

# Un modelo de redes sociales para la deserción\*

María del Pilar Castillo y Boris Salazar\*<sup>□</sup>

## Resumen

Los miembros de las organizaciones armadas ilegales revelan su valor deserción en respuesta a los incentivos que establece el gobierno. Una vez un agente de una organización armada decide desertar, dependiendo del tipo de estructura, el contagio se pondrá en marcha, y el proceso de destrucción de la red local ocurrirá más o menos rápido. A través de un juego entre miembros de la organización ilegal y el gobierno, con los primeros como nodos de una red, mostramos que la velocidad del proceso de deserción depende de la estructura de la red y de los valores de deserción de sus miembros.

## Abstract

Members of an illegal armed organization reveal their desertion minimum values in reaction to the incentives offered by a government. Depending on the organization's network structure, the desertion of an individual member will unleash a contagion process that will destroy the local network at a varying speed. Staging a game between a government and the members of an illegal organization, connected through a network structure and on its members' minimum desertion values.

Palabras claves: *redes sociales, deserción, teoría de juegos*

---

<sup>□</sup> Este documento hace parte del proyecto Modelos de acción colectiva y georeferenciación del conflicto colombiano, financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones mediante Convocatoria Interna 2007.

<sup>□\*</sup> Profesores del Departamento de economía, Universidad del Valle ([macastil@univalle.edu.co](mailto:macastil@univalle.edu.co) [bosalazar@gmail.com](mailto:bosalazar@gmail.com)). Los autores agradecen los comentarios recibidos por los integrantes del Grupo Conflicto, Aprendizaje y Teoría de Juegos –Coaptar, y la ayuda de Diego Fernando Gómez en la edición de las ecuaciones en word.

## Introducción

Uno de los objetivos fundamentales de las partes de una guerra irregular es la destrucción de las redes sociales y organizativas del enemigo, y una de las dificultades mayores que enfrenta los Estados cuando intentan destruir las redes rebeldes es lograr la cooperación de miembros de esas redes en las tareas de detección, localización y eliminación de nodos importantes y, en general, en la transferencia de información con respecto a la estructura, planes y estado de las organizaciones rebeldes. Una de las formas más efectivas de hacerlo es a través de la creación de incentivos económicos, morales y de supervivencia para los miembros de las organizaciones alzadas en armas, unida a una fuerte presión militar. El problema que debe resolver el Estado es encontrar los incentivos correctos que permitan revelar las preferencias por desertión y espionaje de los miembros de las organizaciones armadas. Considérese el caso de una recompensa económica. Su monto debe ser tan alto que permita descubrir al menos un miembro para quien sea más altos los beneficios derivados de su acción que los costos en los que estaría incurriendo.

El supuesto detrás de las recompensas económicas es que *cada* miembro de la organización armada tiene un *valor mínimo* al cual estaría dispuesto a cambiarse de bando, traicionar a su organización y entregar información crucial al enemigo. Se supone, también, que nadie conoce, en principio, cuál es su *valor mínimo de desertión*. Éste sólo será *revelado* cuando los incentivos cumplan con su tarea descubridora: cuánto vale la lealtad de cada uno dependerá de qué tan bien sintonizados estén los incentivos con los valores de reserva (desconocidos para todos) de los individuos objetivo y de su posición en la organización.

En un mundo de confrontación ideológica pura, con grados de cohesión muy altos y un *valor mínimo de desertión infinito*, lograr cooperación interna, en la forma de espías o de informantes incrustados en la estructura rival, es un evento de casi imposible ocurrencia, casi un albur, causado por motivos personales difíciles de discernir en forma analítica. Las organizaciones musulmanas radicales son un buen ejemplo de organizaciones cuyos miembros tienen valores mínimos de desertión infinitos: no hay ningún precio que los haga cambiar de bando, pasar información al enemigo o traicionar en general a su organización y sus principios. Este valor mínimo de desertión está reforzado por su voluntad de morir en nombre de la causa que los mueve. Dicho de otra forma: el valor mínimo de desertión infinito y la voluntad de morir por la causa son dos caras de la misma moneda. Las dos excluyen la negociación. Y la segunda plantea un problema adicional para las teorías de la decisión racional: cuando está dispuesto a morir por la causa, no en abstracto, sino en una acción concreta, la amenaza contra su supervivencia, que puede contar en ciertas confrontaciones, desaparece y deja de tener todo efecto.

