

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador  
Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio  
Convocatoria 2018-2020

Tesis para obtener el título de maestría de Investigación en Economía del Desarrollo

La acción colectiva y la comunicación como herramientas para la construcción contra  
hegemónica

Bryan Steven Pérez Almeida

Asesor: Wilson Pérez Oviedo

Lectores: María Cristina Vallejo y John Cajas-Guijarro

Quito, septiembre de 2021

## **Dedicatoria**

A todos aquellos que se nunca dejaron de creer que esto es posible. Infinitas gracias por no perder su fe en este personaje.

## Tabla de contenidos

Resumen .....	VI
Agradecimientos .....	VIII
Capítulo 1 .....	1
Introducción .....	1
Capítulo 2 .....	6
Marco Teórico.....	6
2.1. La acción colectiva y sus mecanismos para conseguirla .....	6
2.2. Topología de redes .....	11
Capítulo 3 .....	15
Revisión de la literatura .....	15
Capítulo 4 .....	19
Metodología .....	19
4.1. Descripción general del juego.....	19
4.2. Descripción formal del juego.....	22
Capítulo 5 .....	27
Resultados .....	27
5.1. Resultados en una red Erdős-Rényi .....	31
5.2. Resultados en una red Watts-Strogatz.....	33
5.3. Resultados en una red Barabasi-Albert.....	34
5.4. Resultados al variar la probabilidad de mensaje exitoso .....	36
Capítulo 6 .....	45
Conclusiones .....	45
Anexos.....	47
Lista de referencias .....	52

## Ilustraciones

### Gráficos

Gráfico 1. Red Hipotética.....	25
Gráfico 2: Red tipo Erdős-Rényi con diferentes probabilidades de conexión .....	29
Gráfico 3: Red tipo Watts-Strogatz con diferentes probabilidades de conexión .....	29
Gráfico 4: Red tipo Barabási-Albert con diferentes potencias.....	29
Gráfico 5: Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles .....	32
Gráfico 6: Resultados promedios en una red Erdős-Rényi .....	33
Gráfico 7: Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles .....	34
Gráfico 8: Resultados promedios en una red Watts-Strogatz .....	34
Gráfico 9: Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles .....	35
Gráfico 10: Resultados promedio en una red Barabasi-Albert .....	36
Gráfico 11: Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles .....	37
Gráfico 12: Resultados promedio en una red Erdős-Rényi.....	38
Gráfico 13: Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles .....	38
Gráfico 14: Resultados promedio en una red Erdős-Rényi.....	39
Gráfico 15: Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles .....	39
Gráfico 16: Resultados promedio en una red Watts-Strogatz.....	39
Gráfico 17: Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles .....	41
Gráfico 18: Resultados promedio en una red Watts-Strogatz.....	41
Gráfico 19: Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles .....	42
Gráfico 20: Resultados promedios en una red Barabasi-Albert.....	42
Gráfico 21: Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles .....	43
Gráfico 22: Resultados promedios en una red Barabasi-Albert.....	43

## **Declaración de cesión de derecho de publicación de la tesis**

Yo, Bryan Steven Pérez Almeida, autor de la tesis titulada “La acción colectiva y la comunicación como herramientas para la construcción contra hegemónica” declaro que la obra es de mi exclusiva autoría, que la he elaborado para obtener el título de maestría de Investigación en Economía del Desarrollo concedido por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.

Cedo a la FLACSO Ecuador los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, bajo la licencia Creative Commons 3.0 Ecuador (CC BY-NC-ND 3.0 EC), para que esta universidad la publique en su repositorio institucional, siempre y cuando el objetivo no sea obtener un beneficio económico.

Quito, septiembre de 2021



Firmado electrónicamente por:  
**BRYAN STEVEN  
PEREZ ALMEIDA**

---

Bryan Steven Pérez Almeida

## Resumen

“El opio de las masas” fue como denominó Marx (1844) a la religión en la sociedad capitalista de aquel entonces. Su poder e influencia político - económica era clave para el dominio de las clases, desde la hegemonía, las relaciones sociales y de producción. Quizá, hoy en día las instituciones católicas ya no son la mejor herramienta para el dominio de las masas, quizá, hoy en día son los medios sociales digitales. Pues estas se han convertido en el semillero de ídolos e ideas dominantes, que dado su alcance comunicacional generan identidad y fanatismo de manera lacerante, al punto de fragmentar a la población de un mismo territorio. Sin embargo, quien está detrás construyendo los ídolos y las ideas dominantes a manera de conocimiento son las mismas clases dominantes.

De modo que, la población -a lo mejor- sin saberlo se encuentra vulnerable a adquirir un conocimiento en beneficio de las clases dominantes, que es de gran alcance por las herramientas comunicacionales. Sin embargo, si una porción de la población no privilegiada utiliza las mismas herramientas de comunicación para construir un conocimiento contra hegemónico, y logra coordinar a otras facciones no privilegiadas en una acción colectiva la hegemonía dominante se podría quebrantar.

En este sentido, la acción colectiva propuesta (Olson, 1971) y la comunicación como herramienta para construcción de ideas (Gramsci, 1982; Chwe, 2001) impulsan la presente investigación con base a la elaborada por Pérez-Oviedo (2015). La propuesta actual persigue la hipótesis de que ¿es la acción colectiva, la comunicación en una estructura de red suficientes para generar un conocimiento contrahegemónico capaz de abolir el régimen? Donde el objetivo es demostrar que sí, en una sociedad -simulada y- dominada por un dictador, en una población con agentes afines a él, y otros que más bien se oponen, a través de su identidad en contra del régimen, la comunicación que puedan tener dependiendo de la estructura de red, forman una rebelión masiva en contra del dictador.

Los resultados sugieren que sí, que la comunicación y un número suficiente de agentes en contra del régimen pueden formar una rebelión lo suficientemente fuerte para derogar al dictador, lo cual incluso ocurre cuando la red en la que se desarrollan ofrece una conexión mínima, y mientras mayor es la conexión de red, mayor es la probabilidad de rebelión, generando ínfimas o casi nulas utilidades para el dictador. No obstante, el dictador también

tiene su interés, el de percibir la mayor utilidad posible, para lo cual debe realizar la elección correcta de la estructura de la comunidad, la función de utilidad de sí mismo y la distribución de agentes en contra y a favor del régimen. Es decir, se gesta una contraposición de intereses.

## **Agradecimientos**

Un profundo agradecimiento a Daniela, quien me impulsó a seguir, sobre todo en estos meses de oscuridad y brumas en mi mente. Seguramente tú crees más en mí, que yo mismo. A mi familia y amigos de la “poli” quienes se alegraban con cada paso dado en esta Odisea llamada maestría. A John y Leonardo quienes me brindaron la oportunidad de trabajar junto a ellos, aprendí mucho y espero haber contribuido en algo.

Un agradecimiento especial a Wilson Pérez-Oviedo por sacarme de mi zona habitual de investigación, su confianza y paciencia permitieron culminar este proceso.

Finalmente, gracias a los amigos y colegas de FLACSO, sobre todo a los “becados”, siempre nos apoyamos de una manera u otra, y nunca nos dejamos a la deriva.

## Capítulo 1

### Introducción

Con el surgimiento de los medios sociales en internet en empresas como Google, Facebook o Twitter la conectividad absoluta pasó a ser parte de la cotidianidad, en un principio, fue pensada como la oportunidad para romper las barreras de la incomunicación y mantener a un mundo conectado. De hecho, las herramientas tecnológicas a la vanguardia de estas compañías lo han permitido, pero, su línea de negocio no coincide con intereses sociales o humanísticos, más bien responde a lo que busca cualquier empresa, ser la más poderosa y líder de un segmento del mercado (Persily, 2017).

Sin embargo, el mundo conectado en medios sociales de internet también ha permitido el surgimiento de figuras carismáticas, líderes e ideologías que aportan ínfimamente al cambio estructural de las sociedades desiguales, más bien, contribuyen a la polarización, segmentación y adoctrinamiento con base en el fanatismo y populismo (Bulut y Yörük, 2017; Hong y Hyoung, 2016).

Casos como las elecciones presidenciales de Estados Unidos en 2016 (Persily, 2017), de Colombia en 2018 (Prada y Romero, 2018) o de Canadá en 2011 (Gruzd y Roy, 2014) son una muestra de lo anterior, donde la polarización y división en la población fue tan fuerte en medios sociales digitales que inclinó la balanza electoral a favor de los candidatos ganadores<sup>1</sup>. Es decir, los medios sociales generan una especie de culto y ceguera en líderes carismáticos (Weber, 1974; Ricoeur, 1986), convirtiéndose en una especie de “opio de las masas” (Marx, 1844) de la sociedad actual, pues su alcance de comunicación es incluso mayor que los medios de comunicación tradicionales, donde, un líder o alguien que pueda pagar por las herramientas tecnológicas del mundo conectado, puede llegar a gran parte de la población, e incluso, identificar a quienes le servirían para alcanzar el poder.

No obstante, los medios sociales digitales también pueden ser el espacio para la oposición y resistencia, pues su capacidad comunicativa no es excluyente, ya que sirve para la corriente

---

<sup>1</sup> Los candidatos presidenciables electos incluso con estrechos márgenes en las votaciones, se lo deben a la popularidad de sí mismo y su partido político (Stimson, 1976; Kernell, 1978), pero también a la impopularidad de su predecesor y la situación económica del momento (Abramowitz, 1985).

hegemónica que quiere implantarse, así como a la que se opone, pero en este último, debería estar alimentado por algunos usuarios, análogo a las tendencias en Twitter.

Es decir, en el caso de la corriente contra hegemónica debería ser un número mínimo de usuarios de medios sociales digitales para que puedan ser robustez y oponerse a las ideas dominantes. En palabras de Olson (1971) y Pérez Oviedo (2015) deberían formar “una acción colectiva lo suficientemente fuerte” para enfrentar a la ideología dominante.

De este modo, la acción colectiva, la comunicación y la construcción de nuevas ideas (conocimiento) confabulan los mecanismos de resistencia al orden establecido, que son de suma importancia dado los métodos de manipulación y control desde los medios sociales digitales en la actualidad, además, es el aporte de la presente investigación a la literatura, pues busca determinar a estos mecanismos como los elementos -aunque no los únicos- de contra hegemonía.

Sin embargo, cada uno debe primero ser entendido, pues así como brindan una oportunidad para la construcción de ideas, también son un desafío, pues al requerir de un número suficientemente grande de una población, el interés colectivo puede verse truncado. Sobre la acción colectiva Olson (1971), Axelrod (1986) y Ostrom (2000) analizaron la provisión de bienes públicos, donde un agente  $A_i$  de una colectividad  $I$  (tal que la  $I = \sum_{i=1}^n A_i$ ) tienen que proveer una fracción  $\alpha_i$  de un bien público  $X$ , de modo que todos los  $i$  agentes puedan gozar del bien.

Sin embargo, dada la naturaleza de un bien público, su consumo no puede ser excluyente, por lo tanto si un agente  $A_j \neq A_i$  no realiza su contribución  $\alpha_j$  al bien público  $X$ , igual seguirá disfrutando del bien público, pues el resto de los agentes  $A_i \neq A_j$  sí realizaron su contribución.

Empero, la no contribución del agente  $j$ , muestra un comportamiento egoísta que puede propagarse en el resto, ya que si un número considerable de agentes  $E$  que pertenecen a  $I$ , no contribuyen, forjarían incertidumbre -desconocimiento y desconfianza- sobre las acciones en el resto de los agentes que sí contribuyeron, y un potencial colapso de la provisión de bienes públicos.

Para evitar un ambiente generalizado de desconocimiento, hay que llegar a establecer normas y -al menos- un consenso, que según Cante (2007) es el objetivo final de la acción colectiva, ya que es un mutuo acuerdo entre dos o más agentes  $A_i, A_j \in I$ , que comparten el mismo sentido de moral, ideología o emocional, y por lo tanto cooperarán en pro de un interés colectivo, y a costa de sus intereses individuales.

En lo anterior nótese que el mutuo acuerdo entre los agentes  $A_i \in I$  se da por el conocimiento de la moral e ideología de los demás. Donde conocer lo que otros conocen genera un ambiente de confianza y certeza sobre las acciones de los demás (al menos en cierto grado). Por lo tanto, el conocimiento entre los agentes es indispensable para llegar a un consenso.

No obstante, el conocimiento puede ser construido con ideas que dominen al pensamiento de los agentes. Por ejemplo las creencias, símbolos, ideologías y tradiciones (Havert, 2010; McIntosh et al., 2013), si son propagadas (Chwe, 2001) desde las instituciones a las que se rigen los agentes  $i \in I$  (Hardin, 1982; Hédoïn, 2013) se fortalecerá el conocimiento en la colectividad.

Respecto a la acción colectiva, Olson (1971) más bien planteó un sistema de incentivos y castigos, que compense y sancione a los agentes  $A_i \in I$  que contribuyan y no contribuyan a la provisión del bien público  $X$ . Pero nótese que, en este caso, más bien el consenso se encuentra regido por el sistema, es decir, condiciona el comportamiento de los individuos.

La propuesta de Olson (1971) está alineada a la naturaleza inherente de una colectividad, puesto que “una agrupación no es transparente, sino el reino de las relaciones de poder, influencia, regateo y cálculo” en beneficio propio (Crozier y Friedberg, 1990,3-4). Que, al ser combinada con la construcción de conocimiento se obtendría una colectividad que conoce solo lo que debe de conocer.

Es decir, el dominio sobre el mundo de las ideas (Marx y Engels, 2014) logrará que los agentes actúen alineados a un interés común dejando de lado sus intereses individuales. Sin embargo, la fortaleza hegemónica no está exenta de grietas, pues según Gramsci (1982) la hegemonía en la ideología y el mundo de las ideas puede ser contrarrestada en un proceso de

contra hegemonía<sup>2</sup>, cuyo origen puede ser en cualquier posición de poder, incluso desde las sombras (Scott, 1990). Por lo tanto, la generación de ideas en contra de la hegemonía dominante no depende estrictamente del *statu quo* de los agentes, sino de la comunicación que se de en estos (Weber, 1974).

En este sentido Chew (2001) señala que la comunicación es el motor para construcción de ideas, identidad y pertenencia entre los agentes. Por lo tanto el proceso de contrahegemonía de Gramsci (1982) debe efectuarse a través de la comunicación, tal y como señala Chew (2001), de ese modo la revuelta de un grupo en contra del orden establecido y conocido podrá tener éxito.

Para contrastar los aportes teóricos se retomará la investigación de Pérez-Oviedo (2015) que enfatiza una colectividad dominada por un dictador, con agentes a favor y en contra del régimen, siendo estos últimos los que buscan derrocar al monarca. Lo cual es posible, sí y solo sí, generan un conocimiento común contrario a la dominante, enraizado -principalmente- en la identidad como agentes en contra.

El conocimiento contra hegemónico es propagado con la comunicación entre los agentes en contra del dictador. La acción colectiva entre un número mínimo de estos agentes determinará la probabilidad de rebelión en tres tipos de redes: Erdős-Rényi, Watts-Strogatz y Barabasi-Albert<sup>3</sup>. No obstante, así como los agentes en contra buscan una rebelión, el dictador debe de elegir cuántos agentes a favor y en contra mantener, el tipo de red y su función de utilidad, pues busca la mayor ganancia y probabilidad de revuelta más baja.

Una de las particularidades de la simulación es que será realizada para una población pequeña, pues según Olson (1971) y Canté (2007) bajo este contexto el consenso es más efectivo. Los resultados obtenidos serán puestos a prueba con la variación de los parámetros de redes, la probabilidad de éxito en la llegada de los mensajes emitidos por agentes y la probabilidad de rebelión de los agentes.

---

<sup>2</sup> Para una revisión más profunda sobre hegemonía se puede revisar Bates (1975).

<sup>3</sup> El objetivo es comprobar la hipótesis de contra hegemonía en un sistema conectado, es decir, una comunidad. Por lo cual, los tres tipos de redes clásicas Erdős-Rényi, Watts-Strogatz y Barabasi-Albert permiten representar una comunidad interconectada a través de vértices y enlaces como agentes y mensajes respectivamente. Otra alternativa fuese el análisis de redes sociales con métricas de topología de redes, pero eso sería un análisis en una comunidad real, donde se podría recabar el entorno social de las élites, como lo efectuó Keller (2016) para el caso chino. No obstante, el presente ejercicio utiliza las redes clásicas ya que es una simulación.

Los resultados indican que la utilidad del dictador es inversamente proporcional a la probabilidad de rebelión, de recepción exitosa de los mensajes de agentes en contra del dictador, parámetros de probabilidad de conexión y ley de potencia entre vértices propios de las redes tipo Erdős-Rényi, Watts-Strogatz y Barabasi-Albert, respectivamente.

El presente trabajo se compone de la siguiente manera, una primera sección correspondiente a la introducción. El segundo inciso engloba el marco teórico sobre la acción colectiva y tipología de redes. El tercer apartado continua con una revisión de la literatura. La cuarta y quinta sección describe la metodología y resultados, respectivamente, para converger con las conclusiones en el sexto apartado.

## Capítulo 2

### Marco Teórico

#### 2.1. La acción colectiva y sus mecanismos para conseguirla

Olson (1971) incursionó en el análisis de la acción colectiva, pero no fue el único, pues Hardin (1971), Chamberlin (1974), Axelrod (1986) y Ostrom (2000) también estudiaron el fenómeno social, que puede resumirse en la convergencia de un interés colectivo, sí, los agentes  $A_i$  de una colectividad  $I = \sum_{i=1}^n A_i$  dejan de lado sus intereses individuales. Sin embargo, la naturaleza racional y egoísta de un puñado de agentes  $E \subset I$  provoca una divergencia en la colectividad (Miller, 2007).

Un agente  $i$  al observar que un subgrupo  $E \subset I$  no coopera, empieza a desconfiar del resto de agentes  $K \subset I$  con  $K \neq E$ , y tendría evidencia para no cooperar también. Si el mismo comportamiento se propaga en el resto de los agentes en  $K \subset I$ , la coordinación para alcanzar un consenso se vería obstaculizada, hasta llegar a una no coordinación entre los agentes  $A_i \in I$ .

