

Decisiones individuales en procesos de desplazamiento: un modelo de teoría de juegos y redes sociales¹

Individual choices in displacement process: a game theory and social networks model

LINA MARÍA RESTREPO PLAZA

Profesora ocasional de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas,
Universidad Autónoma de Occidente
econolina@gmail.com

Recibido: 15.04.09
Aprobado: 08.06.09

Resumen

La toma de decisiones en un contexto de guerra irregular está condicionada a un conjunto de información que los individuos deben procesar para formar alianzas que maximicen su probabilidad de sobrevivir y de paso, les garanticen estabilidad social, política y económica. Este trabajo modela a través de la teoría de juegos y las redes sociales, la toma de decisiones de una población que no se encuentra completamente conectada y distribuida en dos tipos de individuos de acuerdo con sus umbrales, razones por las cuales para decidir formar alianzas, los individuos deben conjeturar sobre las decisiones que tomarán las demás personas que habitan en su territorio.

Palabras clave: Toma de decisiones, Teoría de juegos, Redes sociales y Umbrales.

Abstract

People in irregular war, has uncertain about their permanence in the territory where they live, for this reason, usually they make coalitions to obtain social, political and economic stability. This paper is a game theory and social networks model, about how people take decisions when population had been distributed in two kind of individuals with different threshold for making a coalition, and for this reason they have to conjecture.

Key words: Take decisions, Game theory, Social networks and threshold.

JEL Classification: D74, D85, C70.

¹ Este artículo es resultado del trabajo de grado "Decisiones individuales en procesos de desplazamiento: un modelo en teoría de juegos y redes sociales" presentado en el año 2007 para optar al título de Economista de la Universidad del Valle.

1. Introducción

No existe un colombiano adulto que se haya escapado al conocimiento de las consecuencias de la guerra irregular en su país. Algunos han asistido como espectadores, otros como víctimas y otros tantos, como victimarios. Es inevitable que algunos nos preguntemos qué pasa por la mente de los individuos protagonistas del conflicto cuando deben someterse a tomar decisiones para salvar sus vidas, y algunos no podemos evitar caer en la tentación de modelar estas situaciones como decisiones racionales basadas en la información que todos tienen disponible en cada instante.

“Toda guerra irregular transforma el espacio en el que ocurre. Lo hace en su dimensión física: paisajes, territorios, economías, ciudades, poblados, veredas y corregimientos son transformados a velocidades diversas. En forma paralela cambian, también, el ejercicio del poder y las condiciones de supervivencia de los civiles. La política entendida como la lucha por el poder legítimo del Estado se transforma en la lucha abierta y continua por el monopolio del uso de la violencia. Estados primitivos, aparatos que imitan algunas de las funciones tradicionales del Estado (seguridad, tributación), prefiguraciones de poderes basados en la fuerza de las armas y en el ejercicio de la violencia aparecen en diversos territorios. Vidas y destinos quedan así al vaivén de las decisiones estratégicas de los que luchan por apropiarse del territorio y ejercer el monopolio de la violencia. Las migraciones y los desplazamientos masivos son los efectos más visibles y cuantificables del impacto brutal de la guerra irregular sobre la probabilidad de supervivencia de la población civil. De ese caos aparente emerge un orden, sin embargo. Es lo que este artículo pretende alcanzar: un bosquejo analítico del orden territorial que ha emergido como resultado de la interacción estratégica entre los agentes armados que libran la guerra irregular colombiana. (Salazar y Castillo, 2003b, Pág 2).

La toma de decisiones de los agentes es el resultado de un proceso de interacción estratégica donde cada individuo intenta obtener el mejor resultado deseable teniendo en cuenta todas las posibles contingencias, y estas contingencias se forman considerando las estrategias y los pagos de aquellos con quienes debe interactuar. Sin embargo, conocer tales estrategias y por consiguiente, los pagos asociados a ellas, son supuestos difíciles de sostener por lo cual cada individuo debe formarse conjeturas globales de acuerdo con su conocimiento local.

“Teniendo en cuenta que en un contexto de guerra irregular los individuos no pueden mantener un orden de preferencias fijo y que quizás no puedan encontrar la mejor respuesta ante los ataques de las organizaciones armadas, ya que poseen racionalidad limitada e información imperfecta, las preferencias estarán directamente asociadas a sus percepciones, las cuales dependen de las experiencias pasadas, de la evaluación de los resultados de sus anteriores acciones, de las circunstancias históricas y de la interacción social con otros individuos, redes, grupos y organizaciones”. (Salazar y Castillo, 2003a, Pág. 20).

El conocimiento que tiene cada individuo sobre las estrategias de aquellos con quienes debe interactuar depende de la estructura social en la cual convive, por ello resulta pertinente basarse en la Teoría de Redes Sociales para modelar la toma de decisiones circunscrita a un contexto relacional particular. Ahora bien, la toma de decisiones basada en la interacción estratégica es el objetivo principal de una de las herramientas matemáticas más robustas en la economía, la teoría de juegos.