En el otro extremo están aquellas organizaciones con grados mínimos de cohesión y valores mínimos de desertión muy bajos, en las que cualquier miembro, situado en cualquier lugar de la jerarquía, está dispuesto a cambiar de bando, traicionar a sus camaradas y entregar información sobre la organización a cambio de beneficios privados o de incentivos económicos y judiciales concretos. Es el caso de las bandas de delincuencia común, de las organizaciones de narcotraficantes y, hasta cierto punto, de organizaciones paramilitares

(combinadas con las segundas), cuyos miembros siempre están dispuestos a encontrar el precio (medido en libertad, poder, disminución de penas judiciales) al cual traicionarán a sus colegas y asociados. Narrativas recientes [Tellez (2006), López (2008), Reyes (2007), Serrano (2007)] sobre los procesos de negociación de los narcotraficantes colombianos con el aparato judicial de los Estados Unidos y con la DEA, y todos los eventos de traición, asesinato y deslealtad asociados a ellos, permiten ver que *todos tienen un precio* y que el grado de cohesión de esas organizaciones es mínimo. Al parecer sólo los más estrictos lazos de sangre garantizan la existencia de un cierto grado de lealtad y de cohesión social en esos grupos. Los lazos de amistad y de colegaje pueden romperse con facilidad y, de hecho, se convierten en puentes o atajos para asegurar la traición y la deslealtad.

En medio de los extremos, están todas las combinaciones más realistas de cohesión interna y deserción. Hasta dónde predomine la estricta cohesión interna o la deserción depende de la percepción que tengan los miembros de la organización sobre su estado y sobre la evolución de la guerra. Esta percepción no es estática y no deja de cambiar con la transformación del estado de la guerra. Está relacionada, además, con los procesos de crecimiento de la organización, con sus métodos de reclutamiento, y con las estructuras de red dominantes. Cuando el crecimiento es muy rápido y los nuevos reclutas llegan sin ningún compromiso ideológico y sin vínculos con miembros antiguos de la organización y, además, las estructuras de red comienzan a volverse densas o a tener clusters a los que pueden acceder nuevos miembros o ser infiltrados por agentes externos, la probabilidad de encontrar miembros cuyos valores mínimos de deserción son finitos (incluso bajos) crece. Pero se trata de una combinación, no de un proceso generalizado de contagio.

En medio de procesos evidentes de deserción siempre habrá un núcleo básico que mantiene la cohesión social de la organización. Lo denominaremos el *núcleo duro de la organización*, y es el que garantiza que su cohesión social no caiga por debajo de un umbral mínimo necesario para preservarla frente a las acciones del enemigo. Supondremos que el valor mínimo de deserción de los miembros del núcleo duro es infinito.

En organizaciones de larga duración, el núcleo duro está conformado por los fundadores (si todavía viven), sus descendientes y familiares, los miembros de la segunda generación y sus familiares hasta llegar a la última generación. Entre todos ellos se generan nuevas relaciones y lazos de consanguinidad que hacen más fuerte y sólido el entramado del núcleo duro. Al núcleo pueden acceder, por méritos y por afinidades ideológicas miembros sin relación de consanguinidad con los miembros originales. Con el tiempo, sus familiares y colegas más cercanos dentro de la organización pasarán a ser miembros del núcleo duro. El supuesto más fuerte es que el valor mínimo de deserción de un miembro del núcleo duro es infinito y, por lo tanto, su probabilidad de desertar es cercana o igual a cero. En organizaciones como las Farc, agraria y conservadora, el núcleo duro es una familia extensa con fuertes relaciones de consanguinidad y familiaridad que garantizan la lealtad de sus miembros a la organización. Es obvio que la probabilidad de encontrar un valor mínimo que incentive la deslealtad o cambio de bando de un miembro del núcleo duro es casi cero.