Respecto a lo anterior se podría pensar que el grupo sea formado -exclusivamente- por individuos de un comportamiento homogéneo. Es decir, la colectividad debería ser reducida a  $I' = I - E$ . Sin embargo, Olson (1971) menciona que monitorear y excluir a integrantes que no coincidan con el objetivo común, puede resultar costoso y difícil de realizarlo; primero porque existe un efecto de invisibilidad cuando el grupo es muy grande (Franzen, 1995; Paramio, 2005,1-10), y segundo, porque las acciones de los individuos pueden cambiar dependiendo del provecho que puedan obtener de su posición (Crozier y Friedberg, 1990, 3-4).

Para un grupo entre individuos heterogéneos es complejo coordinar las acciones hacia un interés colectivo, pues la propia estructura de una agrupación motiva a “no contribuir y gorronear la contribución de otros integrantes” (Ostrom, 2000, 32). Por lo tanto, se requiere diseñar instrumentos o mecanismos que incentiven la coordinación de los agentes.

Olson (1971) plantea un sistema de incentivos y castigos, el cual sanciona a los individuos  $A_i \in I$  que no contribuyan, mientras que premia a quienes sí, de ese modo, por obediencia -o condicionamiento- a una norma social la coordinación es obtenida (Cante, 2007).

Aunque el sistema de incentivos y castigos fue la primera herramienta para lograr la coordinación entre individuos, no es la única. Crozier y Friedberg (1990,3) plantean que la coordinación en el grupo sería posible a través de un condicionamiento, manipulación afectiva o la introducción de una ideología, sin embargo, los autores consideran que serían insuficientes sin la represión.

Melucci (1990) comparte la idea sobre los valores, las creencias o la ideología de los integrantes del grupo, como claves para la acción colectiva, pero reflexiona sobre la figura de un líder para que desde este se forje la hegemonía y el conocimiento dominante entre los individuos.

Miller (2007) por su parte coincide con Melucci (1990) pero a su vez propone otros mecanismos como acuerdos, puntos focales<sup>4</sup> o normas de relación, para generar conocimiento común entre los individuos y coordinar sus acciones.

Más adelante Hardin (1971) y Bohnet et al. (2004) manifiesta a la experiencia y expectativas de los integrantes del grupo como los instrumentos de coordinación. Puesto que los agentes conocerán cuántas veces ha contribuido otro integrante, y según dicha evidencia, determinarán si lo harán de nuevo; Sin embargo, Colomer (1995, 226) manifiesta que una estrategia del polizón puede ser ganar la confianza de sus semejantes, y posteriormente, dejar de contribuir, y así aprovechar los réditos de la acción colectiva sin mayor esfuerzo.

Nótese como los instrumentos mencionados ejercen la formación de ideas para un fin específico y el conocimiento común. Sin embargo, el conocer la ideología, creencia o reputación (Calvert, 1987; Alt, Calvert y Humes, 1988, Anthony et al., 2009; Havert, 2010; McIntosh et al., 2013) de los integrantes del grupo no es suficiente, es necesaria la comunicación para reforzar y alimentar continuamente el conocimiento entre todos los agentes.

Chwe (2001) coincide con Gramsci (1982) pues los rituales, símbolos, ideas, costumbres, cultura e incluso la religión (véase Sosis, 2005) sirven como generadores de conocimiento e integración social; pero que por sí solas no son suficientes, pues es necesario su fusión con

---

<sup>4</sup> Camerer (1997) manifiesta que un método para influir sobre el comportamiento de los agentes son los puntos focales, ya que se direcciona las decisiones de los individuos hacia la desea por medio de señales o etiquetas.

una herramienta de gran alcance como la comunicación. De ese modo, todos conocen lo que yo conozco, yo conozco lo que ellos conocen, ellos saben que yo conozco lo que ellos conocen, y yo sé que ellos saben que yo conozco lo que ellos conocen.

En sí la introducción de un instrumento sirve para la generación de conocimiento común en medio de la incertidumbre de las acciones de los demás por la falta de información; pero es la comunicación por su capacidad de recepción masiva, la que permite construir el conocimiento en beneficio del interés colectivo. Así, cada individuo solo conoce lo que propicia la acción colectiva, por lo tanto, participarán de esta porque lo desean, incluso ya no por un incentivo o temor a un castigo (Miller, 2007).

Si bien los instrumentos propuestos mitigarían el comportamiento racional y egoísta de los integrantes del grupo, no se debe olvidar que es por el condicionamiento o manipulación afectiva que ejerce la hegemonía (idea dominante) y la comunicación.<sup>5</sup>

Nótese que la construcción de conocimiento, la capacidad de comunicarlo y las instituciones que condicionen la sensatez y comportamiento de la colectividad, muestra un líder o un selecto grupo  $C \subset I$  con más influencia (poder) que un agente  $i$  cualquiera. Por lo tanto, existen relaciones de poder – dependencia que gobiernan a unos, en favor de otros (Crozier y Friedberg, 1990,1-2).

Dichas relaciones de poder – dependencia son posibles por la estructura asimétrica en una colectividad, donde existen relaciones horizontales y verticales de poder. Las relaciones horizontales surgen entre individuos con el mismo *statu quo*, y aunque son similares, las acciones de un agente  $A_i$  depende de lo que hará un agente  $A_j$ .

Por ejemplo, la acción de un individuo  $i$  está dada, según lo que cree realizará el individuo  $j$ , y de igual forma, la acción del individuo  $j$  dependerá de lo que espera realice el individuo  $i$ . Por lo tanto, el individuo  $j$  tiene cierto grado de poder sobre el individuo  $i$ , dada la incertidumbre por falta de información de lo que va a realizar el individuo  $j$ .<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Guttman (1978) y Crosson (2007) plantean que los intereses individuales pueden coincidir con el interés colectivo, si la colectividad se desarrolla en un contexto altruista, donde los individuos ayudan a quienes no pudieron contribuir. Sin embargo, es necesario la existencia de información perfecta acerca de la contribución de los agentes.

<sup>6</sup> Para una contextualización del poder en teoría de probabilidades se podría revisar Dahl (1957).

Las relaciones verticales son albergadas entre individuos con diferentes estatus quo, marcados por relaciones desiguales, típicamente entre un líder y el grupo al que preside. En este caso la acción colectiva desde la colectividad para beneficio del líder debe ser coordinada como una anhelación o necesidad (Colomer 1995, 26-27), anteponiendo sus intereses individuales por el colectivo.<sup>7</sup> Pero el método para realizarlo es que el líder adopte una figura carismática pues hace que sus intereses personales se eleven sobre el de los demás.

Pese a que los individuos del grupo no tengan la influencia y poder del líder, sí pueden interponer sus intereses individuales sobre el resto, ya que no pierden la facultad de calcular los potenciales beneficios de pertenecer a un grupo. Puesto que “una agrupación no es transparente, sino el reino de las relaciones de poder, influencia, regateo y cálculo” (Crozier y Friedberg 1990, 3-4).

Pese a que una agrupación enfrenta los intereses individuales y colectivos, como hemos visto la coordinación es posible. Solo hay que establecer la idea dominante, las instituciones que la comuniquen y condicionen el comportamiento en la colectividad. Según Lewis (1969), Hardin (1982), Runge (1984) y Hédoïn (2013) este tipo de instituciones deben ser exógenas,<sup>8</sup> así, la aplicación de incentivos, castigos, símbolos e ideas no será resistida por la colectividad. Sin embargo, si la colectividad se encuentra regida por una clase –típicamente por su poder económico y político- o por un personaje “superior” a los demás (Weber, 1974; Scott, 1990), el sistema, los símbolos, ideas, el conocimiento y las instituciones se encontrarán enraizadas por y para el beneficio del interés individual del líder o la clase dominante.

Para Acemoglu y Robinson (2001) las instituciones que condicionan y moldean a las sociedades pueden ser formales, informales, extractivistas o inclusivas. Las instituciones formales son aquellas establecidas por la sociedad, definidas y alineadas para un fin en específico, aunque son susceptibles a la manipulación de beneficios propios. Por otro lado, las instituciones informales son aquellas normas y reglas implícitas en la sociedad, como

---

<sup>7</sup> De modo que, el líder por su influencia y poder en la colectividad tiene la capacidad de transformar un interés individual de sí mismo, en un interés colectivo para la agrupación. Para que el líder tenga esa capacidad debe ser carismático, generando un sentimiento de identificación entre la colectividad, pese a que los estatus quo son diferentes (Weber, 1974; Ricoeur, 1986)

<sup>8</sup> Instituciones no fueron impuestas por un líder o un grupo con mayor influencia al resto de la comunidad. Si no, son instituciones que han regido sobre la colectividad desde sus inicios.

tradicionales culturales, tradiciones históricas que todos los miembros de la colectividad conocen y practican. Las instituciones extractivistas, se encuentran alineadas al poder económico y político de las élites dentro de la sociedad. Están guiadas a perpetuar la desigualdad y la obtención de riqueza para una pequeña parte del grupo. Finalmente, las instituciones inclusivas, caracterizadas por vincular a todos los integrantes del grupo, fomentan la actividad económica con pagos iguales para cada uno de los integrantes.

Las instituciones formales y extractivistas coinciden con los aparatos ideológicos del Estado a cargo de un líder o una clase, cuyo objetivo es perpetuar su poder económico y político, volviéndose en el transcurso del tiempo la única cultura conocida (Scott, 1990).

Pese a que la cultura, las costumbres y el único conocimiento dentro de una sociedad esté en el seno del líder o la clase dominante, no es imposible fomentar nuevas instituciones informales, es decir, nuevas culturas y costumbres guiadas a fomentar un nuevo orden. De hecho, este proceso de construcción contra hegemónica puede ser gestado desde las sombras Scott (1990).

No obstante, como señala Chwe (2001) y Smith (2010) las ideas son fortalecidas con la comunicación, por lo tanto, las nuevas ideas también deben ser fomentadas con un mecanismo de comunicación.

En resumen, la acción colectiva propuesta por Olson (1971) desemboca en la ausencia de consenso por el enfrentamiento entre intereses individuales y colectivos. Un enfrentamiento que posibilita la incertidumbre y desconfianza entre los agentes. Pues cualquiera puede aprovechar los beneficios de pertenecer a un grupo a fin de gorronear al resto. (Crozier y Friedberg, 1990; Ostrom, 2000).

Las acciones de aprovechamiento y manipulación son el reflejo de las instituciones que condicionan el comportamiento y construyen el conocimiento en beneficio de un líder o clase dominante. Sin embargo, las instituciones pueden ser restauradas en un proceso de contra hegemonía, no importa el *statu quo* de los agentes o si es realizado en las sombras (Scott, 1990) solo debe ser propagado y llegar a todos -o al menos a un grupo suficientemente grande- de los agentes en contra para que estos se coordinen y reformen la hegemonía (Lohmann, 2000).

Pues de lo contrario, si no existiera comunicación, la incertidumbre ascendería hasta formar un conocimiento común escaso, de modo que el saber que harán los otros agentes no es seguro, encontrándose en escenarios bayesianos, donde solo pueden suponer lo que el otro va a hacer, asignando una probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia (Pérez-Oviedo, 2015).

## 2.2. Topología de redes<sup>9</sup>

La comunidad por desarrollar debe mantener una estructura interconectada, de modo que los agentes  $i \in I$  pueden comunicarse sin importar la distancia que los separa. En este sentido la topología de redes neuronales es una herramienta que ayuda a tal propósito, pues los agentes pueden ser representados en una red aleatoria, interconectada en un determinado grado, donde el trayecto que separa a dos agentes  $i, j \in I$  con  $i \neq j$ , es la geodésica. La cual servirá en el proceso de contra hegemonía de los agentes en contra, pues a través de dichas conexiones se comunicarán.

Antes de reseñar la metodología de comunicación entre agentes en contra y a favor del dictador, la estructura de su comunidad, pagos y funciones de utilidad del dictador. Es necesario describir algunos conceptos de a tipología de redes neuronales.

Un grafo  $G$  está constituido por dos conjuntos  $V$  y  $E$ . Donde  $V \neq \emptyset$  y sus elementos son llamados vértices o nodos. El conjunto  $E$  contiene a todos los enlaces o aristas entre dos vértices  $v \in V$ , por ejemplo el enlace  $e = \{i, j\}$  indica que existe un enlace, arista o conexión entre el vértice  $i$  y el vértice  $j$ . De modo que el grafo  $G$  puede ser representando en términos de  $V$  y  $E$ , es decir,  $G = \{V, E\}$ .

Si bien la representación de un grafo puede ser realizada con el conjunto de vértices y enlaces, esta puede volverse engorrosa. Por ejemplo en el caso de un grafo  $G$  tal que el conjunto de vértices  $V = \{1, \dots, N\}$  y las conexiones posibles son  $E = \{(1,1); (1,2); (1,3); \dots; (N, N)\}$ . Es decir, cada uno de los  $N$  vértices tiene conexión con todos los demás. Por lo tanto ambas listas son enormes. En casos como éstos o en más simples, la representación de grafo  $G$  se realiza con la matriz de adyacencia  $A$ .

---

<sup>9</sup> Las referencias teóricas para tipología de redes neuronales son Jungnickel (2013) y Schröder (2018).

La matriz de adyacencia  $A$  es una matriz de  $n \times n$ , donde los nodos son representados en las filas y columnas. De modo que, un elemento  $a_{ij} = 1$  representa que existe una arista que conecta al nodo  $i$  con el  $j$ . Recíprocamente, si  $a_{ij} = 0$  significa que no existe una conexión entre dichos vértices. La matriz de adyacencia puede ser dirigida o no dirigida, en cuyo caso será simétrica y no simétrica, respectivamente.

Por ejemplo, supongamos el grafo  $G = \{V, E\}$ , donde el conjunto de vértices  $V = \{1,2,3,4,5\}$  y el conjunto de enlaces  $E = \{(1,2); (1,3); (1,4); (2,4); (3,5); (4,5); (5,1); (5,2)\}$ . Por lo tanto la matriz de adyacencia dirigida ( $A_D$ ) y no dirigida ( $A_{ND}$ ) son:

$$A_D = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad A_{ND} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Una matriz de adyacencia no dirigida implica que los enlaces no son direccionados, es decir, no toma en cuenta de qué nodo sale y a cuál llega. Mientras que en una matriz de adyacencia sí, y por ello, simetría entre las matrices  $A_D$  y  $A_{ND}$ .

Las matrices de adyacencia pueden ser ponderadas, reflejando la importancia existente entre dos vértices por medio de una variable. Es decir, los elementos  $a_{ij}$  ya no serían dicotómicos, sino mayores que 0 si es que existiera una relación entre dos vértices  $i$  y  $j$ .

Otros elementos importantes en tipología de redes es el camino, distancia y el grado de conectividad de los vértices. Para cualquier vértice el grado de conectividad está dado por el número de enlaces de entrada y de salida, es decir, que relaciones recibe y emite. Es decir,  $k_i = \sum_j a_{ij}$ .

El camino puede ser entendido como una lista ordenada de pares ordenados que señala los nodos secuenciales para llegar de  $i$  a  $j$ . Es decir,  $\prod_{v_i}^{v_j} = (\{v_i, v_{i+1}\}, \{v_{i+2}, v_{i+3}\}, \dots, \{v_{j-1}, v_j\})$ . En el ejemplo del grafo  $G = \{V, E\}$  el camino de  $v_1$  a  $v_5$  es  $\prod_1^5 = (\{1,3\}, \{3,5\})$ . Es decir,  $v_1$  necesita de  $v_3$  como vértice intermedio para llegar a

$v_5$ , si el grafo fuera dirigido, pues caso contrario, la conexión sería directa ya que hay un enlace  $a_{ij}$  de  $v_5$  a  $v_1$ .

La distancia va asociada con el camino entre dos vértices  $i$  y  $j$ . Pues es el conteo de cuántos enlaces existen entre el nodo de salida y de llegada. En el ejemplo anterior, la distancia de  $v_1$  a  $v_5$  es 2, ya que existen dos enlaces en el camino  $\prod v_1 v_5$ . Si existiera más de una posibilidad de camino entre  $v_1$  y  $v_5$  siempre se debe obtener el camino más corto entre estos (geodésica). La cual se define como  $d_{ij} = \min|\prod ij|$ .

Con el detalle de la estructura de una red, podemos reseñar tres tipos de redes ampliamente estudiadas desde la introducción de redes neuronales. Dichos grafos son las redes aleatorias de poisson, libres de escala y del mundo pequeño.

Las redes aleatorias de poisson hacen referencia a las redes analizadas por Paul Erdős y Alfréd Rényi en 1960. Los grafos de este tipo consisten en dos parámetros: el número de vértices en la red  $N$  y la probabilidad independiente pero fija  $p$  de conexión de cada enlace  $e$ . Es decir, un grafo Erdős-Rényi se define como  $G = (N, p)$ .

Las redes libres de escala por su parte hacen referencia a los grafos que siguen una ley de potencia,<sup>10</sup> según los estudios de Albert-László Barabási y Réka Albert en 1999. El raciocinio detrás es que secuencialmente se agregará vértices, hasta alcanzar un  $N$  determinado (preespecificado). La diferencia de este tipo de redes con la anterior, es que la probabilidad de conexión de un vértice con otro no es aleatoria, sino, proporcional al grado del nodo  $k_i$ . Finalmente las redes del mundo pequeño estudiadas por Duncan Watts y Steven Strogatz en 1998. Estas redes se caracterizan porque tienen una baja conectividad y altos niveles de transitividad.<sup>11</sup> Lo que formula una paradoja pues redes con altos niveles de agrupación presentan cuantiosos diámetros. El modelo Watts-Strogatz resuelve esta incongruencia, ya que mantiene los altos niveles de transitividad, pero una mínima conectividad pues los vértices solo necesitan de unos cuántos pasos (máximo 2) para conectarse con sus vecinos más lejanos.