Este artículo pretende modelar mediante la teoría de juegos y las redes sociales, cómo toman las decisiones de desplazamiento individuos que se encuentran en un contexto de guerra irregular. ¿Por qué las redes? Porque los individuos son sujetos que viven en sociedad y deben establecer vínculos con quienes los rodean, luego cada sujeto es un nodo y las relaciones que forman con sus vecinos son los vínculos. Este conjunto de nodos y vínculos, es lo que en la teoría se denomina una *red social*. ¿Pero por qué se forman los vínculos? Porque los sujetos reconocen que cuando trabajan colectivamente logran resultados más eficientes que cuando deciden actuar de forma aislada. Los vínculos que se forman dentro de una red social, garantizan que el proceso de toma de decisiones de cada individuo, arroje decisiones que le permitan sentirse seguro y, dentro de un contexto de guerra irregular, la seguridad es un sinónimo de eficiencia, pues siempre se estará tratando de maximizar la probabilidad de sobrevivir.

Mark Granovetter (1978) propone una alternativa para desarrollar modelos de comportamiento colectivo en donde los actores tienen dos alternativas y sus costos y beneficios dependen del número de actores que escojan una u otra, de ahí la importancia de considerar un umbral que defina la toma de decisiones de los agentes.

El aporte de Granovetter para este modelo está en la diferencia de los umbrales para diferentes sujetos lo cual explica que las acciones colectivas pueden tardarse y sean el resultado de varias rondas de elección; por ejemplo, un sujeto con un umbral alto en condiciones de incertidumbre, debe esperar las señales de aquellos que conocen el comportamiento de toda la red para tomar su decisión y, si su umbral no está satisfecho, la acción colectiva será entorpecida. Para este modelo sólo se considerarán, por simplicidad, dos tipos de individuos, uno con umbral alto y otro con umbral bajo, esto quiere decir que, *ceteris paribus* el número de cómplices en alguna estrategia, un sujeto de umbral bajo percibirá una probabilidad de sobrevivir más alta que uno de umbral alto.

Las preferencias de los jugadores estarán determinadas por la probabilidad que asignan a sobrevivir teniendo en cuenta unos umbrales de “*confianza*” que los conducirán a apoyar determinada acción, a esto se le ha denominado preferencias lexicográficas²: *él valora su supervivencia por encima de cualquier otro evento*.

La condición para formar una alianza estable con una organización armada es que ésta sea fruto de un proceso social basado en la coordinación entre los individuos de una vecindad, ya que ésta permitirá que un grupo considerable de sujetos

2 Las preferencias lexicográficas le permitirán al modelo explicar por qué las decisiones de los sujetos cambian en el tiempo según las condiciones del contexto, es decir, explican la formación de alianzas como una estrategia para garantizar la posibilidad de sobrevivir y permanecer en su territorio.

apoyen el control territorial de determinado grupo armado, generando seguridad y estabilidad; así la formación de alianzas se convierte en una alternativa óptima para todos.

Con base en esto, se desarrollarán una serie de conjeturas a las cuales los individuos acudirán cuando quieran formar una alianza con alguna organización. Estas conjeturas dependerán de la probabilidad de que determinada alianza sea estable, y por lo tanto, se minimice la probabilidad de que otro grupo armado tome el control de un territorio.

Este modelo puede clasificarse como un *juego dinámico con información imperfecta*, que arroja equilibrios bayesianos perfectos: los sujetos deberán apelar a las señales que les envíe un vecino que está conectado a todos los sujetos de la red, teniendo en cuenta que al ser su vecino puede reconocer sus umbrales y así podrá tomar decisiones acertadas. En momentos en los cuales un jugador no perciba un ambiente seguro para tomar sus decisiones porque sus preferencias y su umbral no coinciden con las preferencias y el umbral del “hub”, o individuo altamente conectado, apelará a la formación de conjeturas y, a través del equilibrio bayesiano perfecto tomará una decisión que sea coherente con sus preferencias, es decir, con la probabilidad de sobrevivir (Gibbons, 1993).

2. Un modelo con información imperfecta

Supuestos:

Partiendo de una situación de conflicto entre dos organizaciones armadas por el control sobre un territorio, el juego se desarrollará en dos instantes de tiempo (t , $t+1$) en un contexto en el que existe un conjunto finito K de posibles territorios que las organizaciones armadas entran a disputar. Las organizaciones se representan en el conjunto $J = \{j, -j\}$ y se caracterizan por presentar la misma efectividad inicial sobre el control de un territorio. Sin embargo, la colaboración de un individuo de la población, sin importar su tipo, genera un incremento marginal en dicha efectividad.