Pero el núcleo duro de cualquier organización debe ser pequeño con respecto a la magnitud del resto de la membresía. Lo que interesa a los conductores de la guerra desde el Estado es encontrar los valores mínimos de deserción (o las ofertas ganadoras y superiores a ese valor mínimo) *de miembros con trayectorias que conduzcan a miembros del núcleo duro*. Nótese que no tienen que pertenecer al núcleo duro. Basta con que tengan relaciones con, o caminos que conduzcan a, miembros del núcleo duro. En situaciones agudas, esos vínculos tienden a romperse y el núcleo queda aislado del resto de la membresía. Sin embargo, la tarea de destrucción no deja de ser efectiva. Al encontrar los valores mínimos de deserción para miembros situados en distintas estructuras de la organización rebelde, el Estado puede avanzar en la destrucción de esas estructuras, destruyendo, de paso, puentes y enlaces entre ellas y contribuyendo a su desarticulación global.

Es indispensable hacer énfasis en los lazos que unen a la cohesión social con la probabilidad de encontrar trayectorias que conduzcan a la eliminación o detención de miembros del núcleo duro, incluso del mando, de la organización. La teoría de la cohesión social en redes [Moody y White (2003), White y Harare (2001), Markovsky (1998)] define cohesión estructural como *el mínimo número de actores que, si fueran removidos de un grupo, lo desconectarían*. Subyacente a esta definición formal está la idea intuitiva de que entre *más trayectorias* unan a dos miembros cualesquiera de una organización *menos vulnerable* será a ataques externos. De hecho, como lo plantea Markovsky (1998, pp. 345):

La organización de los vínculos de un grupo cohesivo debería ser distribuida a través del grupo en una forma relativamente uniforme. Esto implica la ausencia de cualesquier tipo de subestructuras que pudieran ser vulnerables, vía un pequeño número de "puntos de corte" que los cortara del resto de la estructura.

La intuición de Markovsky tiene una consecuencia estructural muy fuerte. Todo grupo que se desvíe del ideal de una estructura uniforme –con muchas trayectorias entre sus miembros y clusters, grado y conectividad uniformes y ausencia de puentes y de puntos de corte– sería más vulnerable entre más alejado se encuentre de esa estructura cohesionadora óptima. ¿Qué ocurriría con un grupo compuesto por un núcleo duro, de baja vulnerabilidad, y clusters y componentes vulnerables? Todo dependería del número y de la longitud de las trayectorias existentes entre el núcleo duro y el resto de militantes. Si hay el número suficiente de trayectorias entre los dos y si, además, estas trayectorias son más o menos cortas, la probabilidad de llegar a un miembro del núcleo duro, o de la dirección, a través de otros militantes crece en forma dramática, abriendo el camino hacia la deserción y la eliminación de líderes y jefes y hacia la destrucción de sus planes. Es decir, una vez que una organización se desvía de la estructura óptima, la existencia de muchas trayectorias entre el núcleo duro y el resto se convierte en un talón de Aquiles. Peor aún: la existencia de *al menos una trayectoria entre un desertor, o un desertor potencial, y el núcleo duro incrementa la probabilidad de deserción* y el valor del incentivo que podría pedir en su negociación con los agentes del Estado. Incluso aunque no hubiera un núcleo duro, la existencia de trayectorias entre miembros de la organización y de valores de deserción no infinitos abre el espacio para los incentivos a la deserción. Nuestra hipótesis es que el Estado intenta descubrir las trayectorias que conducen hacia miembros del núcleo duro y de

la dirección a través de encontrar, en la periferia o en zonas intermedias, los desertores que hacen parte de esas trayectorias.