---

<sup>10</sup> Usualmente el parámetro  $\alpha$  la ley de potencia  $p(k) \sim k^{-\alpha}$  se encuentra entre 2 y 3. Lo cual señala que dentro de la misma red pueden existir vértices con un mayor grado de conexión que otros. Dichos vértices son entendidos como centros.

<sup>11</sup> La transitividad se refiere a la posibilidad de triangularización en la red. Es decir, lo que va de un vértice  $i$  a un vértice  $j$ , y de este a un vértice  $k$ , regresa a  $i$  desde  $k$ .

La teoría de redes presentada será de utilidad para el desarrollo del capítulo cuatro sobre metodología, y de las simulaciones en el quinto apartado.

## Capítulo 3

### Revisión de la literatura

La acción colectiva entre un grupo de agentes racionales y egoístas representa un dilema, ya que la incertidumbre -por la ausencia de conocimiento común- sobre las acciones del resto de agentes hace que prevalezcan más los intereses individuales a los colectivos. Sin embargo, la incertidumbre que puede ser -en cierto grado- mitigada con la formación de conocimiento común a través de instrumentos para condicionar las acciones de los agentes.

En las siguientes investigaciones se puede notar como la coordinación es direccionada por mecanismos de coordinación, pese a que la falta de información sobre las acciones no desaparece, y más bien, funciona como impulso que motiva las acciones.

Pérez-Oviedo (2015) en su análisis de agentes en contra de un dictador, determina que dichos individuos solo se rebelarán, sí y solo sí, creen que sus semejantes (agentes en contra del régimen) también lo harán, y, tendrán éxito, si un número suficiente de ellos se rebela. De modo que la coordinación (acción colectiva) del grupo en contra del dictador está dada por las conjeturas de lo que creen realizará el resto y por la comunicación entre ellos.

En el contexto de oponerse a un régimen, Alt, Calvert y Humes (1988) desarrollan un juego repetido sobre estabilidad hegemónica con agentes poseedores de información incompleta, pues conocen sus propios costos y beneficios de oponerse y alinearse al régimen, pero no el de los demás. Los autores consideran otro jugador determinante para el desarrollo del juego, la figura de un líder que difunde la hegemonía y su reputación en beneficio propio. En el juego la reputación de cada agente dada por las repeticiones y las conjeturas sobre las acciones del resto, resuelven la dinámica entre el líder, sus aliados y los rebeldes en múltiples equilibrios.

Por otra parte, Lohmann (2000) manifiesta que el éxito de una rebelión está dado por la acumulación de información en el grupo en contra del régimen. La información acumulada sería el conocimiento común y serviría como incentivo para la rebelión, incluso en incertidumbre. Sin embargo, si sólo uno, o unos pocos se rebelan, tendrán un costo mayor a no haberse rebelado, a la vez que, menguarían al grupo en contra del régimen. Por otra parte,

entre los motivos para no rebelarse pese a tener suficiente información, es la posibilidad de cooptación, represión o información a favor del régimen.

Goldstein y Huang (2016) enfatizan el uso de la información por parte del líder en un juego repetido. La dinámica es que antes de un posible ataque contra el líder, este emite señales de abandonar el régimen, siempre que la fuerza del régimen sea menor a su contraparte. Así, en la primera iteración, los atacantes declinarán (incluso si su fuerza es igual o mayor a la del umbral de ataque). En la segunda iteración, el régimen acaba de sobrevivir y sólo caerá si las conjeturas del grupo de ataque se coordinan, superan el umbral, y no creen -de nuevo- en la información emitida por el líder. Si eso sucede el régimen caerá, caso contrario, sobrevivirá, y quienes hayan atacado obtendrán un pago menor al de haberse abstenido.

Finkel y Gehlbach (2018) analizan cómo reaccionan los pobladores de una comunidad ante la efectividad de las reformas impulsadas por un ente central (típicamente el Estado). Los autores diseñan un proceso de optimización en el cual la expectativa de los pobladores juega un rol fundamental en la decisión de rebelarse o no, ante el aparato estatal. La rebelión surgirá siempre y cuando la efectividad de las reformas se encuentre por debajo de las expectativas de los pobladores. Es decir, el umbral es la frontera que impulsa la insurgencia de los agentes inconformes.

Argo (2009) analiza los determinantes de pertenencia y compromiso a un grupo de resistencia o rebeldía en el contexto del conflicto Palestino. Determinando que la identidad social, lealtad, valores comunitarios y normas de reciprocidad entre el grupo, son los motivos para que las personas se alineen a un grupo minoritario y enfrenten a uno más fuerte con mayor poder político y económico. El autor determinó que existe una correlación positiva entre las agrupaciones comunitarias (sub-agrupaciones e identidad propia) y la posibilidad de una rebelión.

Jormakka y Mölsä (2005) desarrollan un juego de rebelión en un solo paso con varias repeticiones, en la cual determinan que el dictador del juego no puede castigar demasiado a los ciudadanos de bajos ingresos, pues los resultados son desastrosos para toda la comunidad, más bien lo que debe de hacer el dictador, es encontrar un equilibrio en el castigo monetario para jugadores fuertes y débiles.

Machain, Morgan y Regan (2011) analizan el conflicto de Palestina e Israel, donde tratan de determinar la mejor estrategia de disuasión de una rebelión. Los resultados sugieren que el mejor método es la represión, pero únicamente a los culpables de la revuelta, pues de lo contrario, si se hicieran represiones desmesuradas (castigando a no culpables) la probabilidad de rebelión aumenta. Sin embargo, el proceso de identificación de los auténticos culpables puede resultar costoso, así que sugieren otros métodos menos violentos como la cooptación.

Nakao (2017) analiza un juego con tres jugadores inconformes que serán los potenciales retadores de un hegemon. El juego contempla tres iteraciones, donde uno de los tres retadores puede enfrentar al hegemon, y si el inconformismo de los potenciales retadores que aún no encaran a su antagonista perdura, se rebelarán en la siguiente iteración hasta terminar con el poder del hegemon.

Dragu y Przeworski (2017) analizan los problemas de riesgo moral congénitos entre el gobernante y sus agentes de seguridad sobre el riesgo moral en la política y la corrupción, las cuales se diferencian porque la primera disminuye la riqueza del gobernante en favor del agente de seguridad. Los autores concluyen que el gobernante y sus agentes de seguridad se encuentran en mejor situación cuando el único riesgo moral es la política, más no en el escenario de corrupción donde el agente de seguridad puede encontrar otros incentivos.

La literatura sugiere que las agrupaciones en una comunidad nacen por la inconformidad que siente una minoría. Lo que implica un proceso de identificación, distinción y formulación de cultura, valores, identidad social y lealtad a la agrupación (Scott, 1990; Argo, 2019). Sin embargo, este proceso puede fortalecerse con la experiencia de cooperación entre agentes (Lohman, 2000), y más no la figura de un líder como lo señala Alt, Calvert y Humes (1988), pues el mismo puede ser cooptado y alinearse a los intereses de la clase dominante Machain, Morgan y Regan (2011). Lo cual es más efectivo que los castigos Jormakka y Mölsä (2005), pues si estos son desmesurados, la probabilidad de rebelión aumenta (Nakao, 2017).

Sin embargo, así como la revuelta tiene sus estrategias, el antagonista de estos también, como son el engaño Goldstein y Huang (2016), el entorpecimiento en mensajes de rebelión (Deng, 1997) y aunque en menor efectividad la represión (Jinkel y Smith, 1999). Nótese nuevamente que descendemos a la querrela de intereses donde el dictador busca su perpetuidad y la

rebelión su caída, donde cada uno tiene herramientas para lograrlo, pero la comunicación es lo que determina la efectividad.

## Capítulo 4

### Metodología

#### 4.1. Descripción general del juego

El juego es construido en el espíritu del trabajo Pérez-Oviedo (2015), donde existe un dictador, una comunidad con ciudadanos en contra y a favor del monarca según el ingreso que reciben de este. Los ciudadanos en contra tratan de formar una coalición para derrocar al dictador. El dictador por su parte deberá elegir el escenario de ocurrencia con menor probabilidad. No obstante, se realizarán modificaciones a la función de transmisión de información entre ciudadanos, se incorpora posibilidad de múltiples sub-rebeliones y una estructura a la comunidad del tipo: Erdős-Rényi,<sup>12</sup> Watts-Strogatz<sup>13</sup> y Barabási-Albet<sup>14</sup> (Jungnickel, 2013).

El instrumento clave para la acción colectiva de una revuelta es el conocimiento común de creencias, símbolos, figuras e ideologías en contra de la hegemonía. Sin embargo, la generación de este puede ser obstaculizada por el antagonista de la colectividad, al utilizar la distancia que separa a los ciudadanos o distorsión de la información entre agentes. Es decir, los métodos para bloquear una rebelión pueden ser influenciados por el dictador al aprovechar la distribución geográfica<sup>15</sup> o al cooptar a ciudadanos en contra para debilitar la revuelta. La propuesta actual plantea una querrela de intereses, por una parte, se encuentra el dictador, apoyado y sostenido por una porción de ciudadanos que coinciden con él, y por otro, ciudadanos inconformes con la distribución de riqueza<sup>16</sup>, que busca en la acción colectiva y la comunicación entre ellos, un levantamiento lo suficientemente fuerte para abolir el régimen del dictador.

Al igual que Pérez-Oviedo (2015) desarrollaremos un juego bayesiano que contempla a los siguientes agentes. Primero el dictador de la comunidad, cuyo poder económico valorado en una riqueza  $T$ , le da capacidad de distribuir una fracción de esta entre los ciudadanos de la

---

<sup>12</sup> Donde las redes se forman de manera aleatoria y los nodos nuevos tienen igual probabilidad de conexión con todos los nodos.

<sup>13</sup> Que da lugar a la formación de redes del mundo pequeño, donde dos nodos pueden conectarse en unos cuantos pasos, a pesar de no tener conexión directa.

<sup>14</sup> Caracterizadas por ser redes libres de escala y que obedecen más bien a una ley de potencia.

<sup>15</sup> La cual es exógena para los ciudadanos pero de conocimiento para el dictador, pues es quien gobierna la comunidad, y así, distribuir dotaciones de subsistencia a los ciudadanos más alejados y menos comunicados.

<sup>16</sup> Siendo este un detonante para la formación de grupos rebeldes en busca de un cambio estructural en el sistema, véase Boswell y Dixon (1993)

comunidad. En segundo lugar, tenemos a los agentes a favor del dictador, quienes son favorecidos ya que reciben una dotación por encima del nivel de subsistencia sí y solo sí, mantienen su postura a favor del régimen dictatorial. Finalmente tenemos a los ciudadanos en contra del dictador, cuya inconformidad se debe a la dotación de subsistencia recibida por parte del autócrata.

No obstante, cada uno de los agentes o jugadores, tiene intereses que buscarán incesantemente prevalezcan sobre el resto. Por ejemplo, los intereses del dictador es obtener la mayor utilidad posible (después de la distribución de dotaciones)<sup>17</sup> y evitar una revuelta. Asimismo, tenemos a los integrantes de la comunidad, donde se encuentran ciudadanos a favor (A) y en contra del régimen (C). Los agentes en contra del régimen (C) que reciben una dotación de ingreso a nivel de subsistencia (L), mantienen el interés de acabar con el régimen del dictador y así obtener una mejor distribución de la riqueza; por otra parte, los agentes a favor del régimen (A) perciben una dotación de ingreso H, superior a L, al punto que les permite tener cierto grado de holgura económica, los cuales seguirán siendo leales al dictador, pues si este último perdiera el poder, los agentes en contra perderían su *statu quo*.<sup>18</sup>

El tipo de jugadores y sus intereses enmarca sus acciones. Las acciones del dictador es la distribución de dotaciones (H y L) pese al desconocimiento de cuántos individuos en contra y a favor debería mantener; y su función de utilidad y tipo de red para alcanzar la mayor utilidad. Sin embargo, los ciudadanos a favor del régimen (A) que son afines al dictador, tienen un accionar más discreto, pues no realizan ninguna acción, y más bien son una herramienta del dictador para la distorsión de la comunicación entre los ciudadanos en contra (C).<sup>19</sup> Estos sí tienen una acción definida, derrocar al autócrata. La cual se gesta inmediatamente después de recibir las dotaciones, pues emiten mensajes entre los ciudadanos

---

<sup>17</sup> Aquí el dictador enfrenta una primera disyuntiva ya que debe definir el pago que dará a los ciudadanos a favor y en contra de él, para que siga manteniendo el mayor nivel de utilidad. Véase anexo A3 sobre cómo fluctúa la utilidad del dictador ante diferentes pagos.

<sup>18</sup> Los subordinados al dictador son los agentes menos competentes de la comunidad, esta es una elección que debe hacer el dictador, pues si escoge a los agentes más competentes, no seguirían sus órdenes. Entonces, los agentes menos competentes saben que sin su líder, su posición privilegiada no será la misma, por lo tanto serán leales al líder y no buscarán reemplazarlo, más bien, perpetuarlo en el poder (Geddes, 1994; Zakharov, 2014).

<sup>19</sup> Se establece este supuesto ya que la represión desde el dictador y a través de sus subordinados tiene un mayor costo, por lo tanto, las compensaciones de los agentes a favor deberían ser mayores (Drogu, 2015), pero eso afecta a la utilidad del dictador, además si los agentes afines (A) al dictador ejecutaran la acción de represión, tendrían que calcular su utilidad entre el pago que reciben por cumplir con la orden del dictador, el poder que le queda al dictador después de la represión y si su status quo no se afectará después de la represión (Zakharov, 2014).

del mismo tipo, para formar coaliciones de rebelión, e ir en contra del dictador. Es decir, la dotación otorgada por el dictador funciona como estímulo en los ciudadanos en contra (C) para que se rebelen, siempre y cuando, los mensajes lleguen con éxito.

Nótese como los intereses de cada uno de los agentes, son individuales, pero pueden transformarse en intereses colectivos si generan conocimiento común a través de la comunicación. Por ejemplo, el dictador es quien controla la asignación de recursos y por consiguiente no sería difícil imaginar un control sobre los medios de comunicación, cuyo mensaje sea que los ingresos bajos<sup>20</sup> L son justos, y así el dictador obtendría una mayor utilidad. Por lo tanto, el interés personal del dictador se ha transformado en un interés colectivo.

No obstante, podría ocurrir lo mismo con los agentes *en contra* del régimen, si consiguen difundir la idea de una insurrección, y convencer a un mínimo número de agentes, para rebelarse y abolir el poder del dictador, entonces, el interés personal de uno o unos cuantos de los agentes *en contra* se convertirá en un interés colectivo, y la insurrección, sobrevendrá. Ya que se ha identificado a cada uno de los agentes, sus intereses y acciones, se importante desarrollarlas en una red interconectada, donde los elementos como son los vértices y enlaces serán representados por los agentes y las aristas que los relaciona.

En el enfoque de redes por desarrollar, se puede calcular las múltiples coaliciones entre los agentes en contra a través de la distancia mínima entre éstos (geodésicas), lo cual, ayuda al cálculo de la probabilidad de éxito en los mensajes enviados, pues, a mayor distancia entre los agentes, menor será la probabilidad de que un mensaje llegue con éxito.

El juego será desarrollado en una red con nodos y vértices (representados por los agentes y enlaces), cuya conexión permite calcular geodésicas mínimas de sub-agrupaciones para determinar por medio del principio de inclusión exclusión (véase anexo A1) y el mecanismo de difusión de información cuál es la probabilidad de una revuelta masiva exitosa.

---

<sup>20</sup> Así, toda la población (o al menos su mayoría) entenderá, aceptará y justificará como razonable los ingresos L pues es la idea dominante. Sin embargo, Jormakka y Mólásä (2005) señalan que castigar demasiado a la clase más débil tiene efectos catastróficos para toda la comunidad, pues propicia rebeliones desmesuradas.

## 4.2. Descripción formal del juego

El juego por desarrollar considera  $N$  agentes de una comunidad y un dictador, es decir,  $N + 1$  individuos en total. El dictador cuenta con una riqueza finita  $T$ , de la cual, distribuye una fracción entre la comunidad de  $N$  agentes, que se comunican entre sí, a través de señales por medio de enlaces. Cuando alguien recibe  $L$ , emite ese mensaje por medio de la señal (vector columna)  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$  mientras que al recibir  $H$  emite la señal  $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ . De modo que, un enlace entre el agente  $i$  y  $j$  será representado por  $\Gamma^{ij}$ , es decir, que existe un camino entre ambos agentes y por lo tanto pueden comunicarse. No obstante, de manera general para cualquier  $i$  y  $j$  dentro de  $N$ , el conjunto de enlaces entre sí es  $\Gamma^N = \{\forall ij \ \& \ ji \in N, \text{ con } i \neq j\}$ , es decir, todos los enlaces que separan y enmarcan la distancia entre los ciudadanos  $i$  y  $j$ .

El conjunto de enlaces  $\Gamma^N$  ayuda a determinar la probabilidad de que un mensaje llegue exitosamente hacia su destino, al combinarle con el siguiente mecanismo de información. Supongamos, un parámetro  $\alpha$  que representa la probabilidad de que un mensaje llegue exitosamente.<sup>21</sup>

La siguiente función de información  $\alpha^{1-\alpha^{d_{ij}/1-\alpha}}$  permite la difusión de información entre los agentes que recibieron una dotación de subsistencia  $L$ . Nótese que mientras mayor es la distancia a la que debe llegar el mensaje, aumenta la distorsión entre los ciudadanos  $i$  y  $j$  ( $d_{ij}$ ).