Los sujetos que actúan dentro del modelo cuentan con un espacio de estrategias para cada instante de tiempo: $S = \{s_t, s_{t+1}\}$. En particular, las estrategias para el primer período son *colaborar* y *no colaborar*, mientras que las de $t+1$ son *desplazarse* o *no desplazarse*.

$$\begin{array}{ll}
 S = \{s_t, s_{t+1}\} & \\
 s_t = \{C, NC\} \quad s_t \in S & \text{C: colaborar y NC: no colaborar} \\
 s_{t+1} = \{D, ND\} \quad s_{t+1} \in S & \text{D: Desplazarse y ND: no desplazarse}
 \end{array}$$

La decisión que tome un individuo en uno u otro instante dependerá de su umbral, es decir, del número de personas que requiera que realicen la misma acción que él planea llevar a cabo. Este modelo presenta dos tipos de individuos que se rigen por umbrales diferentes, uno de ellos requiere del apoyo de una gran proporción de sujetos y el otro de una proporción menor. Se presentará pues un conjunto T de tipos

conformado por sujetos con umbrales altos y umbrales bajos: $T = [t_a, t_p]$; en $t+1$ las decisiones colapsarán como resultado de las decisiones tomadas en t : los sujetos que decidieron colaborar con la organización armada j , decidirán desplazarse para evitar ser víctima de la violencia que ejercerá $-j$.

Los umbrales se encuentran determinados por el número de sujetos que un individuo debe observar, tal que ellos lleven a cabo la misma acción que él desea realizar. Los individuos requieren diferentes niveles de seguridad y, estos niveles están definidos por los beneficios que cada sujeto recibe por llevar a cabo una acción colectiva.

La proporción de individuos que un sujeto requiere que le acompañe en determinada acción colectiva, a saber colaborar o no hacerlo en la primera etapa, o de desplazarse o no en la segunda, está asociada con la probabilidad de ser víctima de un ataque, pues de ella depende que dicho sujeto se encuentre más o menos acompañado en la ejecución de alguna acción; esta probabilidad puede expresarse así:

$\rho'(v) = n_v/n$: n_v es el número de sujetos que habitan el territorio k en el instante t los cuales planean llevar a cabo la misma acción del sujeto que está tomando la decisión (*los cómplices*), n es el total de la población en un instante t , v hace referencia al posible evento de sobrevivir o no, de acuerdo con las acciones de todos los individuos de la red. $\rho'(v)$ es la proporción con la que se compara el umbral que tiene un sujeto, es decir, la proporción de individuos *cómplices*³ que requiere alguien antes de decidir *colaborar o no con la organización armada que dispute el control territorial*. A mayor número de coparticipantes menor será la probabilidad de ser víctimas de la violencia en el futuro ($1 - \rho'(v)$).

Un umbral de acción colectiva es un punto de inflexión en las decisiones de los individuos: para valores mayores o iguales al umbral, el sujeto tomará una decisión, y para valores menores a él tomará otra (Chwe, 1999). Retomando de Chwe la tradición de formar umbrales para llevar a cabo una acción colectiva, es decir, un equilibrio agrupador sobre una estrategia que resulte dominante para el grueso de la población, a cada tipo de individuos se le asignará un umbral a partir del cual tomará la decisión de colaborar o desplazarse dependiendo del contexto, creándose un orden de preferencias fijo sobre el número de personas requerido para realizar determinada acción.

El umbral de un individuo de determinado tipo puede definirse como la proporción de individuos del total de la población que un sujeto requiere como apoyo tal que deseen llevar a cabo la misma acción que él desea realizar⁴. El umbral para los sujetos tipo p es b , y el de los sujetos tipo a es d , donde $b < d$.

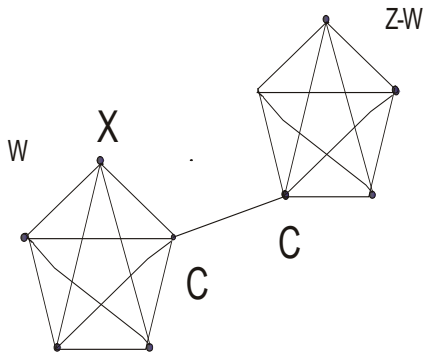
$$t_{at} \begin{cases} \text{Colabora si } \rho'(v) \geq d \\ \text{No Colabora si } \rho'(v) < d \end{cases} \quad \begin{array}{l} \rho'(v): \text{ es la proporción de individuos cómplices} \\ d: \text{ es una constante: } 0 \leq d \leq 1. \end{array}$$

$$t_{pt} \begin{cases} \text{Colabora si } \rho'(v) \geq b \\ \text{No Colabora si } \rho'(v) < b \end{cases} \quad \begin{array}{l} \rho'(v): \text{ es la proporción de individuos} \\ \text{cómplices} \\ b: \text{ es una constante: } 0 \leq b \leq 1. \end{array}$$

3 Se considera que un sujeto cómplice es aquél que ha decidido llevar a cabo la misma acción del sujeto que se encuentra decidiendo.

4 Es el número de sujetos cómplices que está dispuesto a tolerar.

Red Z



Supongamos una red fraccionada en dos componentes con un sólo vínculo conectándola⁵, y los nodos de este vínculo son un sujeto que pertenece a ambos componentes, es vecino de las dos *vecindades* y, puede ubicarse como dos nodos debido a que en cada uno es un sujeto socialmente aparte; este vínculo es conocido en teoría de grafos como *punte*: un vínculo débil que une dos componentes de una red, y el removerlo implicaría su fragmentación en dos componentes separados.

