-nprop(i)).ge.max) max=real(abs(nneg(i)-nprop(i)))
1 continue
close(11)
do 2 n=1,nhist
    x(n)=-max+2.*max*real(n-1)/real(nhist-1)
    hist(n)=0
2 continue
nb=0
do 3 i=seedi,seedf
    n=int(real(nhist)*(real(nprop(i)-nneg(i))+max)/(2.*max))+1
    hist(n)=hist(n)+1
    nb=nb+1
3 continue
res='hist.'//namerun
open(unit=22,file=res,
& form='formatted',status='new')
do 4 n=1,nhist
    write(22,*) x(n), hist(n)/(real(nb)*2.*max/real(nhist-1))
4 continue
close(22)
end

include ünifrandgen_modif.for"

```

Referencias

- [1] Albert, Reka and Albert L. Barabasi. “Statistical mechanics of complex networks,” *Reviews of Modern Physics*, 74(1) (2002).
- [2] Binder, K. and Heerman. *Monte Carlo Simulations in Statistical Physics* (4 Edition). Berlin: Springer, 2002.
- [3] Boyer, Denis. “Un (deuxième) model de formation de réseaux à travers différents champs sociaux: le cas du problème du vin en Bourgogne au début du XXe siècle,” *Ronéotypé UNAM* (September 2005).
- [4] Boyer, Robert. “Comment changent les modes de régulation sectoriels,” *PSE Paris Jourdan Science Économique*, 8545 (December 2005).
- [5] Chaikin, P. M. and T. C. Lubensky. *Principles of Condensed Matter Physics*. 2000.
- [6] Drossel, B. and F. Schwabl. “Self-organized critical forest-fire model,” *Physical Review Letters*, 69(11):1629+ (1992).
- [7] Galam, S. “Minority opinion spreading in random geometry,” *The European Physical Journal B - Condensed Matter and Complex Systems*, 25(4):403–406 (February 2002).
- [8] Guillaume, Deffuant, et al. “Mixing beliefs among interacting agents,” *Advances in Complex Systems* 3, 87–98 (2000).
- [9] Helbing, Dirk and Péter Molnár. “Social force model for pedestrian dynamics,” *Physical Review E*, 51(5):4282+ (May 1995).
- [10] Kerner, B. S. and P. Konhäuser. “Cluster effect in initially homogeneous traffic flow,” *Physical Review E*, 48(4):2335+ (October 1993).

- [11] Laferté, Gilles. “Folklore savant et folklore commercial: reconstruire la qualité des vins de Bourgogne. Une sociologie économique de l’image régionale dans l’entre-deux-guerres,” (December 2002).
- [12] Lambiotte, R., et al., “Majority Model on a network with communities,” Feb 2007.
- [13] Milgram, S. “Untitled,” *Psychol. Today* 2, 60 (1967).
- [14] Moffat, James. “Complexity Theory and Network Centric Warfare,” *CCRP Publication Series* (2003).
- [15] Naumis, Gerardo G., et al. “Three-body interactions in sociophysics and their role in coalition forming,” *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 379(1):226–234 (June 2007).
- [16] Newman, M. E. J. “The Structure and Function of Complex Networks,” *SIAM Review*, 45(2):167–256
- [17] Newman, M. E. J. and Watts. “Scaling and percolation in the small-world network model,” *Phys.Rev.E*, 60:7332–7342 (1999).
- [18] Newman, M. E. J., et al. “Random graph models of social networks,” *PNAS* 99, 2566–2572 (2002).
- [19] Rundle, J. “Earthquakes, self-organization and Scaling,” *Physics World*, 22+ (November 1989).
- [20] Schwartz, N., et al. “Percolation in directed scale-free networks,” *Physical Review E*, 66(1):015104+ (July 2002).
- [21] Srblijinovic, Armano and Ognjen Skunca, “An Introduction to Agent Based Modelling and Simulation of Social Processes,” Sep 2004.
- [22] Stauffer, D. and Arahony. *Introduction to Percolation Theory* (2 Edition). 1996.
- [23] Strogatz, S. H. “Exploring complex networks.,” *Nature*, 410(6825):268–276 (March 2001).
- [24] Sznajd-Weron, Katarzyna and Jozef Sznajd, “Opinion evolution in closed community,” Jan 2001.

- [25] Tajima, Yusuke, et al. “Scaling of pedestrian channel flow with a bottleneck,” *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 294(1-2):257–268 (May 2001).
- [26] Turcotte, D., et al. “Self-organization, the cascade model, and natural hazards,” *PNAS*, 99(1):2530–2537 (February 2002).
- [27] Warren, C. P., et al. “Geography in a scale-free network model,” *Physical Review E*, 66(5):056105+ (November 2002).
- [28] Woloszyn, M., et al. “Order-disorder phase transition in a cliquy social network,” *The European Physical Journal B - Condensed Matter and Complex Systems*, 57(3):331–335 (June 2007).