Para los ciudadanos que han recibido un ingreso  $H$  en cambio su función de transmisión de información podría alterar los mensajes recibidos y así mitigar la comunicación entre los agentes en contra del régimen. La transmisión de información para este grupo está

determinada por la matriz  $M_{d_{ij}} = \begin{bmatrix} \alpha^{1-\alpha^{d_{ij}/1-\alpha}} & 1 - \alpha^{1-\alpha^{d_{ij}/1-\alpha}} \\ 1 - \alpha^{1-\alpha^{d_{ij}/1-\alpha}} & \alpha^{1-\alpha^{d_{ij}/1-\alpha}} \end{bmatrix}$  cuyo grado es

señalado por el término  $d_{ij}$ . Nótese como el primer elemento muestra una llegada exitosa del mensaje, mientras que el segundo elemento, indica que el mensaje llegará erróneamente. De este modo, los individuos con ingreso  $H$  por su mecanismo de transmisión de la información podrían truncar la revuelta de los ciudadanos en contra.

---

<sup>21</sup> Es decir que el mensaje de un agente  $i$  que recibió  $L$ , emitió la señal de recepción  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$  hacia otro agente  $j$ , y éste tiene que recibir la señal enviada  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$  de  $i$ .

El conjunto de enlaces  $\Gamma^{ij}$  alberga relaciones entre los agentes  $i$  y  $j$  y los mecanismos de transmisión descritos, lo cual ayuda a obtener la probabilidad de que un individuo  $i \in N$  habiendo recibido  $L$ , emita dicha señal y llegue exitosamente el mensaje que ha recibido  $L$  a un individuo  $j \in N, i \neq j$ . Por lo tanto, la probabilidad de que el mensaje llegue  $j$  correctamente desde  $i$  ( $\widehat{X}_{ij} = L$ ), cuando  $i$  recibió  $L$  es:  $P\{\widehat{X}_{ij} = L | \widehat{X}_i = L / i \in N, j \in N, i \neq j\}$ .

Respecto a la distribución de riqueza tenemos que, cada agente en contra del régimen recibe una dotación  $L$ , quién a su vez emite una señal de la recepción de  $L$ , a través del vector columna  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ , mientras que los agentes a favor perciben una dotación  $H$ , representada por el vector columna  $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ , cabe señalar que -nominalmente- la dotación  $H$  es mayor a  $L$ .

Dicha asimetría en las distribuciones hace que los agentes en contra del régimen a través de las emisiones de señales  $L$  transmitidas en mensajes entre sus semejantes, busquen una coalición lo suficientemente fuerte para acabar con el dictador y obtener una ganancia  $M$  (donde  $H > M > L$  si es que tiene éxito). No obstante, la eficacia de la revuelta depende de la cantidad de agentes en contra que la alimenten, por lo cual, se requerirá un número mínimo  $\hat{r}$  tal que sí,  $r \geq \hat{r}$  la insurrección es exitosa, derrocan al dictador y reciben un pago  $M$ ; pero sí,  $r < \hat{r}$  entonces la rebelión es imposible, el dictador continuo en el poder, y aquellos sublevados son castigados y reciben un pago de 0.

En el mismo sentido de la cantidad mínima para una revuelta exitosa  $\hat{r}$ , los agentes a favor del régimen continuarán recibiendo una dotación  $H$ , sí  $r < \hat{r}$ , es decir, cuando la revuelta fue ineficaz. Sin embargo, siguen siendo el instrumento por el cual los mensajes de revuelta de ciudadanos en contra (C) pueden no llegar correctamente y la revolución sería truncada. Es decir, el mensaje de un agente en contra (C) hacia otro de su mismo tipo, puede volverse difuso si primero tiene que pasar por un agente (o varios) a favor (A) del dictador, ya que los mecanismos de información entre los agentes dependen del tipo que sean.

La utilidad que percibirá el dictador dependerá del número de dotaciones  $L$  y  $H$  que realice, pues una fracción de su riqueza  $T$  es destinada para la comunidad. En principio el dictador podría otorgar a la mayoría dotaciones de subsistencia, sin embargo, representaría un alto

riesgo de revuelta en su contra. Por lo tanto, el dictador enfrenta la incertidumbre de saber cuántos individuos con ingreso L y H debe mantener, para que obtenga su máxima utilidad, y a la vez, evite una revolución de los agentes en contra.

De este modo, la utilidad del dictador dependerá de la diferencia de su riqueza  $T$  y las dotaciones distribuidas, el tipo de función y la probabilidad de no ocurrencia de una rebelión.

$$Max U(D) = [1 - Prob. Reb] * f \left( T - \sum_{i \in N} X_i \right)$$

*s. a. r.*

$X_i$

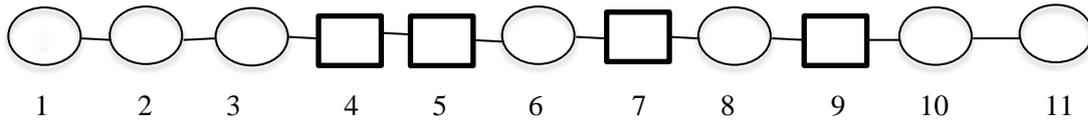
El término  $1 - Prob. Reb$  señala la probabilidad de no rebelión, que es obtenida del mecanismo de información entre los ciudadanos receptores de una dotación L. La función de utilidad del dictador  $f(\cdot)$  es cóncava y decreciente; y el sumatorio de los  $X_i$  representa las dotaciones H y L recibidas por los ciudadanos. No obstante, nótese como la probabilidad de rebelión  $P\{\widehat{X}_{ij} = L | \widehat{X}_i = L / i \in N, j \in N, i \neq j\}$  depende del conjunto de enlaces  $\Gamma^N$  y la probabilidad de éxito en los mensajes enviados  $a$ , lo cual forma una distribución de masa de probabilidad  $P(\widehat{X}_{ij}, i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, N; a; \Gamma^N)$ .

Con las herramientas diseñadas de transmisión de información entre agentes para el cálculo de la probabilidad de rebelión, la distribución de dotaciones por parte del dictador en medio de su incertidumbre por el número de agentes en contra y a favor a mantener, se realizará una simulación de manera que permita determinar la máxima utilidad del dictador, tras variar la cantidad agentes en contra, a favor y la probabilidad de no revolución.

Para un profundo entendimiento de cómo funcionan los mecanismos de transmisión de información y de rebelión (con el cálculo de su respectiva probabilidad) ilustramos el siguiente ejemplo sobre una red sin especificaciones de estructura Erdős-Rényi, Watts-Strogatz y Barabasi-Albert.

La clave de las revueltas se encuentra en los mecanismos de transmisión de información, por ello, para un mejor entendimiento supongamos que la comunidad conformada por agentes a favor (H) y en contra (L) del régimen, representados por cuadrados y círculos respectivamente, tienen la siguiente estructura.

**Gráfico 1. Red Hipotética**



**Fuente:** Producto de la revisión teórica

Donde la probabilidad de que el ciudadano 11 reciba un mensaje exitoso del ciudadano 1 está determinado por  $P\{\widehat{X}_{111} = L | \widehat{X}_1 = L\} = P\{\widehat{X}_{13}\} * P\{\widehat{X}_{36}\} * P\{\widehat{X}_{68}\} * P\{\widehat{X}_{810}\} * P\{\widehat{X}_{1011}\}$ .

Para el cálculo de dicha probabilidad recordemos que el mecanismo de información entre dos ciudadanos que han recibido una dotación L es  $a^{1-\alpha^{d_{ij}/1-\alpha}}$ , mientras que para ciudadanos

receptores de un ingreso H es  $M_{d_{ij}} = \begin{bmatrix} a^{1-\alpha^{d_{ij}/1-\alpha}} & 1 - a^{1-\alpha^{d_{ij}/1-\alpha}} \\ 1 - a^{1-\alpha^{d_{ij}/1-\alpha}} & a^{1-\alpha^{d_{ij}/1-\alpha}} \end{bmatrix}$ .

Para evitar una notación engorrosa, cuando el mensaje involucre a ciudadanos a favor del dictador las matrices serán representadas solo por  $M_{d_{ij}}$ , donde se indica la distancia que separa al ciudadano emisor del receptor. Asimismo, cada una de las probabilidades a calcular ha sido representada con una letra, de modo que se evita una gran especificación, pero que captura la simultaneidad y dependencia del i-ésimo ciudadano, con respecto al ciudadano emisor. Así, nótese cómo el éxito en B, depende de un mensaje correcto de 1 a 3, y a su vez, el éxito de C, depende de la recepción de un mensaje correcto en 6, es decir,  $P\{\widehat{X}_{36} = L | \widehat{X}_1 = L\}$ , sin importar el tipo de ciudadanos que haya entre 3 y 6 (siempre que tomemos el primer elemento de la multiplicación de matrices y el vector columna); y así sucesivamente hasta llegar al ciudadano 11.

$$A = P\{\widehat{X}_{13}\} = a^{1-\alpha^2/1-\alpha}$$

$$B = P\{\widehat{X}_{36}\} = 'M_1 * M_2 * M_3 * \begin{bmatrix} A \\ 1 - A \end{bmatrix}'$$

$$C = P\{\widehat{X}_{68}\} = 'M_1 * M_2 * \begin{bmatrix} B \\ 1 - B \end{bmatrix}'$$

$$D = P\{\widehat{X}_{810}\} = 'M_1 * M_2 * \begin{bmatrix} C \\ 1 - C \end{bmatrix}'$$

$$E = P\{\widehat{X}_{1011}\} = D^{1-\alpha^1/1-\alpha}$$

En las probabilidades que requerían la multiplicación de matrices, la notación  $\cdot$  señala que se ha tomado el primer elemento del vector columna resultante de la multiplicación de matrices  $M_{d_{ij}}$  con el vector del mensaje recibido del ciudadano anterior. De ese modo, la probabilidad  $P\{\widehat{X}_{111} = L | \widehat{X}_1 = L\}$  es un número real.

## Capítulo 5

### Resultados

Con los elementos del juego reseñados, se simulará distribuciones distintas enlaces y vértices en redes de tipo Erdős-Rényi, Watts-Strogatz y Barabási-Albert, que al variar los parámetros de la probabilidad de conexión entre nodos en Erdős-Rényi y Watts-Strogatz, y el término de ley de potencia en Barabási-Albert, se podrá identificar cómo varía la utilidad del dictador cuando cambian las distribuciones de los nodos, sus vértices y los parámetros de las redes aleatorias, mundo pequeño y libres de escala.

De este modo, se ha diseñado al azar una colectividad de 15 individuos, interconectados entre sí y dominados por un dictador (véase gráfico 2). En la comunidad 10 ciudadanos se encuentran a favor del monarca, mientras que los 5 restantes no, más bien, son sublevados al régimen, y que, a través de la acción colectiva entre ellos, buscan consolidar una revolución. La misma que podría iniciar en uno de los cinco insurrectos, y luego conformar un grupo entre todos a través de los mensajes enviados desde el primero.

Empero, que tal si no se busca una sola revuelta, más bien, se pretende conformar múltiples sub-agrupaciones de rebeldía. Es decir, que no exista un único dirigente de la revolución, sino, que sean todos, de modo que al agruparse en pequeñas sub-agrupaciones, los grupos pueden ser controlados, existe mayor compromiso entre ellos y se evita que el interés personal de un individuo se transforme en el interés colectivo de la revuelta.

En los gráficos 2, 3 y 4 se puede ver cómo en las estructuras Erdős-Rényi, Watts-Strogatz y Barabási-Albert (generadas aleatoriamente) al variar los parámetros de probabilidad de conexión entre nodos ( $p$ ), y ley de potencia (*potencia*) respectivamente, la probabilidad de conexión aumenta, pues cada nodo tiene más conexiones con el resto. De hecho, los ciudadanos en contra del dictador (nodos en color rosado y letra L)<sup>22</sup> tendrían mayor probabilidad de transferir sus mensajes sin distorsión,<sup>23</sup> a medida que el parámetro  $p$  aumenta.

---

<sup>22</sup> La distinción en color solo es para identificar más fácil quiénes son insurrectos al régimen, pues todos han recibido L y eso les da una identidad, de modo que todos participan en una rebelión (Gould 1995; Wickham-Crowley 1992).

<sup>23</sup> El aumento de las conexiones dentro de la red hace más probables las revoluciones, es decir, entre más comunicada se encuentre la comunidad, más propenso es el dictador a una revuelta. En este sentido Christensen y Garfias (2018) realizan un estudio en varios países entre 2007 y 2014 en un modelo diff-diff y demuestran que el uso de celulares ha generado que la probabilidad de revueltas incremente en un 50%. Incluso, la mayor comunicación a través de la conectividad telefónica e internet hace que la probabilidad de represión disminuya.

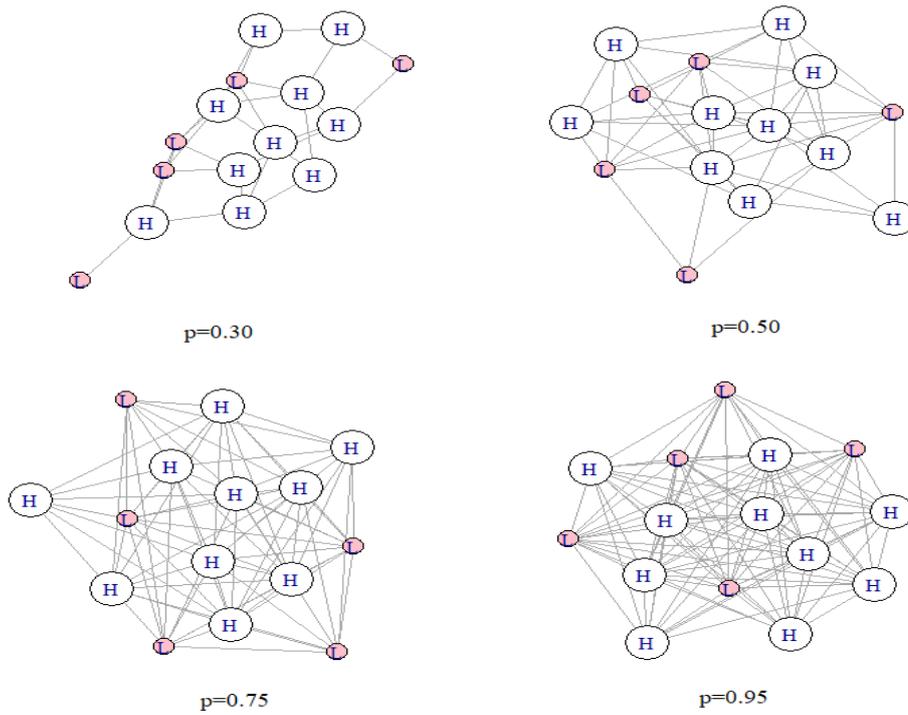
Incluso en la red Barabási-Albert donde un grado de potencia mayor o igual a 4 arroja una red con un nodo central.

Ahora bien, únicamente se ha mostrado el resultado para la primera red al variar los parámetros  $p$  y *potencia*, de modo que se tenga una idea sobre lo que ocurrirá en las 25 iteraciones por cada variación en  $p$  y *potencia*, arrojando así un total de 300 repeticiones. En cada iteración se busca generar una revolución masiva a través de múltiples sub-rebeliones. Sin embargo, el éxito de una revolución está sujeto al umbral de un número mínimo de rebeldes en contra del dictador. Así, cada sub-agrupación será del mismo tamaño que el umbral de éxito, el cual requiere un número ciudadanos con ingreso L necesario de tres, es decir,  $\hat{r} = 3$ . Por lo tanto, cada sub-rebelión está conformada por tres de los cinco ciudadanos de ingreso L, permitiendo así, un levantamiento intensivo en contra del dictador, pues cada sub-agrupación, coaligará con la siguiente hasta completar 10 potenciales agrupaciones de la combinación  ${}_5C_3^{24}$ , donde no existe una fuerza de oposición de los agentes a favor del régimen, pues estos, son pasivos, tan solo distorsionan la información en cierto grado.

---

<sup>24</sup> Supongamos que en la colectividad los ciudadanos 1,2,5,14 y 15 son receptores de una dotación de subsistencia (L) mientras que el resto de los ciudadanos recibieron una dotación de holgura económica (H). Por lo tanto, las sub-rebeliones únicamente estarán conformadas por las combinaciones posibles entre los ciudadanos en contra del régimen.

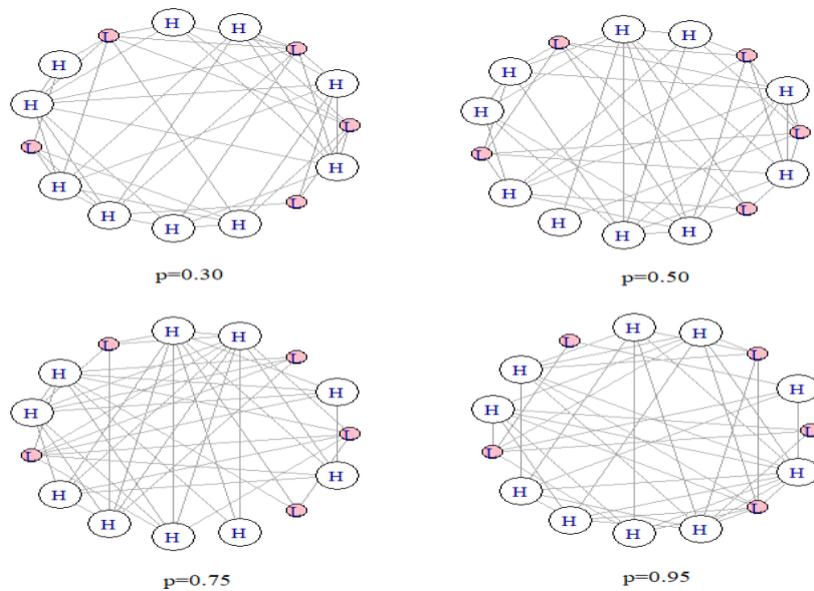
**Gráfico 2. Red tipo Erdős-Rényi con diferentes probabilidades de conexión**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Datos simulados de redes.