Recuérdese que la vecindad $\Gamma(v)$ del vértice v , es el subgrafo conformado por los vértices adyacentes a v (sin incluirse él mismo) (Watts,1999).

Dado que los sujetos están interesados en conocer cómo se encuentra conformada la red en que se encuentran, deciden tomar sus decisiones observando las acciones del individuo c que es el sujeto *punte* que c reconoce a cada sujeto de la red y sabe la acción que llevará a cabo. Esta situación no diverge de la realidad, pues en pueblos pequeños suelen existir sujetos que toman el liderazgo absoluto de las decisiones y las negociaciones de tipo territorial, político y económico, convirtiéndose en el único nodo que logra reconocer la estructura de la red. *Uno de los principales legados de este modelo es que el nodo x explota su vínculo directo con c , para hacerse una idea de la estructura de la red en la que habita.*

Supongamos que la red está conformada por un conjunto V de individuos y uno H de conexiones, y que la vecindad del individuo x es un subconjunto de Z llamado W , es decir, que la parte de la red que x no conoce es $Z-W$. Supongamos además que el umbral de x no está cubierto con la proporción de sujetos que apoyan su decisión *–colaborar o no colaborar–* que habitan en W .

$$Z = \{ V, H \} \text{ tal que } H \rightarrow V$$

$Z = \{ W, Z-W \}$, en donde cada uno son un subconjunto de nodos perfectamente conectados: $W, Z-W \subseteq Z$

Las poblaciones pueden ser heterogéneas respecto a su composición poblacional, es decir, pueden presentar distintos tipos de sujetos dentro de ellas; las proporciones de los sujetos de los diferentes tipos determinarán las acciones colectivas y el futuro de la población. Las posibles situaciones que pueden darse lugar se representarán mediante un conjunto que recoge cada una de las condiciones que darían origen a

⁵ El número de vínculos necesarios para conocer las acciones de toda la red es dos, retomando el legado de los mundos pequeños de Dodds y Watts, en el cual con menos de seis vínculos dos sujetos de cualquier parte del mundo pueden estar conectados.

una acción colectiva; luego existe un conjunto E , conformado por tres subconjuntos que representan diferentes tipos de eventos E_i con los rangos entre los cuales se considerarán las proporciones –umbrales– de sujetos cómplices frente a una acción dada dentro del territorio k (Samuelson, 2004)⁶.

$$\begin{aligned}\Omega &= \{E_1, E_2, E_3\} \\ E_1 &= \{b \leq \rho < d\}, E_1 \subseteq E \\ E_2 &= \{\rho \geq d\}, E_2 \subseteq E \\ E_3 &= \{\rho < b\}, E_3 \subseteq E.\end{aligned}$$

Se supondrá que todo individuo etiquetado como del tipo a decidirá **no colaborar con j** , si observa que dentro de la red existe una proporción menor a d de sujetos cómplices lo cual incrementa su probabilidad de ser víctima de la violencia ejercida por la organización j en el caso de decidir colaborar. Esto implica que un individuo *no colaborador* presenta un orden de preferencias que favorece su supervivencia y asigna una probabilidad alta a la desertión de j del territorio k , ya que considera que la presencia de j en k , no es estable. Ahora bien, un sujeto será etiquetado como de umbral bajo o del tipo b , si decide colaborar aun en presencia de una proporción baja de cómplices: $b \leq \rho'(v) < d \mid b < d$.

Como el objetivo es demostrar que el establecimiento de alianzas genera estabilidad en el control sobre los territorios, se diseñará un juego que exprese las decisiones de los diferentes tipos de sujetos sin caer en acciones colectivas *per se*, es decir, se permitirá un contexto en el cual sólo los sujetos de umbral bajo estén incentivados a llevar a cabo acciones colectivas, así podrán reconocerse las consecuencias en $t+1$ sobre éstos y sobre los de umbral alto, para observar cómo opera la racionalidad de los individuos en consecuencia a la distribución poblacional y a sus acciones en el pasado. Por esta razón se supondrá que la proporción de individuos *cómplices* es menor que la de *rebeldes*, es decir, que sea cual sea la acción que desee llevar a cabo un individuo, encontrará a más sujetos en contra que a favor de ella. La proporción de sujetos *cómplices* es suficiente para que los del tipo b decidan colaborar con j , pero no lo es tanto como para que los del tipo a decidan hacerlo también, por lo tanto se dirá que el juego se desarrolla en el contexto E_1 .

Salazar y Castillo (2003) plantean, al igual que en este trabajo, dos tipos de individuos que deben decidir entre desplazarse o no hacerlo catalogados como del tipo colaborador (C) o del tipo no colaborador (NC) con la organización armada j :

“Vamos a suponer que las organizaciones son de un tipo único: las que ejercen violencia ejemplar sobre una fracción de los civiles que han estado bajo el control del enemigo. El tipo único de cada organización armada deberá conjeturar, sobre la base del tipo de los civiles (colaborador o no colaborador con el enemigo), cuál será la más

⁶ No se consideraron estados del mundo como tales, ya que un estado del mundo es una condición estricta que puede estar contenida dentro de los diferentes eventos enunciados. Por ejemplo, $P_x(\rho = d) \subseteq E_2$

probable acción estratégica de estos (desplazarse o no desplazarse). Conjeturará, con probabilidad igual a 1, que los individuos de tipo C se desplazarán y optarán por la estrategia de no desplazarse con probabilidad cero. No sabrán, en cambio, cuál será la elección de los no colaboradores”. (Salazar y Castillo, 2003b, Pág 18).

Los individuos que participan en este modelo presentan una suerte de preferencias lexicográficas, lo cual implica que los sujetos siempre preferirán sobrevivir antes de ordenar las demás alternativas, pues de nada sirve maximizar el bienestar económico de un muerto. En ese sentido, un individuo preferirá llevar a cabo la acción x a y , si y sólo si, decidiendo x su probabilidad de sobrevivir es mayor a cierto umbral de aversión ρ_u determinado por la proporción $p(v)$ de *colaboradores* en la acción que el sujeto decida llevar a cabo. (Salazar y Castillo 2003).

$$x > y \Leftrightarrow u(x) > u(y) \text{ y } \rho_s^x > \rho_u$$

Para que la probabilidad de ser víctima no se incremente, es necesario que se genere una conciencia colectiva con respecto a la formación de alianzas a partir del análisis de los efectos que tiene sobre una población el que parte de ella decida colaborar con una organización y parte decida colaborar con la otra, así se fortalecerá el control de determinada organización sobre el territorio k y la población no deberá enfrentarse de manera iterada a la disyuntiva de tener que desplazarse o no hacerlo, esta conciencia se forma analizando las consecuencias de las acciones realizadas en el pasado.

Las alianzas se generan cuando los individuos de la población deciden colaborar con el grupo armado de turno, esta condición no siempre es inmediata porque depende en gran medida de la distribución poblacional en tipos que haya hecho la naturaleza en su jugada de reparto, pero como se demostrará en el siguiente juego, la experiencia que se genera después de haber decidido en la primera etapa, crea una tendencia explícita a formar alianzas para maximizar la probabilidad de sobrevivir, los sujetos tomarán conciencia de que *coparticipar* en acciones colectivas con sus vecinos es conveniente para llegar a una estabilidad social en la cual, o se forma una alianza con alguna organización armada, o simplemente se unen para no permitir que algún grupo armado tome el control del territorio k .

El objetivo del siguiente juego es demostrar que los individuos en un instante t tenderán a formar alianzas o alianzas entre sí o con cierta organización armada, con el fin de incrementar sus probabilidades de supervivencia, mantener su bienestar económico y evitar enfrentarse a la disyuntiva de desplazarse en el futuro.

3. El Modelo

Supongamos que un sujeto de umbral alto (tipo a) se encuentra ubicado en una estructura en la cual sólo reconoce dentro de sus vecinos un porcentaje de cómplices menor que d , por lo cual su umbral no se encuentra satisfecho y debe conjeturar con respecto a los demás sujetos de la red.

Lo ideal sería que los umbrales del sujeto x queden satisfechos en el momento de evaluar las decisiones de quienes habitan en su vecindad, de tal forma que para valores

mayores o iguales a su umbral el sujeto perciba el ambiente propicio para llevar a cabo la acción que tiene en mente, y para valores menores a él, desista de su intención. Sin embargo, esta condición no siempre es viable y el no identificar la estructura completa de la red impide conocer las acciones de toda la población, lo cual da origen a un juego de información imperfecta, basado en las conjeturas que realiza cada agente.

Si x es un sujeto del tipo a y encuentra en W toda la información relevante para tomar una decisión, significa que la proporción de sujetos que él requiere de apoyo se encuentra dentro de su vecindad. La necesidad de conjeturar surge cuando la proporción de cómplices encontrados dentro de la vecindad es menor al umbral del sujeto, es decir, es menor a d .

Si los umbrales del individuo quedan cubiertos con la información que percibe desde su vecindad, la predicción del modelo es la misma que la de un modelo con información perfecta; el problema surge cuando el umbral de complicidad no se encuentra cubierto con los sujetos que habitan en W , es en ese punto cuando debe empezar a conjeturar.

x logra reconocer el tipo del sujeto c a través de las señales que éste le envía, de esta forma si el sujeto c decide no colaborar con j , él decidirá no hacerlo tampoco pues sin importar el tipo de su vecino, reconocerá que el ambiente no es lo suficientemente confiable para él, ya que su umbral es alto. En cambio si la señal percibida es de complicidad deberá conjeturar, teniendo en cuenta que c puede ser del tipo p , y sólo requerirá una proporción $\geq b$ para decidir colaborar.

La necesidad de conjeturar surge cuando un individuo debe interpretar el estado general de la red basándose en las acciones de otro individuo mejor informado, pero con diferente umbral; para este caso en particular, un sujeto con un umbral alto está percibiendo que el individuo mejor informado desea, al igual que él, colaborar con la organización armada j , sin embargo, dado que el sujeto mejor informado tiene un umbral más bajo, su umbral puede no estar cubierto por las decisiones de los sujetos que acompañan a c —el individuo puente—, así que deberá actualizar sus probabilidades leyendo y conjeturando con base en las señales del sujeto bien informado.