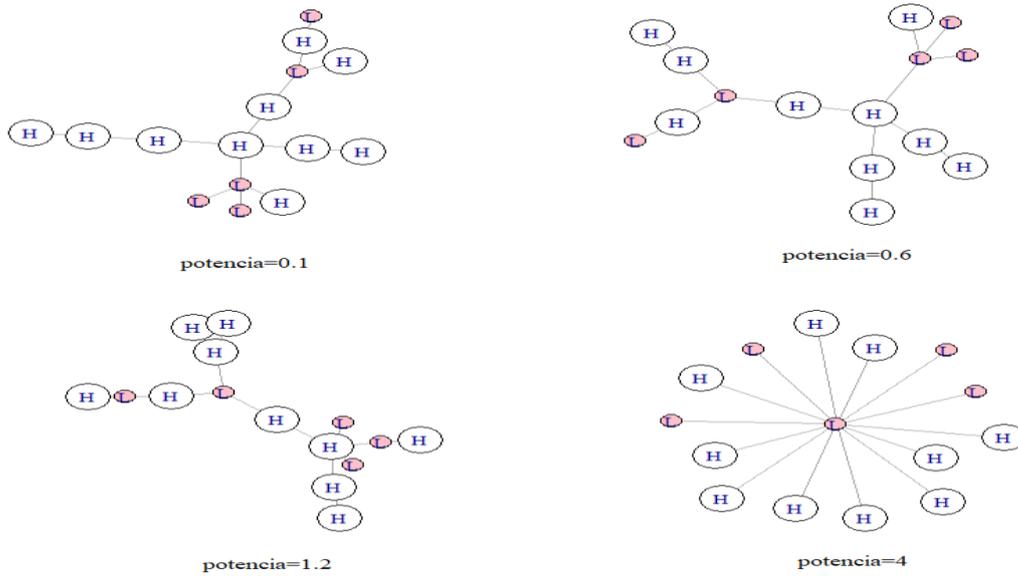
**Gráfico 3. Red tipo Watts-Strogatz con diferentes probabilidades de conexión**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

**Gráfico 4. Red tipo Barabási-Albert con diferentes potencias**



**Nota:** el parámetro *potencia* al cambiar conecta a los nodos con los preferiblemente más conectados.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

Con las combinaciones entre ciudadanos receptores de L se obtendrá un conjunto finito  $R = \{A_1, \dots, A_{10}\}$  donde cada sub-rebelión está conformada por 3 de los 5 ciudadanos en contra del régimen. No obstante, lo que buscamos en este caso no es la probabilidad que se rebele uno solo de los  $A_i$ , sino, que cada una de las diez sub-coaliciones insurrectas se rebele al mismo tiempo, por lo tanto, tenemos que calcular la probabilidad  $P\{A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_{10}\}$ . Por lo cual, será necesario utilizar el principio de inclusión exclusión (véase anexo A1) que se relaciona con el mecanismo de información descrito en el capítulo anterior (véase anexo 3).

La probabilidad de una revuelta masiva donde participe cada una de las sub-agrupaciones  $A_i$  tenemos que calcular:

$$\begin{aligned}
 P\{A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_9 \cup A_{10}\} &= \sum_i P\{A_i\} - \sum_{i < j} P\{A_i \cap A_j\} + \sum_{i < j < w} P\{A_i \cap A_j \cap A_w\} - \\
 &\sum_{i < j < w < k} P\{A_i \cap A_j \cap A_w \cap A_k\} + \sum_{i < j < w < k < q} P\{A_i \cap A_j \cap A_w \cap A_k \cap A_q\} - \dots - \\
 &\sum_{i < j < w < k < q < p < r < t < g < z} P\{A_i \cap A_j \cap A_w \cap A_k \cap A_q \cap A_p \cap A_r \cap A_t \cap A_g \cap A_z\}
 \end{aligned}$$

El primer elemento arrojado del principio de inclusión exclusión indica la suma de la probabilidad de rebelión de cada una de las sub-agrupaciones  $A_i$ , mientras que los términos restantes señalan las intersecciones desde dos hasta diez sub-agrupaciones de diez posibles. Es decir, calcula la probabilidad de las combinaciones  ${}_{10}C_2, {}_{10}C_3, {}_{10}C_4, \dots, {}_{10}C_{10}$ , recogida en cada uno de los elementos de la probabilidad conjunta de los diez  $A_i$ .

Sin embargo, en la comunidad donde cinco ciudadanos son rebeldes, desde la intersección de dos hasta diez  $A_i$ , prácticamente la probabilidad de éstos se reduce al cálculo de que todos los ciudadanos se coordinen y se rebelen al mismo tiempo ante el régimen.

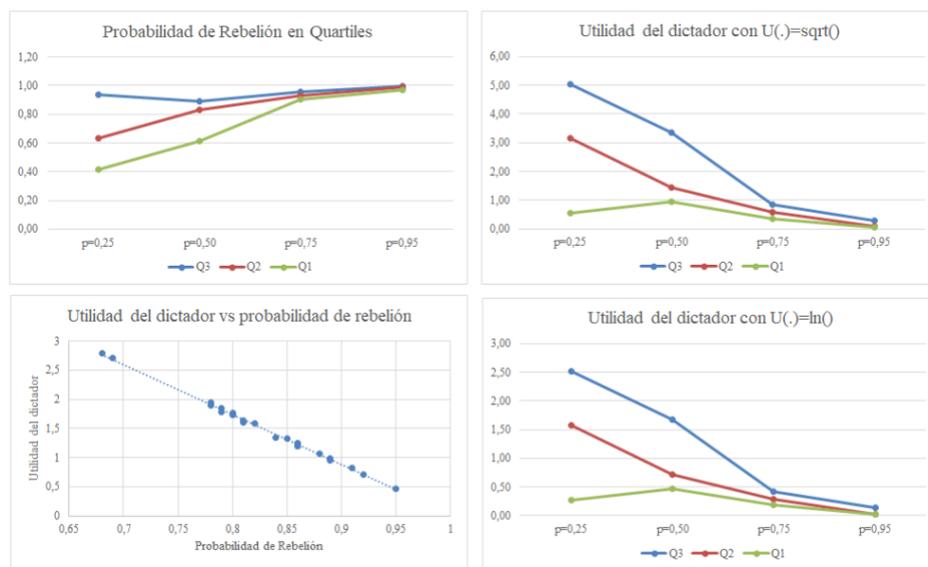
Supongamos por ejemplo que en una iteración cualquiera los ciudadanos rebeldes son 1,2,5,14 y 15, entonces dos posibles sub-agrupaciones de rebeldías son de  $A_1 = \{1,2,5\}$  y  $A_2 = \{1,2,14\}$ , cuya intersección  $A_1 \cap A_2$  debería ser  $\{1,2\}$ , empero, en cada una de las sub-coaliciones de rebeldía, se ha generado conocimiento común de que han recibido L, por lo tanto son del mismo tipo (rebeldes) y al interactuar con otro grupo del mismo estipendio recibido y tipo, afianzan el conocimiento generado y todos se rebelan en contra del dictador. El mismo raciocinio en la interacción de sub-agrupaciones emerge en el resto de términos de la probabilidad conjunta de los  $A_i$ , que será determinada por el mecanismo de información entre los individuos según el algoritmo diseñado (véase anexo A2).

### **5.1. Resultados en una red Erdős-Rényi**

Los resultados del algoritmo de transmisión de información y probabilidades de rebelión en una estructura de red aleatoria Erdős-Rényi, con una riqueza del dictador es  $T=100$ , una dotación  $L=1$  y una dotación de  $H=2$ , y probabilidades de conexión entre nodos de 0.25, 0.50, 0.75 y 0.95 en la red. Después de simular 25 redes para cada nivel de probabilidad se determina que existe una relación inversa entre la utilidad del dictador funciones cóncavas  $f(.) = \text{sqrt}()$  o  $f(.) = \ln()$ , y la probabilidad de rebelión masiva. Lo cual es claro en el gráfico 5 en un análisis de cuartiles, pues nótese que al pasar de  $p=0.25$  a  $0.95$ , el segundo cuartil en la probabilidad de rebelión masiva incrementa de 0.60 a 1 aproximadamente, al mismo tiempo que la utilidad del dictador desciende de 3 unidades a prácticamente 0 (cuando  $f(.) = \text{sqrt}()$ ).

La relación inversa entre la utilidad del dictador y la probabilidad de rebelión se encuentra enraizado en la frondosidad de la red Erdős-Rényi. El gráfico 6 es claro al respecto, nótese en el primer panel de este, cómo en promedio, la probabilidad de rebelión aumenta cuando incrementa el parámetro  $p$  de la red Erdős-Rényi, a la vez, que la utilidad del dictador en promedio -independientemente con que función cóncava se analice- disminuye drásticamente cuando pasamos de un  $p=0.25$  a  $p=0.95$ , pues en promedio, el dictador puede esperar una utilidad de 2.86 y 2.20, respectivamente cuando su función de utilidad es  $f(.) = \text{sqrt}()$ , y cuando ésta se  $f(.) = \ln()$  puede aspirar a una utilidad de 1.43 y 1.10.

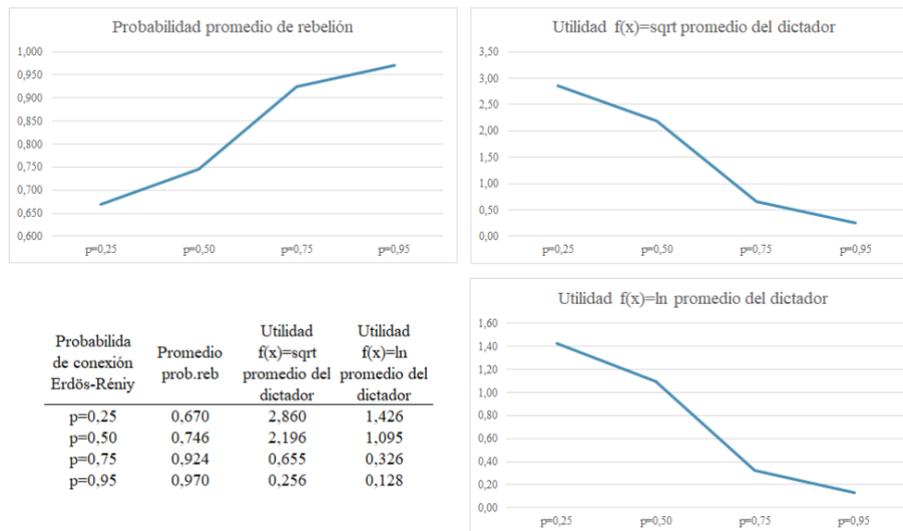
**Gráfico 5. Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

**Gráfico 6. Resultados promedios en una red Erdős-Rényi**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

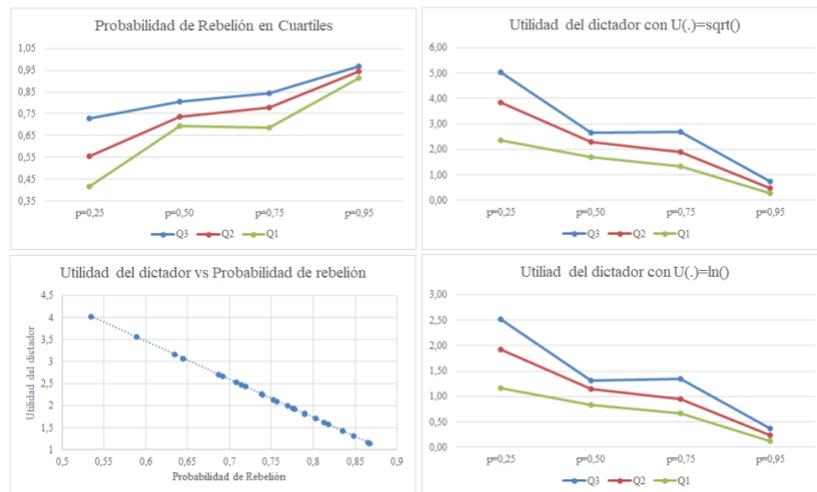
**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

## 5.2. Resultados en una red Watts-Strogatz

La estructura de una red tipo Watts-Strogatz cambia según la probabilidad de conexión de un vértice nuevo, permitiendo que el mismo se conecte en unos cuantos pasos con el resto, a pesar de no tener una conexión directa, por lo tanto, al variar dicho parámetro ( $p$ ) se obtendrán redes diferentes, como en el gráfico 3; a la vez que las probabilidades de rebelión, el primer panel del gráfico 7 exhiben según la mediana (segundo cuartil) en 25 redes simuladas- que aumenta la probabilidad de rebelión cuando incrementa el parámetro  $p$ . Un resultado, que asimismo se ve reflejado en la utilidad del dictador, solo que este disminuye cuando aumenta  $p$  (panel 2 y 3), tal como lo muestra el tercer panel del gráfico 6.

En promedio los resultados del gráfico 8 muestran el mismo raciocinio que el gráfico 7, una relación directa e inversamente proporcional entre la probabilidad de rebelión y la utilidad del dictador, con respecto al parámetro  $p$ . Donde la probabilidad de rebelión aumentaría hasta 0,91 cuando  $p=0,95$  mientras que tendría su mínimo de 0,568 cuando  $p=0,25$ . Asimismo, cuando la función de utilidad del dictador sea  $f(.) = \sqrt{}$  la máxima utilidad esperada sería de 3,74 y 2,30, cuando la red Watts-Strogatz posea un parámetro  $p=0,25$  y  $p=0,50$ . Empero, cuando su función de utilidad sea  $f(.) = \ln()$  la máxima utilidad esperada es de 1,86 y 1,15, con  $p=0,25$  y  $p=0,50$ . Es decir, lo que más le conviene al dictador es mantener una red Watts-Strogatz con probabilidad de conexión entre vértices, igual o menos a 0,50.

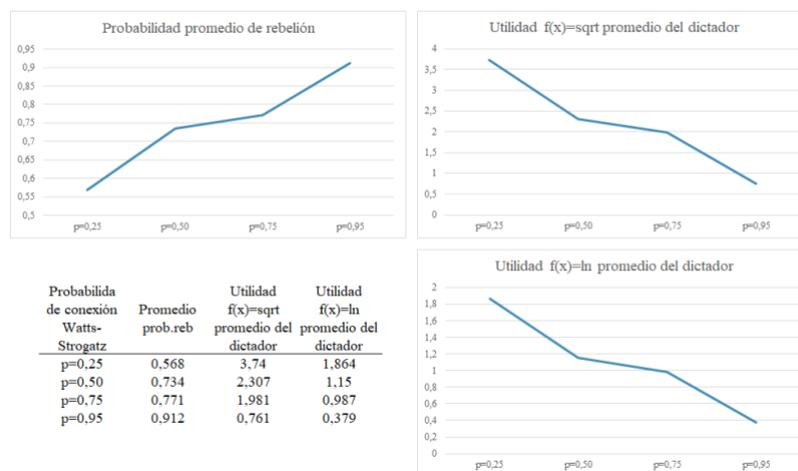
**Gráfico 7. Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

**Gráfico 8. Resultados promedios en una red Watts-Strogatz**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

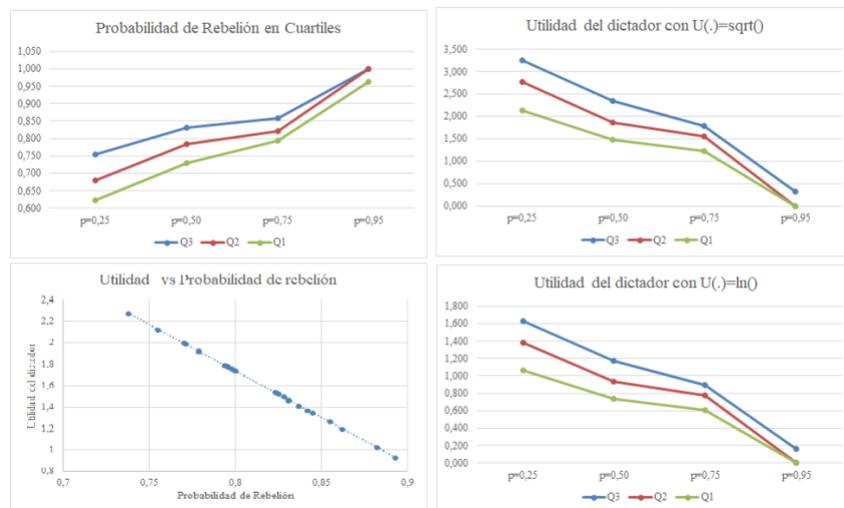
### 5.3. Resultados en una red Barabasi-Albert

Los resultados en cuartiles de la gráfica 9 sobre una red tipo Barabasi-Alvert muestran la misma tendencia que en una Watts-Strogatz y Erdős-Rényi, pues a medida que aumentamos el parámetro de ley de potencia, la probabilidad de rebelión en contra del dictador aumenta, mientras, que la utilidad del dictador disminuye, es decir, nuevamente encontramos una relación positiva y negativo entre estas variables respecto al parámetro *ley de potencia* de la red Barabasi-Albert.

Incluso nótese en casos donde la red Barabasi-Albert se encuentra concentrada en un nodo como el gráfico 4, la comunicación entre los agentes en contra es perfecta, donde la probabilidad de rebelión llega a ser 1, y la utilidad del dictador 0. Un fenómeno que no había ocurrido en los casos anteriores.

En términos promedio de la gráfica 10, muestra cómo la probabilidad de rebelión y la utilidad del dictador (independiente de su función), aumentan y disminuyen respectivamente al pasar de un parámetro de ley de potencia de 0.1 a 4. De hecho, con potencia de 0.1 la probabilidad de rebelión en promedio llega es de 0.675, pero cuando potencia es 4.0, la probabilidad se eleva hasta 0.975; mientras que la utilidad del dictador con una función  $f(.) = \text{sqrt}()$  cae de 2.81 a 0.21 unidades, análogamente cuando analizamos la utilidad del dictador con una función  $f(.) = \ln()$ , pues pasa de 1.40 a 0.10.