A continuación se presenta una matriz que refleja la toma de decisiones de los sujetos tipo a , suponiendo que éste desea colaborar con la organización armada j y puede observar las señales del individuo c , el cual puede ser del tipo a o del tipo p .

Tabla 1. Cuadro de decisión de un Tipo a en Información Imperfecta

X	Tipo p		Tipo a	
	Cómplice	Rebelde	Cómplice	Rebelde
Conjetura	Desiste: No Colabora con j		Colabora con j	No Colabora con j

El individuo formula una conjetura ex post, es decir, basándose en las señales de su vecino bien informado, construirá la probabilidad de encontrarse en una red que satisface su umbral (Gibbons, 1993).

La conjetura se realizará por medio de la fórmula bayesiana de la siguiente manera:

$$p_c(E_2 | c) = \frac{p_c(c | E_2) p(E_2)}{p_c(c | E_2) p(E_2) + p_c(c | E_1) p(E_1) + p_c(c | E_3) p(E_3)}$$

$p_c(E_2 | C)$: la probabilidad de que c se encuentre en un evento como E_2 dado que está colaborando; recuérdese que c tiene un umbral bajo y quien conjetura, x , presenta un umbral alto.

$p_c(C | E_2)$: Es la probabilidad de que el sujeto c esté colaborando con la organización armada j dado que percibe que la proporción de sujetos que han decidido ser cómplices es mayor o igual que el umbral de los del tipo a . Esta probabilidad es uno ya que el umbral de c está cubierto.

$P(E_2)$: la probabilidad de que la proporción de cómplices sea mayor o igual al umbral de los del tipo a . Esta probabilidad depende de la jugada de reparto de la naturaleza, es decir, de la distribución poblacional entre cómplices y rebeldes.

$p_c(C | E_1)$: Es la probabilidad de que el sujeto c esté colaborando con la organización armada j dado que percibe que la proporción de sujetos que han decidido ser cómplices es menor que el umbral de los del tipo a , pero superior que el umbral de los del tipo b . Esta probabilidad es uno, ya que el individuo C siempre llevará a cabo la acción que tiene en mente –en este caso colaborar– si su umbral se encuentra cubierto.

$P(E_1)$: la probabilidad de que la proporción de cómplices sea menor al umbral de los del tipo a y mayor que el umbral de los del tipo b . Esta probabilidad depende de la jugada de reparto de la naturaleza.

$p_c(C | E_3)$: Es la probabilidad de que el sujeto c esté colaborando con la organización armada j dado que percibe que la proporción de sujetos que han decidido ser cómplices es menor que el umbral de los del tipo b . Esta probabilidad es cero ya que el umbral de c no se encuentra cubierto.

$P(E_3)$: la probabilidad de que la proporción de cómplices sea menor al umbral de los del tipo b . Esta probabilidad depende de la jugada de reparto de la naturaleza, es decir, de la distribución poblacional entre cómplices y rebeldes.

$$p_c(E_2 | c) = \frac{(1) P(E_2)}{(1)P(E_2) + (1)P(E_1) + (0)P(E_3)}$$

$$p_c(E_2 | c) = \frac{P(E_2)}{P(E_2) + P(E_1)} = Q^7$$

Dado que la conjetura indica que el ambiente para colaborar con la organización armada j depende la distribución poblacional en tipos, el sujeto que se encuentra actuali-

7 Para facilitar el análisis del umbral.

zando la probabilidad de formar una alianza estable con la organización armada j mediante la probabilidad bayesiana, deberá comparar este resultado con su umbral, con tal suerte que si Q es mayor o igual a d , el individuo x decidirá llevar a cabo la acción que tiene en mente –colaborar con la organización armada j – de lo contrario, se abstendrá.

Suponiendo que la probabilidad de que la proporción de cómplices sea menor al umbral de los del tipo p , $P(E_3)$, sea de 0.1; que la probabilidad de que la proporción de cómplices sea menor al umbral de los del tipo a y mayor que el umbral de los del tipo p , $P(E_1)$, sea de 0.4 y la probabilidad de que la proporción de cómplices sea mayor o igual al umbral de los del tipo a , $P(E_2)$, sea igual a 0.5, encontraremos que la probabilidad de que c se encuentre en un evento como E_2 dado que está colaborando es de 0.56; si el umbral del sujeto está por debajo de esta probabilidad, tomará la decisión de colaborar, de lo contrario preferirá no hacerlo.

Si el sujeto considera que puede lograr una alianza estable con j , la población del territorio k no tendrá que enfrentarse a desplazamientos masivos en el futuro, pues gran parte de ella estará fortaleciendo la efectividad militar de j , garantizando el control del territorio en la disputa con la organización armada $-j$ y sus adeptos.