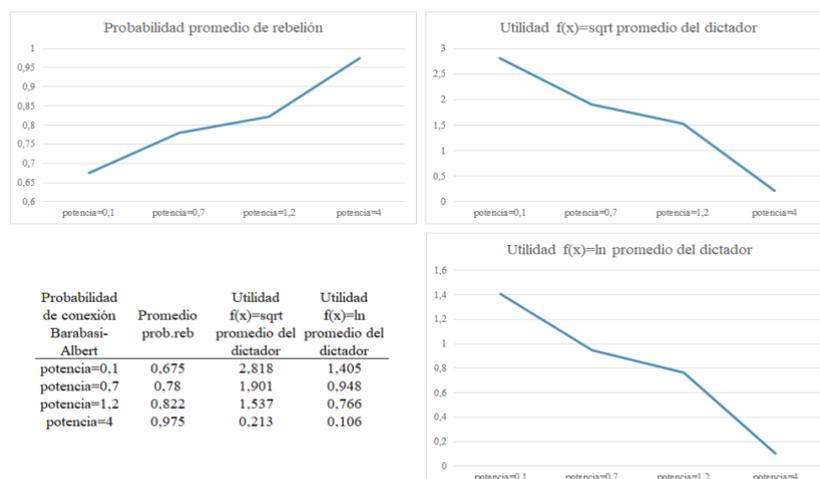
**Gráfico 9. Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles**



**Nota:** el parámetro potencia al cambiar conecta a los nodos con los preferiblemente más conectados.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

**Gráfico 10. Resultados promedio en una red Barabasi-Albert**



**Nota:** el parámetro *potencia* al cambiar conecta a los nodos con los preferiblemente más conectados.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

Nótese cómo entre los tres tipos de redes, la mayor utilidad para el dictador es mantener el parámetro  $p$  y *ley de potencia* en el nivel más bajo, donde, en una red tipo Watts-Strogatz el dictador obtendría la mayor utilidad promedio de 3.74 con una función cóncava de utilidad  $f(\cdot) = \text{sqrt}()$ , mientras que esperaría una utilidad promedio de 1.86 con una función cóncava de utilidad  $f(\cdot) = \ln()$ . Contrariamente a lo anterior, lo peor que podría hacer el dictador es permitir cualquier tipo de red, con parámetros  $p$  y de *potencia* elevados, pues en estos casos, obtendría utilidades menoscabas y altas probabilidades de rebelión en su contra.

#### 5.4. Resultados al variar la probabilidad de mensaje exitoso

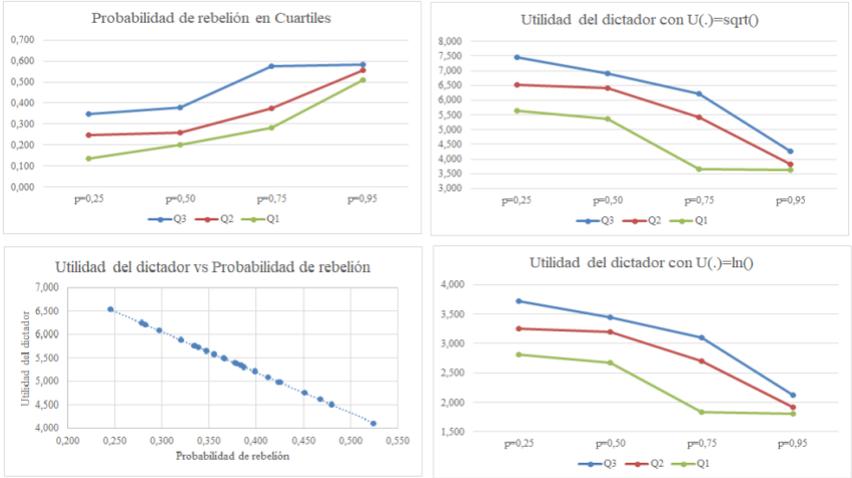
Nótese que el dictador puede inferir sobre las dotaciones, su función de utilidad, el tipo de red, e incluso los parámetros de estas. Empero, la probabilidad de rebelión depende mucho del parámetro  $a$  que representa la probabilidad de que un mensaje llegue con éxito a su destino en las función de transferencia de información  $a^{1-a^{d_{ij}/1-a}}$  entre los agentes en contra del

régimen, y la matriz  $M_{d_{ij}} = \begin{bmatrix} a^{1-a^{d_{ij}/1-a} & 1 - a^{1-a^{d_{ij}/1-a} \\ 1 - a^{1-a^{d_{ij}/1-a} & a^{1-a^{d_{ij}/1-a} \end{bmatrix}$  entre agentes a favor y en

contra del régimen. Entonces, si el parámetro  $a$  que por defecto ha tomado el valor de 0.5 en las estimaciones anteriores, ahora adquiere el valor de 0.25 y 0.75, para evaluar los resultados en escenarios de menor y mayor probabilidad de mensajes exitosos, tenemos que:

Los gráficos 11 y 12 presentan cómo al disminuir el parámetro  $a$  se mantiene la relación entre el incremento de  $p$  e incremento de la probabilidad de rebelión, así como la relación inversa con la disminución de la utilidad del dictador. Sin embargo, en términos generales, existe una mayor volatilidad en los resultados cuando la probabilidad de éxito en un mensaje es de  $a = 0.25$  frente a  $a = 0.75$ . Pues nótese cómo en el gráfico 13 la mayoría de las estimaciones alcanzan el 100% de probabilidad de una rebelión en contra del dictador. Asimismo, nótese cómo en promedio la máxima probabilidad de rebelión cuando  $a = 0.25$  es de 0.546 (véase tercer panel gráfico 12), mientras que en la probabilidad menor cuando  $a = 0.75$  llega a ser de 0.894 (tercer panel gráfico 13), por lo tanto, cuando la probabilidad de que un mensaje llegue con éxito a su destino disminuye, la amenaza para el dictador es apenas del 50%, mientras que, al aumentar el parámetro  $a$  la amenaza de una rebelión para el monarca es como mínimo cercana al 90%.

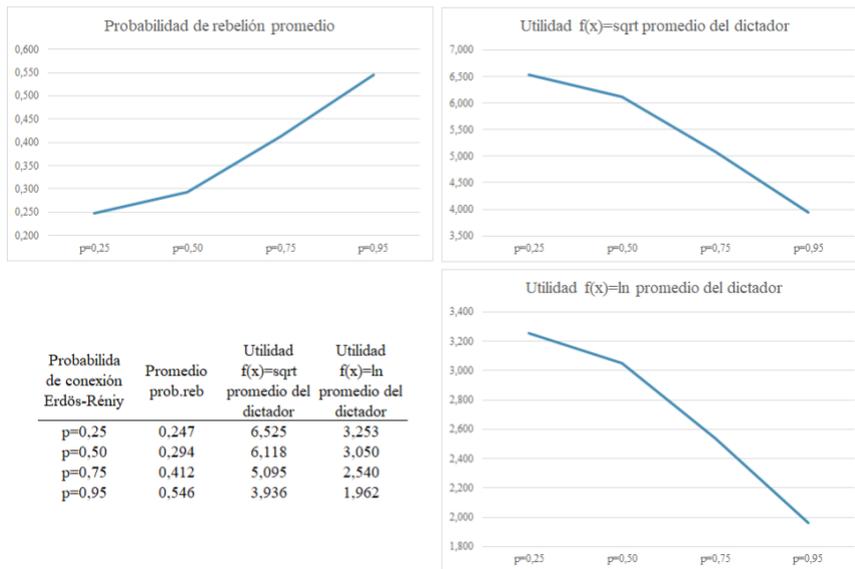
**Gráfico 11. Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

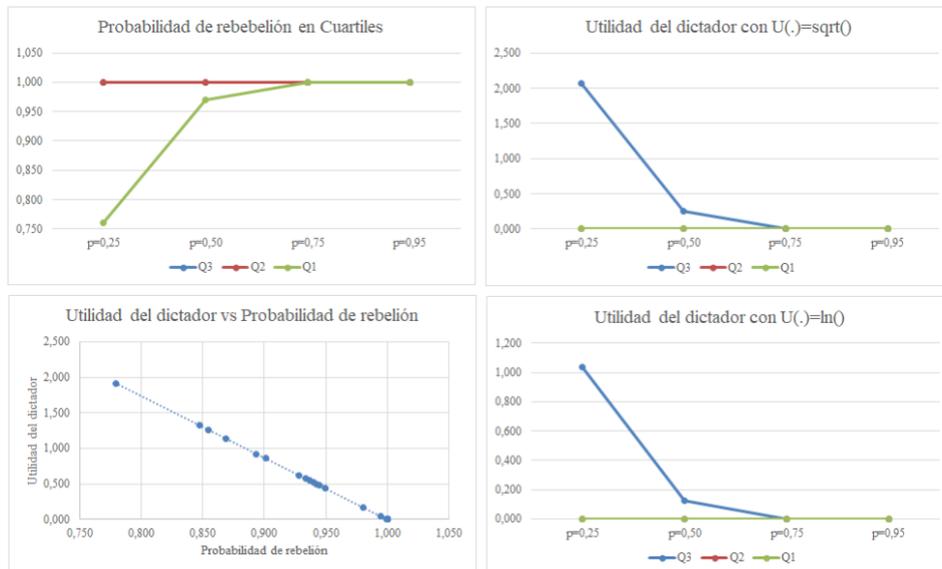
**Gráfico 12. Resultados promedio en una red Erdős-Rényi**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

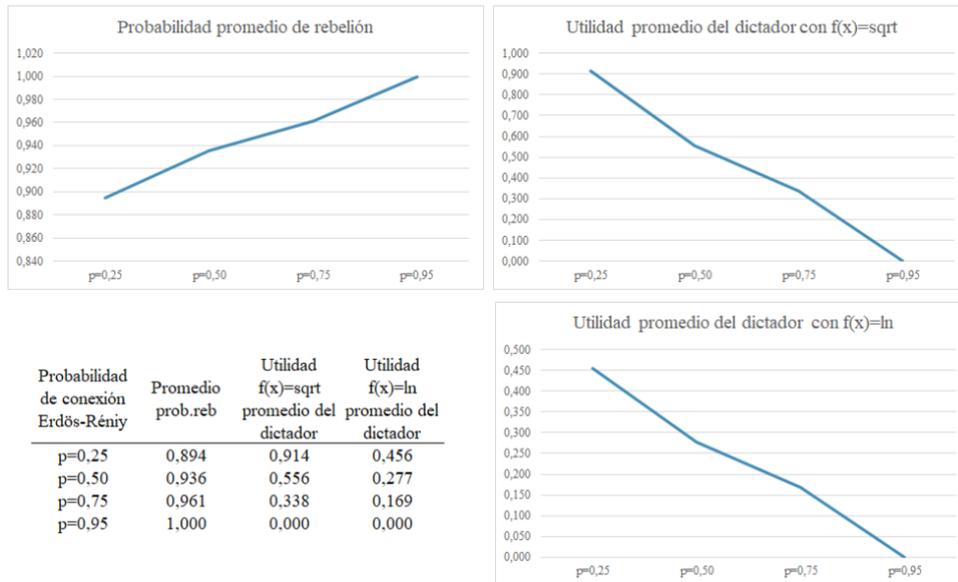
**Gráfico 13. Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

**Gráfico 14. Resultados promedio en una red Erdős-Rényi**

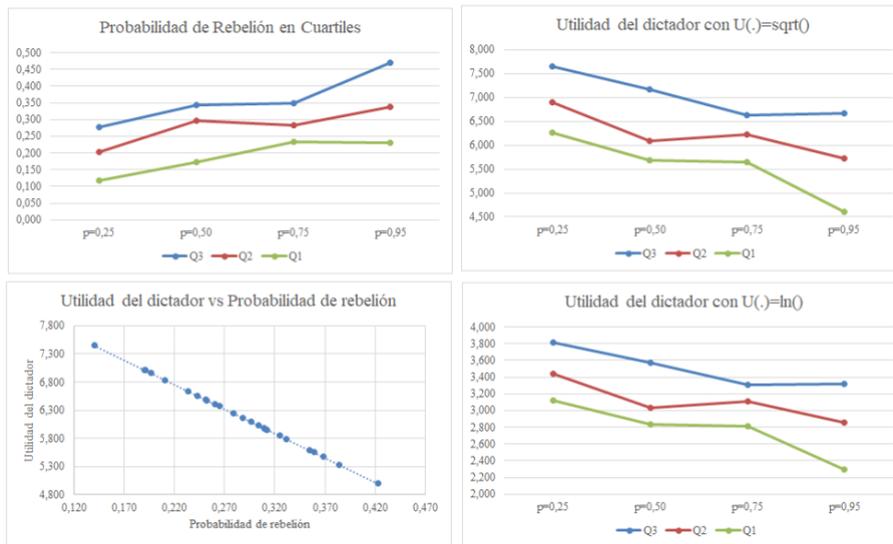


**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

Así como en el caso de una red Erdős-Rényi, en Watts-Strogatz también se mantiene la relación positiva y negativa, entre el incremento de  $p$ , la probabilidad de rebelión y utilidad del dictador, respectivamente, incluso cuando  $a = 0.25$  y  $0.75$  (véase gráfico 15 y 17). También se puede apreciar como ante una disminución de la probabilidad de éxito en la llegada de los mensajes surge una mayor volatilidad para la probabilidad de rebelión y utilidad del dictador con  $f(.) = \text{sqrt}()$  y  $f(.) = \ln()$  (véase gráfico 15), a diferencia de resultados constantes como los del gráfico 17 cuando  $a = 0.75$ , pues la utilidad del dictador llega a ser en la mayoría de las simulaciones 0, a la vez que la probabilidad de rebelión alcanza el 100%. En términos promedios, el gráfico 16 y 18 muestran como la máxima probabilidad de rebelión con  $a = 0.25$  es de 0.345, mientras que con  $a = 0.75$  la mínima probabilidad de una revuelta en su contra es de 0.80. Es decir, al dictador le convendría más que la probabilidad de que un mensaje llegue exitosamente a su destino sea menor a 0.50, pues le representa una utilidad de 6.85 y 3.41, con  $f(.) = \text{sqrt}()$  y  $f(.) = \ln()$ , respectivamente.

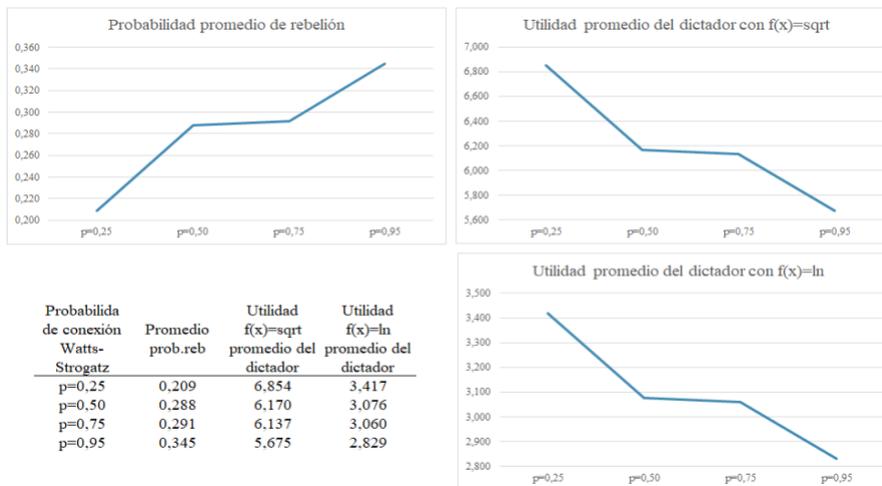
**Gráfico 15. Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

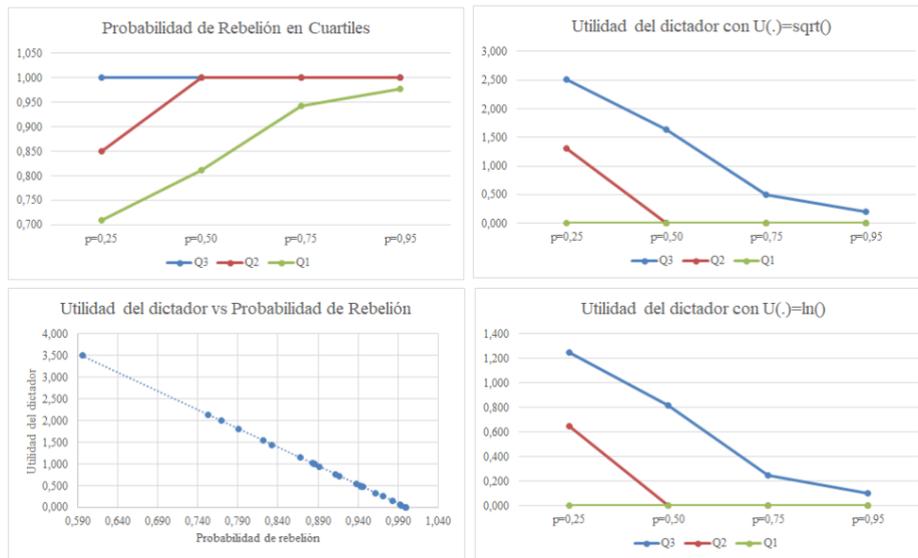
**Gráfico 16. Resultados promedio en una red Watts-Strogatz**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

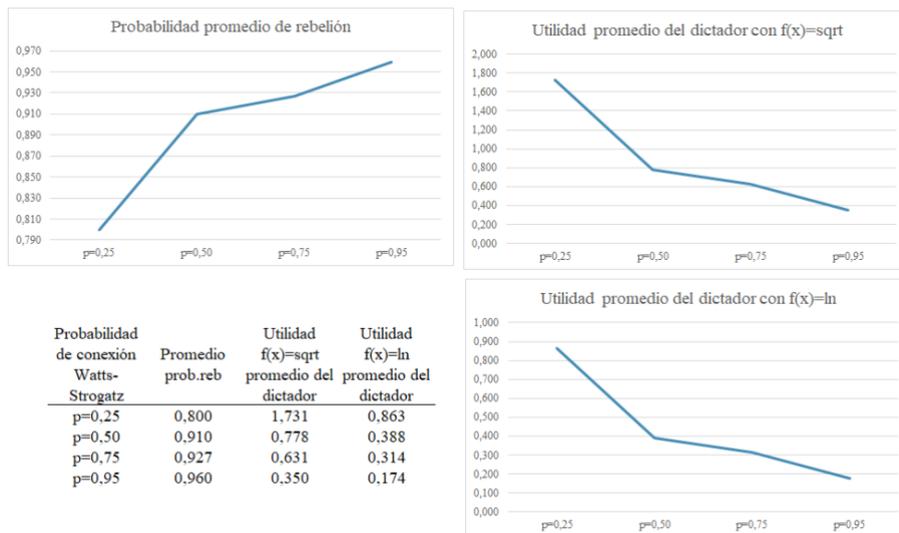
**Gráfico 17. Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles**



**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

**Gráfico 18. Resultados promedio en una red Watts-Strogatz**



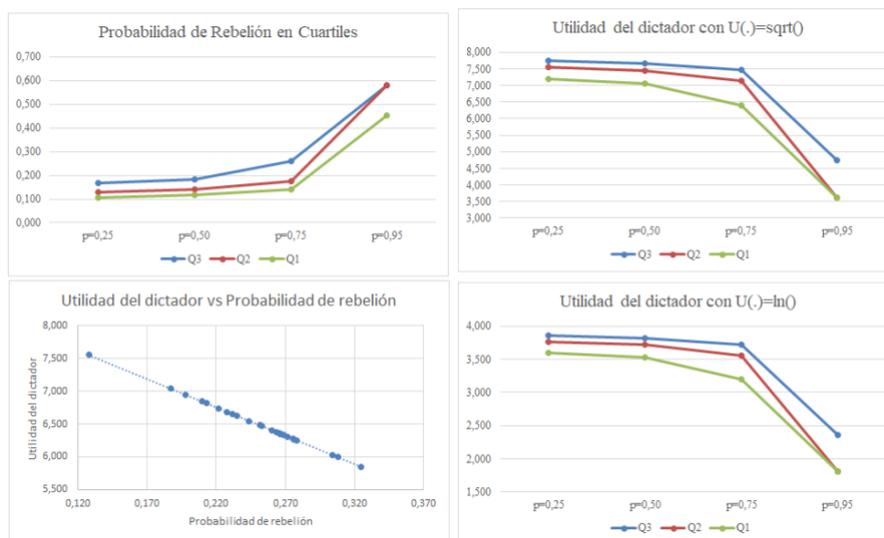
**Nota:** el parámetro  $p$  indicado la probabilidad de conexión de la red.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

Finalmente, en una red Barabasi-Albert los resultados recogidos en los gráficos 19 y 21 sugieren que la relación entre el incremento del parámetro de *ley de potencia*, la probabilidad de rebelión y la utilidad del dictador se mantiene, pues estos últimos aumentan y disminuyen respectivamente. Empero, el gráfico 19 muestra que la volatilidad es baja hasta  $potencia =$

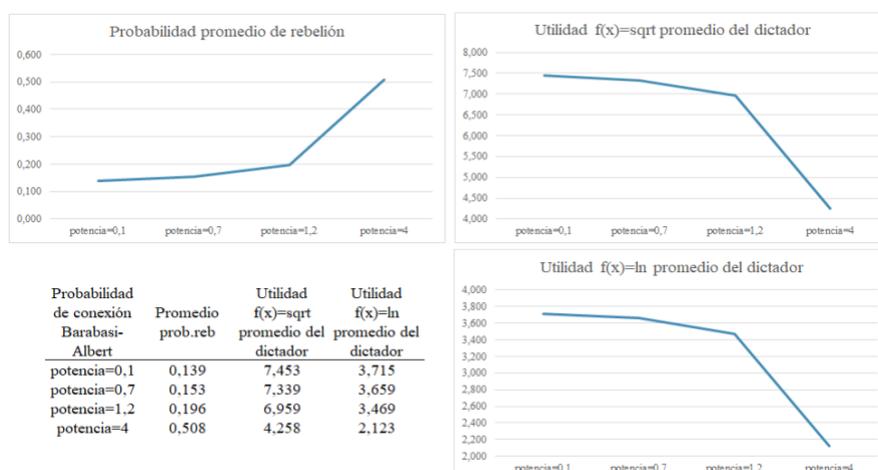
1.2, mientras que el gráfico 21 cuando  $\alpha = 0.75$ , salvo ciertas excepciones, se obtiene resultados constantes, pues la probabilidad de rebelión llega a ser de 1 y la utilidad del dictador 0, en la mayoría de las redes simuladas. Por otra parte, en términos promedio, los gráficos 20 y 22, muestran como la probabilidad de rebelión máxima cuando  $\alpha = 0.25$  es de 0.975, mientras que en el caso de  $\alpha = 0.75$ , su mínimo es de 0.508. Es decir, nuevamente cuando disminuye la probabilidad de llegada exitosa de un mensaje, también lo hace la de rebelión en contra del dictador. Es decir, hay una relación directamente proporcional entre la probabilidad de rebelión, la utilidad del dictador y el parámetro  $\alpha$ .

**Gráfico 19. Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles**



**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

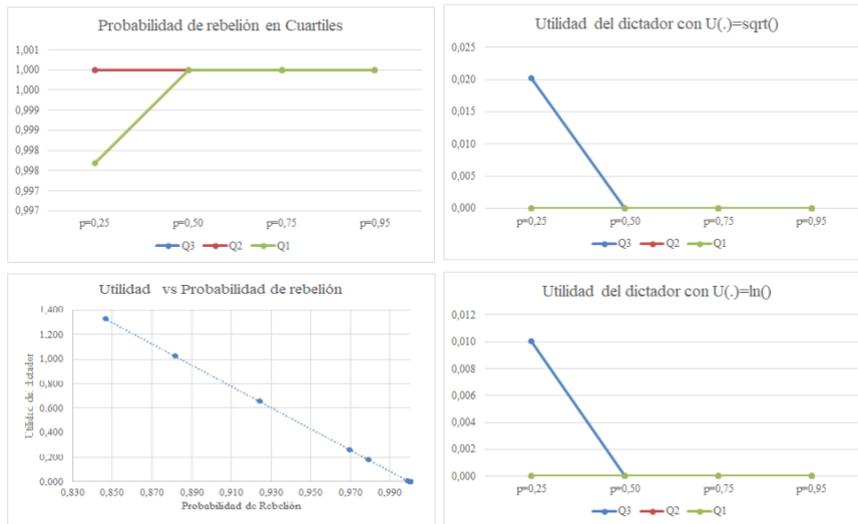
**Gráfico 20. Resultados promedios en una red Barabasi-Albert**



**Nota:** el parámetro *potencia* al cambiar conecta a los nodos con los preferiblemente más conectados.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

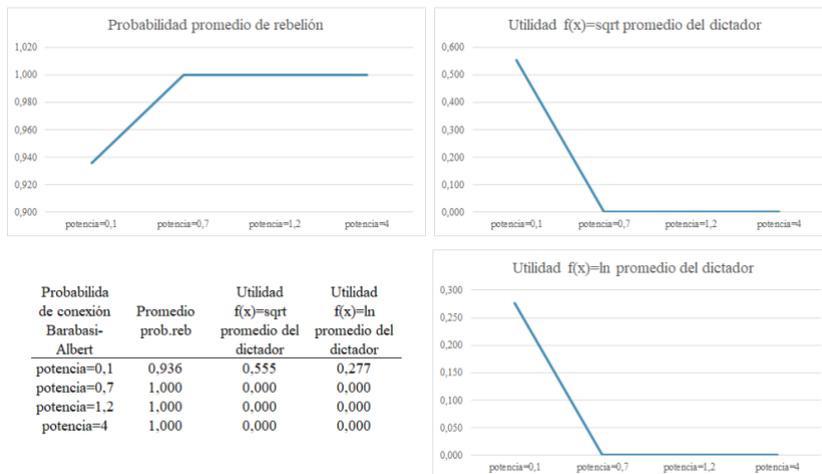
**Gráfico 21. Probabilidad de rebelión masiva y utilidad del dictador en cuartiles**



**Nota:** el parámetro *potencia* al cambiar conecta a los nodos con los preferiblemente más conectados.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

**Gráfico 22. Resultados promedios en una red Barabasi-Albert**



**Nota:** el parámetro *potencia* al cambiar conecta a los nodos con los preferiblemente más conectados.

**Fuente:** Producto de la simulación de redes ejecutada.

Para el dictador, el escenario donde mayor utilidad puede conseguir a su favor es si  $a < 0.50$  en una red de tipo Barabasi-Albert pues esperaría un valor de 7.45 unidades, con una probabilidad de rebelión de apenas el 14%. Sin embargo, el dictador no puede influir sobre el parámetro  $a$ , ya que es propio de las funciones de transmisión de los agentes a favor y en contra del dictador. Por lo tanto, la mejor opción para el dictador, donde maximiza su utilidad es con una función de utilidad  $f(.) = \sqrt{(\cdot)}$ , con una probabilidad de conexión entre vértices  $p = 0.25$  en una red Watts-Strogatz, pues en este caso obtendría 3.74 unidades. Asimismo, lo

que al dictador más le conviene, es distribuir las dotaciones entre los agentes, en redes poco frondosas (valores bajos de  $p$  y *potencia*).

## Capítulo 6

### Conclusiones

Controlar y direccionar la conducta de los agentes en una comunidad desata el conflicto entre intereses individuales y colectivos, donde la influencia, el control y el poder de un individuo puede ser ejercido sobre el resto para transformar su interés individual en el colectivo. Donde la comunicación, creencias, símbolos, reputación e incluso la religión son factores determinantes que se suman al dilema de intereses individuales sobre colectivos en el momento de cooperar o no hacia un bien común.

En el presente ejercicio se ha desarrollado una comunidad controlada y gobernada por un dictador, el cual conoce más de la comunidad que cualquier otro integrante de esta. Ya que el dictador es quien distribuye las dotaciones, definiendo con esto la afinidad o rechazo de quienes reciben la dotación de “riqueza” y subsistencia, respectivamente. Adicionalmente, la dotación de subsistencia da una identidad a todos quienes la reciben, pues su status quo en la comunidad es el menos justo, y buscarán a quienes sus iguales para unirse y abolir al dictador. Pero abolir el régimen no depende únicamente de la unión entre los ciudadanos que reciben L ni siquiera de un número mínimo de estos, también de la estructura de red, la ideología que construyan contra la idea dominante y la comunicación que puedan desarrollar. Es decir, necesitan un entorno conectado donde puedan comunicarse, para que su identificación sea un símbolo, idea o distinción en contra del dictador y sus subordinados, los cuales distorsionarán la comunicación entre los ciudadanos rebeldes para mantener al dictador en el poder, pues saben que si este lo pierde, ellos también mermada su posición privilegiada.

Es decir, la acción colectiva de al menos un número mínimo de ciudadanos en contra del dictador requiere otros elementos como la comunicación, la formación de una ideología forjada en las sombras y en lo individual de cada uno, pero que afrenta a la hegemonía del dictador, sin olvidar que la comunidad donde se desarrollan debe asegurar aunque sea un nivel mínimo de traslado de mensajes, y mientras más lo permita la comunidad, mayor será la posibilidad de una revolución en contra del dictador.

Sin embargo, los resultados de la presente investigación pertenecen a un esquema de dominación particular, pues los subordinados al régimen no reprimen a los ciudadanos en contra, tampoco buscan sustituir al dictador y lograr mayor poder. Se conforman con el status

quo asignado por el dictador, ya que al ser menos competentes, serán leales sin importar las decisiones del monarca. Si lo anterior fuese considerado en la presente investigación tendríamos que a ver determinado la probabilidad de que el dictador se mantenga en el poder tras una represión, a la vez, de calcular la probabilidad en que al menos uno de los subordinados busque reemplazar al dictador y si lo logra, entonces la probabilidad de revuelta sería ya no solo contra el dictador actual, sino también, contra el que podría ascender. Es decir, la dinámica entre los agentes de la comunidad y el dictador se vuelve más compleja.

Una dinámica que se volvería más compleja aún, si los ciudadanos a favor del dictador emitieran mensajes de aprobación del dictador, es decir, no solo distorsionarían los mensajes de los ciudadanos inconformes, también crearían otra idea de “beneficio” por la gestión del dictador. Esta idea se alinea a la hegemonía de la comunidad, y originará una polarización en la población, tal como se ve actualmente con el auge de las redes sociales.

Sin embargo, en el esquema desarrollado los elementos teóricos como la ideología con base a su identidad de ciudadanos en contra del régimen, la comunicación y la acción colectiva permitieron un proceso de contra hegemonía exitoso, pues la probabilidad de rebelión aumentó mientras excedían el mínimo de integrantes necesarios para derrocar al monarca. No obstante, el éxito también se encuentra ligado a la estructura de red, pues entre más esté conectada la red, mayor será la probabilidad de rebelión. En este sentido una jugada del dictador pudo ser eliminar caminos de comunicación entre los nodos, pero eso podría generar el inconformismo de los ciudadanos a favor y en contra.

## Anexos

### A1. Demostración por inducción de la probabilidad de sub-rebeliones

El siguiente apartado, plantea demostrar cómo para  $n$  sub-colaciones de las combinaciones posibles entre ciudadanos en contra del dictador, su probabilidad de revuelta masiva (es decir que todas las sub-agrupaciones se rebelan) equivale a la utilización del principio de inclusión exclusión. Así:

Para  $n=1$

$$P\{A_1\} = P\{A_1\}$$

Para  $n=2$

$$P\{A_1 \cup A_2\} = P\{A_1\} + P\{A_2\} - P\{A_1 \cap A_2\}$$

Para  $n=3$

$$P\{A_1 \cup A_2 \cup A_3\} = \sum_{1 < i} P\{A_i\} - \sum_{1 < i < j} P\{A_i \cap A_j\} - \sum_{1 < i < j < w} P\{A_i \cap A_j \cap A_w\}$$

Entonces, podríamos identificar a la siguiente fórmula del principio de inclusión exclusión, como una generalización para el cálculo de probabilidad de  $n$  eventos.

$$P\{A_1 \cup \dots \cup A_k\} = \sum_{1 \leq i \leq k} P\{A_i\} - \sum_{1 \leq i < j \leq k} P\{A_i \cap A_j\} + \sum_{1 \leq i < j < w \leq k} P\{A_i \cap A_j \cap A_w\} - \dots + (-1)^{n+1} P\{A_1 \cap \dots \cap A_k\}$$

Donde el último término señala las interacciones restantes entre las sub-rebeliones. Ahora vamos a comprobar su validez para  $n+1$  sub-rebeliones. Sea la siguiente hipótesis para  $l$  sub-rebeliones, con  $1 \leq l \leq n$ .

$$P\{A_1 \cup A_2 \dots \cup A_l\} = \sum_{1 \leq i \leq l} P\{A_i\} - \sum_{1 \leq i < j \leq l} P\{A_i \cap A_j\} + \sum_{1 \leq i < j < w \leq l} P\{A_i \cap A_j \cap A_w\} - \dots + (-1)^{n+1} P\{A_1 \cap \dots \cap A_l\}$$

Entonces, para  $n + 1$  tenemos:

$$P\{A_1 \cup \dots \cup A_{n+1}\} = \sum_{1 \leq i \leq n+1} P\{A_i\} - \sum_{1 \leq i < j \leq n+1} P\{A_i \cap A_j\} + \sum_{1 \leq i < j < w \leq n+1} P\{A_i \cap A_j \cap A_w\} - \dots + (-1)^{n+1} P\{A_1 \cap \dots \cap A_k\} + (-1)^{n+2} P\{A_1 \cap \dots \cap A_k\}$$

Si definimos a  $B = (A_1 \cup \dots \cup A_n)$  entonces la probabilidad de  $B$  sería:

$$P\{A_1 \cup A_2 \dots \cup A_n\} = \sum_{1 \leq i \leq n} P\{A_i\} - \sum_{1 \leq i < j \leq n} P\{A_i \cap A_j\} + \sum_{1 \leq i < j < w \leq n} P\{A_i \cap A_j \cap A_w\} - \dots + (-1)^{n+1} P\{A_1 \cap \dots \cap A_n\}$$

Donde la  $P\{B\}$  justamente se encuentra en la expresión de  $n + 1$ , por lo tanto al reemplazar en ella tenemos:

$$(1) \quad P\{B \cup A_{n+1}\} = P\{B\} + P\{A_{n+1}\} - P\{B \cap A_{n+1}\}$$

Si definimos a la  $P\{B \cap A_{n+1}\}$  como:

$$(2) \quad P\{B \cap A_{n+1}\} = \sum_{i=1}^n P\{A_i \cap A_{n+1}\} - \dots + (-1)^{n+1} P\{A_1 \cap \dots \cap A_n \cap A_{n+1}\}$$

Y al sustituir (2) y  $P\{B\}$  en (1) tenemos:

$$P\{B \cup A_{n+1}\} = \sum_{1 \leq i \leq n} P\{A_i\} - \sum_{1 \leq i < j \leq n} P\{A_i \cap A_j\} + \dots + (-1)^{n+1} P\{A_1 \cap \dots \cap A_n\} + P\{A_{n+1}\} - \sum_{i=1}^n P\{A_i \cap A_{n+1}\} - \dots + (-1)^{n+1} P\{A_1 \cap \dots \cap A_n \cap A_{n+1}\}$$

$$P\{B \cup A_{n+1}\} = \sum_{1 \leq i \leq n+1} P\{A_i\} + \sum_{1 \leq i < j \leq n+1} P\{A_i \cap A_j\} + \dots + (-1)^{n+1} P\{A_1 \cap \dots \cap A_n\} + (-1)^{n+2} P\{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n \cap A_{n+1}\}$$