Si x prefiere abstenerse de colaborar con la organización armada j y decide colaborar con $-j$, implica que todos los sujetos cómplices de la acción *colaborar* con la organización armada j , que son los individuos tipo p , deberán desplazarse en $t+2$; sin embargo, recuérdese que en los supuestos se enunció que la proporción de cómplices es menor que la de contradictores, luego la formación de una alianza estable con $-j$ es la decisión que garantizará la estabilidad social, económica y política del territorio k , pues una pequeña proporción de la población deberá desplazarse.

Ahora bien, si x es un sujeto de umbral bajo, la necesidad de conjeturar surge cuando el número de cómplices que se encuentran dentro de W es menor al umbral del sujeto tipo p . igual que en el caso anterior, la conjetura es necesaria porque el individuo debe interpretar el estado general de la red basándose en las acciones de otro individuo mejor informado, pero con un umbral más bajo; de esta forma, existe la posibilidad de que el individuo mejor informado pero más averso, prefiera no colaborar con la organización armada j , cuando el individuo de umbral más bajo tomaría la decisión contraria basándose en la misma proporción de sujetos colaboradores. Es por eso que el sujeto deberá actualizar sus probabilidades conjeturando con base en las señales del sujeto bien informado.

Nuevamente, el sujeto deberá tomar las señales enviadas por c para reconocer en qué contexto se encuentra y tomar una decisión. Partiendo del supuesto de que x desea colaborar con la organización armada j . La matriz que refleja la toma de decisiones de los sujetos de umbral bajo cuando percibe las señales del individuo c , que puede presentar un umbral bajo o alto, es la siguiente:

Tabla 2. Cuadro de Decisión de un Sujeto Tipo p en Información Imperfecta

C	Tipo p		Tipo a	
	Cómplice	Rebelde	Cómplice	Rebelde
Colabora con j	Desiste	Colabora con j	Conjetura	

La conjetura se realizará por medio de la fórmula bayesiana de la siguiente manera:

$$p_c(E_1|NC) = \frac{p_c(NC | E_1) p(E_1)}{p_c(NC | E_2) p(E_2) + p_c(NC | E_1) p(E_1) + p_c(NC | E_3) p(E_3)}$$

$p_c(E_1 | NC)$: la probabilidad de que c se encuentre en un evento como E_1 dado que no está colaborando; recuérdese que c es del tipo a y quien conjetura, x , es del tipo p .

$p_c(NC|E_1)$: Es la probabilidad de que el sujeto c no esté colaborando con la organización armada j dado que percibe que la proporción de sujetos que han decidido ser cómplices es mayor o igual que el umbral de los del tipo p aunque menor que el umbral de los del tipo a . Esta probabilidad es uno ya que el umbral de c no está cubierto, por lo cual no está dispuesto a formar una alianza con j .

$p_c(E_1)$: la probabilidad de que la proporción de cómplices sea mayor o igual al umbral de los sujetos de umbral bajo y menor que el umbral de quienes tienen umbral alto. Esta probabilidad depende de la jugada de reparto de la naturaleza, es decir, de la distribución poblacional entre cómplices y rebeldes.

$p_c(NC | E_2)$: Es la probabilidad de que el sujeto c no esté colaborando con la organización armada j dado que percibe que la proporción de sujetos que han decidido ser cómplices es mayor o igual que el umbral de los del tipo a . Esta probabilidad es cero ya que el umbral de c se encuentra cubierto y, por lo tanto, está dispuesto a formar una alianza con j .

$P_c(E_2)$: la probabilidad de que la proporción de cómplices sea mayor o igual al umbral de los del tipo a . Esta probabilidad depende de la jugada de reparto de la naturaleza, es decir, de la distribución poblacional entre cómplices y rebeldes.

$p_c(NC | E_3)$: Es la probabilidad de que el sujeto c no esté colaborando con la organización armada j dado que percibe que la proporción de sujetos que han decidido ser cómplices es menor que el umbral de los del tipo p . Esta probabilidad es uno ya que el umbral de c no se encuentra cubierto.

$P(E_3)$: la probabilidad de que la proporción de cómplices sea menor al umbral de los del tipo p . Esta probabilidad depende de la jugada de reparto de la naturaleza, es decir, de la distribución poblacional entre cómplices y rebeldes.

$$p_c(E_1|NC) = \frac{(1) p(E_1)}{(0) p(E_2) + (1) p(E_1) + (1) p(E_3)}$$

$$p_c(E_1 | NC) = \frac{P(E_1)}{p(E_1) + p(E_3)} = Q'$$

Nuevamente, la conjetura indica que el ambiente para colaborar con la organización armada j depende de la distribución poblacional en tipos, en particular de los eventos que son relevantes para la toma de decisiones de un sujeto del tipo p . El individuo que se encuentra actualizando la probabilidad de formar una alianza estable

con la organización armada j mediante la probabilidad bayesiana, deberá comparar este resultado con su umbral, luego si Q' es mayor o igual a b , el individuo x decidirá llevar a cabo la acción que tiene en mente –colaborar con la organización armada j – de lo contrario, se abstendrá.

Si un individuo del tipo p considera que puede lograr una alianza estable con j , mientras los del tipo a prefieren abstenerse, formar una alianza con j no será una decisión que garantice su estabilidad en el tiempo, pues la alianza con $-j$ tendrá más adeptos y podrá vencer en la disputa por el territorio k . La población del territorio k no tendrá que enfrentarse a desplazamientos masivos en el futuro, pues gran parte de ella estará fortaleciendo la efectividad militar de $-j$; sólo los sujetos que prefirieron colaborar con j , es decir los del tipo p , deberán desplazarse, pues colaboraron con la organización armada enemiga en el instante anterior, que ahora es la más débil.

4. Conclusiones

En un contexto de información imperfecta los individuos deben apelar a la elaboración de conjeturas para reconocer la topología de la red en la cual habitan, ya que sólo alcanzan a percibir una proporción de la misma y, ese conocimiento local no les resulta suficiente. Con este fin se ha diseñado un juego que se desarrolla en una red en la que los sujetos tienen la posibilidad de elaborar conjeturas a partir de las señales enviadas por un individuo con información perfecta, c , que se encuentra altamente conectado.

Cada individuo asocia las señales a su tipo, al tipo de su vecino (c) y a la probabilidad de que se encuentre en un contexto favorable para llevar a cabo la acción que tiene en mente. La probabilidad estará asociada a la posibilidad de que el sujeto que está decidiendo se encuentre en un evento E_i dentro del cual perciba la seguridad necesaria para llevar a cabo la acción que tiene en mente o, simplemente, desista de ella. Las cotas del evento estarán determinadas por los umbrales definidos para cada tipo de sujeto y la posibilidad de que surjan acciones colectivas. Una vez calculada esta probabilidad, el individuo decisor procederá a llevar a cabo la acción más coherente con sus preferencias y su umbral.

Observando los equilibrios que resultan de las conjeturas de individuos de diferentes tipos, se encontró una tendencia explícita de éstos a imitar las acciones que observan del nodo que se encuentra en el puente, siempre y cuando su tipo coincida con el de él. También se imitarán las acciones del sujeto c siempre que se esté considerando la estrategia *colaborar* y el individuo altamente conectado sea del tipo a , ya que si estos tienen su umbral cubierto, cualquier persona de la población lo tendrá cubierto también y estarán dispuestos a colaborar de manera colectiva.

Si la estrategia considerada es *no colaborar*, se imitará la acción del individuo altamente conectado cuando éste sea del tipo p , pues si aquél no siente un ambiente propicio para llevar a cabo una alianza con determinada organización armada, ningún miembro de la población se sentirá seguro tampoco.

Las anteriores situaciones confluyen hacia los mismos equilibrios agrupadores en ambas etapas del juego: en la primera etapa toda la población decidirá *colaborar* de

forma masiva con una sola organización armada, y en la segunda etapa, todos decidirán no desplazarse pues han encontrado estabilidad en el territorio *k*.

Individuos racionales, aprenderán que el “ausentismo social” los enfrentará sistemáticamente a la disyuntiva de desplazarse en el futuro, por eso los juegos aquí presentados evidenciaron que la formación de alianzas garantizará estabilidad social y económica para la población sometida a guerra irregular.

Bibliografía

- CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DOCUMENTACIÓN SOCIOECONÓMICA, CIDSE. (2002). “Investigaciones en Derechos Humanos con Énfasis en Desplazamiento Forzado. Fase II”.
- Chwe, M. S.-Y. (1999). “Structure and strategy in collective action”. *American Journal of Sociology*, Vol. 105. No.1. Pag. 128–156.
- Fishburn, P. (1974). “Axioms for Lexicographic Preferences”, en: *Review of Economic Studies*, Vol 20.
- Forero, E. (2003). “El Desplazamiento Interno Forzado en Colombia”.
- Galeotti, et al. (2006). “Network Games”
- Gibbons, R. (1993). “Juegos Dinámicos con Información Incompleta”, en *Un Primer Curso de Teoría de Juegos*, por Robert Gibbons.
- Granovetter, M. (1978). “Threshold Models of Collective Behavior”, en: *American Journal of Sociology*, Volumen 83, N° 6.
- Ibáñez, A. M y Querubín, P. (2004). “Acceso a Tierras y Desplazamiento Forzado en Colombia”. Documento Cede 2004-23.
- Kurtenbach, S. (2005). “Análisis del Conflicto en Colombia”. Documento de trabajo, Friedrich Ebert Stiftung.
- Salazar, B. y Castillo, M. P. (2003a). “Rationality, preferences and irregular war”, en: *Colombian Economic Journal*. Vol 1, N° 1.
- Salazar, B. y Castillo, M. P. (2003). “Guerra Irregular, Interacción Estratégica y Conjeturas: ¿Qué Esperan Ejércitos y Civiles?, Documento de Trabajo Cidse, N° 83. Universidad del Valle.
- Samuelson, L. (2004). “Modeling Knowledge in Economic Analysis”, en: *Journal of Economic Literature*. Vol. XLII
- Watts, D.J. (1999). “An Overview of the Small World Phenomenon”. *Small Worlds*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.