Donde arreglando términos, llegamos a la probabilidad de  $n + 1$  sub-rebeliones, por lo tanto, quedaría demostrado.

$$P\{A_1 \cup \dots \cup A_{n+1}\} = \sum_{1 \leq i \leq n+1} P\{A_i\} - \sum_{1 \leq i < j \leq n+1} P\{A_i \cap A_j\} + \sum_{1 \leq i < j < w \leq n+1} P\{A_i \cap A_j \cap A_w\} - \dots + (-1)^{n+1} P\{A_1 \cap \dots \cap A_k\} + (-1)^{n+2} P\{A_1 \cap \dots \cap A_k\}$$

## A2. Algoritmo global de la simulación

1. Generación de  $k=1 \dots K$  redes aleatorias con vértices  $V$  y  $E$  enlaces aleatorizados ( $E$  número aleatorio de distribución uniforme  $aV < E < bV$ ), pero que aseguren conexión en cada una de las  $k$  redes.  $G_k(V, E)$ .
  - 1.1. Determino el número de nodos  $V$  y guardo en la variable `Nodos`.
  - 1.2. Defino el número de enlaces según la siguiente regla  $aV < E < bV$  y lo guardo en la variable `Enlaces`.
  - 1.3. Determino  $K$ : el número de  $k$  redes con nodos  $V$  y enlaces  $E$
  - 1.4. For ( $x$  in `seq_along K`)

```
Gk[[x]] ← erdos.renyi.game(Nodos, Enlaces, type=gnm)
```
  - 1.5. Se generó  $K$  redes aleatoria con nodos  $V$  y enlaces  $E$  de tipo `erdos.renyi.game`  
RESULTADO: Una lista  $G_k$  con  $K$  redes de  $V$  nodos y enlaces  $E$ .
  - 1.6. Comprobar la conexión de las  $K$  redes en  $G_k$ 

```
Conectividad ← vector()
```

For ( $i$  in `seq_along(Gk)`)

```
Conectividad[i] <- vertex.connectivity(Gk[[i]])
```
  - `View`(`Conectividad`)
  - RESULTADO: Un vector de longitud  $K$  con el grado de conexión de cada  $k$  red en  $G_k$ .
2. Agrupaciones de tamaño ftecho en cada  $k$  red de  $G_k$ 
  - 2.1. Defino el número de rebeldes en cada  $k$  red de  $G_k$
  - 2.2. Asigno un atributo aleatoriamente a los  $k$  redes  
For ( $j$  in `seq_along(Gk)`)

```
V(Gk[[j]])$attribute ← sample(c("H", "L"), size = Rebeldes, T)
```
  - 2.3. Defino el tamaño mínimo de una revuelta exitosa en ftecho
  - 2.4. Establezco las combinaciones de sub-agrupaciones de tamaño ftecho con el número de ciudadanos que reciben  $L$  en la variable `rebeldes`.

```
Combinaciones ← list()
```

For ( $i$  in `seq_along(Gk)`)

```
Combinaciones[i] ← combinations(Rebeldes, ftecho, V(Gk)$attribute == L)
```
  - `View`(`Combinaciones`)
  - 2.5. Cálculo de la probabilidad de rebelión de las subrebeliones/subagrupaciones en contra del dictador.

```
Prob.reb ← list()
```

For ( $t$  in `seq_along(Combinaciones)`)

```
For ( $w$  in length(Combinaciones[[t]]))

```
While( $w + 1 == L$ ) { F1( $w, w + 1$ ) }
```



```
Else( $z \leftarrow \text{search}(Combinaciones[[t]], L, w + 1)$ ) { F2,  $w, z$  }
```


```
  - `View`(`Prob.reb`)

### 3. Maximización de la utilidad del dictador

#### 3.1. Evaluar su utilidad esperada

```
Utilidades ← vector()
For (k in seq_along(Prob.reb)){
  Utilidades[i] ← F3(Prob.reb, Nc,Na,T,L,H)
}
View(Utilidades)
```

#### 3.2. Escoger la máxima utilidad del vector utilidades

```
Max(Utilidades)
```

### Funciones necesarias:

#### Probabilidad de rebelión agentes homogéneos

F1:  $a^{1-\alpha^{shortpaths(i,j)/1-\alpha}}$

#### Probabilidad de rebelión entre agentes heterogéneos

F2.  $M_{d_{ij}} = \begin{bmatrix} a^{1-\alpha^{shortpaths(i,j)/1-\alpha}} & 1 - a^{1-\alpha^{shortpaths(i,j)/1-\alpha}} \\ 1 - a^{1-\alpha^{shortpaths(i,j)/1-\alpha}} & a^{1-\alpha^{shortpaths(i,j)/1-\alpha}} \end{bmatrix}$

#### F3. Utilidad del dictador

Insumos: Función de utilidad, Prob.reb., dotaciones de los individuos Xi y T

F3 = { Pij(Gk), dotaciones de los individuos Xi y T }

Calcular:  $Max U(D) = [1 - Prob.Reb] * f(T - \sum_{i \in N} X_i)$

s. a. r.

$X_i$

Donde  $X_i$  representa las dotaciones de los  $i$  agentes en la comunidad.

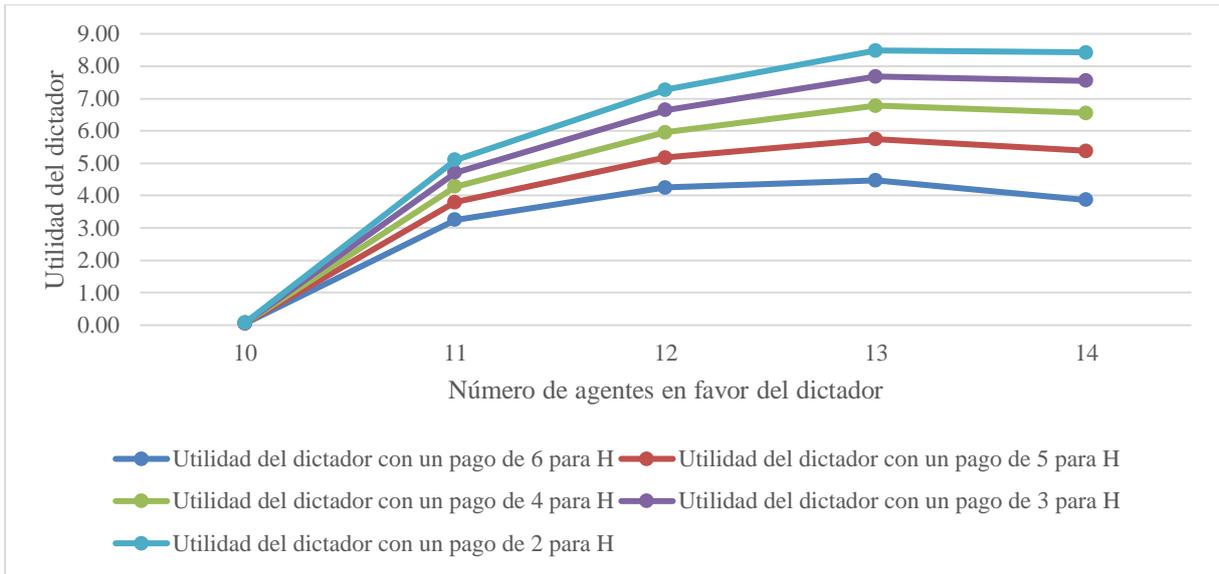
Resultado: Vector de utilidad máxima para cada k de Gk.

### A3. Fluctuación de la utilidad del dictador en diferentes dotaciones

El dictador se plantea de una riqueza  $T= 100$  unidades cuánto pagar a sus subordinados, pues a los ciudadanos en contra los mantiene con un pago mínimo de 1 unidad. Pero, a los ciudadanos a favor del régimen que reciben un pago H, debe cuidar de que la compensación otorgada no sobrepase su utilidad final, pues de lo contrario podría ser reemplazado por cualquiera de ellos. En el siguiente gráfico se observa cómo la utilidad del dictador disminuye cuando incrementa el pago hacia los agentes a favor de él. De hecho, si les da una compensación igual o mayor a 6 unidades no sería el agente más rico de la comunidad, pues su utilidad a lo mucho será de 4,47 unidades. Lo cual volvería vulnerable no solo a la rebelión desde los ciudadanos en contra del régimen, sino también, a un despojo del poder desde los ciudadanos afines a él.

Por lo tanto, el dictador se mantendrá en el poder mientras otorgue compensaciones a los ciudadanos a favor del régimen entre 2 y 5 unidades.

**Gráfico A 1: Utilidad del dictador con diferentes dotaciones**



## Lista de referencias

- Acemoglu, Daron y James Robinson. 2012. *Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty*. London: Profile Books.
- Alt, James, Randall Calvert y Brian Humes. 1988. "Reputation and hegemonic stability: a game-theoretic analysis". *The American Political Science Review* 82(2):445-466.
- Anthony, Denise, Sean Smith y Timothy Williamsom. 2009. "Reputation and reliability in collective goods: the case of the online encyclopedia wikipedia". *Rationality and Society* 21(3):283-306. doi: 10.1177/1043463109336804.
- Argo, Nichole. 2009. "Why Fight? Examining self-interested versus communally-oriented motivations in Palestinian resistance and rebellion". *Security Studies* 18(4):651-680. doi: 1080/09636410903368920.
- Axelrod, Robert, 1986. *La Evolución de la Cooperación: El Dilema del Prisionero y la Teoría de Juegos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Axelrod, Robert. 2004. *La Complejidad de la Cooperación: Modelos de Cooperación y Colaboración Basados en los Agentes*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bendor, Jonathan y Dilip Mookherjee. 1987. "Institutional structure and the logic of ongoing collective action". *The American Political Science Association* 81(1):129-154. url: <https://www.jstor.org/stable/1960782>.
- Berejikian, Jeffrey. 1992. "Revolutionary collective action and the agent-structure problem". *The American Political Science Review* 86(3): 647-657. url: <https://www.jstor.org/stable/1964128>.
- Bohnet, Iris y Stefeen Huck. 2004. "Repetition and reputation: implications for trust and trustworthiness when institutions change". *Realism in experimental economics* 94(2):362-366.
- Boswell, Terry y William Dixon. 1993. "Marx's theory rebellion: a cross-national analysis of class exploitation. Economic development and violent revolt". *American Sociological Review* 58(5):681-702. url: <http://www.jstor.org/stable/2096281>.
- Calvert, Randall. 1987. "Reputation and legislative leadership". *Public choice* 55:81-119. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00156812>.
- Christensen, Daron y Francisco Garflas. 2018. Can you hear me now? How communication technology affects protest and repression. *Quarterly Journal of Political Science* 13: 89-117.

- Chwe, Michael Suk-Young. 2000. "Communication and coordination in social networks". *The Review of Economic Studies* 67(1):1-16. url: <https://www.jstor.org/stable/2567025>.
- Chwe, Michael Suk-Young. 2001. *Rational Ritual: Culture, Coordination and Common Knowledge*. New Jersey: Princeton University Press.
- Colomer, Josep. 1995. "Leadership games in collective action". *Rationality and Society* 7(2):225-246. doi: 10.1177/1043463195007002008.
- Croson, Rachel. 2007. "Theories of commitment, altruism and reciprocity: evidence from linear public goods games". *Economic Inquiry* 45(2): 199-216. doi: 10.1111/j.1465-7295.2006.00006.x.
- Crozier, Michael y Erhard Friedberg. 1990. *El actor y el Sistema: las restricciones de la acción colectiva*. México: Alianza Política.
- Deng, Fang. 1997. "Information gaps and unintended outcomes of social movements; the 1989 chinese student movement". *American Journal of Sociology* 102(4):1085-1112. url: <https://www.jstor.org/stable/2782027>.
- Dragu, Tiberiu. 2015. The moral hazard of terrorism prevention. *The Journal of Politics* 79(1): 223-236.
- Dragu, Tiberiu y Adam Przeworski. 2017. Preventive repression: Two types of moral hazard.
- Finkel, Evgeny y Scott Gehlbach. 2018. "The Tocqueville paradox: when does reform provoke rebellion". Documento de trabajo. url: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3202013](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3202013).
- Franzen, Axel. 1995. "Group size and one-shot collective action". *Rationality and Society* 7(2):183-200.
- Guttman, Joel. 1978. "Understanding collective action: matching behaviour". *The American Economic Review* 68(2):251-255. url: <http://www.jstor.org/stable/1816699>.
- Ginkel, John y Alastair Smith. 1999. "So you say you want a revolution: a game theoretic explanation of revolution in repressive regimes". *The Journal of Conflict Resolution* 43(3): 291-316. url: <https://www.jstor.org/stable/174669>.
- Goldstein, Itay y Ady Pauzner. 2004. "Contagion of self-fulfilling financial crises due to diversification of investment portfolios". *Journal of Economic Theory* 119:151-183. doi: 10.1016/j.jet.2004.03.004.
- Goldstein, Itay y Ching Huang. 2016. "Bayesian persuasion in coordination games". *American Economic Review* 106(5):592-596. doi: 10.1257/aer.p20161047.

- Gould Roger. 1995. *Insurgent Identities: Class, Community, and Protest in Paris from 1848 to the Commune*. Chicago: University Press.
- Guedes, Barbara. 1994. *Politician`s dilemma: building state capacity in Latin America*. University of California Press.
- Hardin, Russell. 1971. "Collective action as an agreeable n-prisoners dilemma". *Behaviour Science* 16:472-481.
- Hardin, Russell. 1982. *Collective Action*. Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Hauert, Christoph. 2010. "Replicator dynamics of reward and reputation in public goods games". *Journal of Theoretical Biology* 267:22-28. doi: 10.1016/j.jtbi.2010.08.009.
- Hédoin, Cyril. 2013. "Collective intentionality in economics: making Searle`s theory of institutional facts relevant for game theory". *Erasmus Journal for Philosophy and Economics* 6(1):1-27. url: <http://ejpe.org/pdf/6-1-art-1.pdf>.
- Jormakka, Jorma y Jarmo Mölsä. 2005. "Modelling information warfare as a game". *Journal of Information Warfare* 4(2):12-25.
- Keller, Franziska Barbara. 2016. Moving beyond factions: using social network analysis to uncover patronage networks among Chinese elites. *Journal of East Asian Studies* 16(1): 17-41.
- Leites, Nathan y Charles Wolf. 1970. *Rebellion and Authority: An Analytic Essay on Insurgent Conflicts*. Chicago: Markham Publishing Company.
- Lewis, David. 1969. *Convention: A Philosophical Study*. Cambridge, Harvard University Press.
- Lohmann, Susanne. 2000. "Collective action cascades: an informational rationale for the power in numbers". *Journal of Economic Surveys* 14(5):655-684.
- Machain, Carla, Clifton Morgan y Patrick Regan. 2011. "Deterring Rebellion". *Foreign Policy Analysis* 7(3): 295-316. doi: 10.1111/j.1743-8594.2011.00139.x
- Marx, Karl y Friedrich Engels. 2014. *La ideología Alemana*. España, Ediciones Akal.
- McIntosh, Craig, Elisabeth Sadoulet, Steven Buck y Tomas Rosada. 2013. "Reputation in a public goods game: taking the design of credit bureaus to the lab". *Journal of Economic Behaviour and Organization* 95: 270-285. doi: 10.1016/j.jebo.2012.09.013.
- Melucci, Alberto. 1990. "La acción colectiva como construcción social". *Estudios Sociológicos* 26: 357-364.
- Miller, Luis Miguel. 2007. "Coordinación y acción colectiva". *Revista Internacional de Sociología* 65(46): 161-183. doi: <https://doi.org/10.3989/ris.2007.i46.8>.

- Nakao, Keisuke. 2017. "Patterns of rebellion: a model with three heterogeneous challengers". *Peace Economics, Peace Science and Public Policy* 24(1): 1-10. doi: <https://doi.org/10.1515/peps-2017-0021>.
- Olson, Mancur. 1971. *La Lógica de la Acción Colectiva: Bienes Públicos y la Teoría de Grupos*. México: Limusa Noriega Editores.
- Ostrom Elinor. 2000. *El Gobierno de los Bienes Comunes: La Evolución de las Instituciones en la Acción Colectiva*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Paramio, Ludolfo. 2005. "Teorías de la decision racional y de la acción colectiva". *Sociológica* 19(5):13-34.
- Parkinson Sarah Elizabeth. 2013. *Organizing Rebellion: Rethinking High-Risk Mobilization and Social Networks in War*. *American Political Science Review* 107(3): 4188-432.
- Pérez-Oviedo, Wilson. 2015. "Citizens, dictators and networks: a game theory approach". *Rationality and Society* 27(1):3-39. doi: 10.1177/1043463114561753.
- Ricoeur, Paul. 1986. *Lectures on Ideology and Utopia*. New York: Columbia University Press.
- Runge, Carlisle Ford. 1984. "Institutions and the free rider: the assurance problem in collective action". *The Journal of Politics* 46(1): 154-181. url: <http://www.jstor.org/stable/2130438>.
- Scott, James. (1990). *Los dominados y el arte de la Resistencia: discursos ocultos*. México: Ediciones Era.
- Smith, Eric Alden. 2010. "Communication and collective action: language and the evolution of human cooperation". *Evolution and Human Behaviour* 31:231-245. doi: 10.1016/j.evolhumbehav.2010.03.001.
- Sosis, Richard. 2005. "Does religion promote trust? The role of signaling, reputation, and punishment". *Interdisciplinary Journal of Research on Religion* 1(7): 1-30.
- Weber, Max. 1974. *Economía y Sociedad*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Wickham-Crowley Timothy. 1992. *Guerrillas and Revolution in Latin America: A Comparative Study of Insurgents and Regimes since 1956*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Zakharov, Alexei. 2014. The loyalty-competence trade-off in dictatorships and outside options for subordinates. *The Journal of Politics* 78(2): 457-466.
- Zimper, Alexander. 2006. "Assessing the likelihood of panic-based bank runs". *Contributions to Theoretical Economics* 6(1):1-19.