El texto está organizado en cinco secciones. La primera es la presente introducción. La segunda analiza el por qué los agentes revelan sus preferencias por desertión. La tercera presenta un modelo de incentivos en red. La cuarta introduce y discute los equilibrios a los que se llega cuando se inicia el proceso de desertión, y la quinta, las conclusiones.

### **Revelación de preferencias por desertión**

En el modelo que vamos a presentar ahora una organización estatal intenta destruir las redes de una organización rebelde a través de la creación de incentivos económicos, morales y vitales que conduzcan a los miembros de la segunda a revelar sus verdaderas preferencias por desertión. Los rebeldes están organizados en estructuras de red, con un núcleo duro de difícil acceso desde el exterior, y con muchas estructuras (bloques, frentes, guerrillas, escuadras) de acceso menos difícil desde el exterior. La idea central del plan del Estado es encontrar *cuánto vale un vínculo entre un miembro de los rebeldes y el Estado* y, en consecuencia, *cuál es el incentivo para que un soldado rebelde rompa su vínculo con la organización y abra uno nuevo con el Estado*. Esta idea central tiene una variante más sofisticada y de más difícil concreción: mantener espías o informantes dentro de la organización rebelde. En estos casos, el problema es cuánto vale que un soldado rebelde mantenga ambos vínculos con un alto riesgo de ser descubierto y de morir a manos de sus camaradas.

Cuando hablamos de *valor* estamos hablando de intercambios que no siempre incluyen cantidades de dinero. Un intercambio puede ser entre la vida de un familiar (hijo o hija, por ejemplo) de un rebelde, de un lado, y su paso de información al Estado o su desertión, del otro. O la promesa de libertad y de una vida nueva en la ciudad a cambio de la desertión o de información valiosa para el Estado. Haya o no haya dinero de por medio, siempre hay un intercambio y un valor mínimo de desertión definiendo la situación de los agentes comprometidos.

El Estado envía una lista de señales que representan  $L$  incentivos  $I = (I_1, \dots, I_L)$ , suponiendo que hay una lista de  $n$  valores mínimos de desertión  $(v_1, v_2, \dots, v_n)$  en los rebeldes, lo suficientemente amplia como para que emerjan pares de incentivos y de valores mínimos "correctos". Es decir, que para cada *tipo* de miembro rebelde  $(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$  debería haber un incentivo que lo haga revelar su valor mínimo de desertión y crear un par  $(I_i, v_i)$  que *revela* el valor de reserva por desertión de los miembros de la organización "alcanzables" por los incentivos. El valor del incentivo correcto no tiene por qué ser igual al valor mínimo de reserva. En realidad, los individuos propensos a desertar esperarán hasta recibir ofertas que estén por encima de su valor mínimo. Recuerden que no hay un único valor de reserva por desertión y que los miembros del núcleo duro o, incluso individuos que no lo son, tienen un valor de reserva por desertión infinito. La efectividad de la lista de incentivos para captar los tipos correctos de individuos depende de qué tan diversa sea.

En un momento del tiempo cada rebelde sólo estará conectado a un cierto grupo de camaradas que conformarán su vecindad. La intuición es sencilla: cada rebelde está dentro de una estructura limitada que, aunque hace parte del conjunto de la organización, tiene más relaciones *por dentro* que por fuera de ella. Esa estructura puede ser una célula, una escuadra, una guerrilla o un frente. Las decisiones de cada individuo dependerán de sus ganancias propias y de las acciones de los miembros de su vecindad, es decir, de aquellos que están a distancia 1. La lógica es la siguiente: cada vez que un miembro de una vecindad encuentra su valor mínimo de desertión, o una oferta superior y ganadora, y deja a la organización, los demás miembros lo saben y reconsideran su decisión anterior de no desertar teniendo en cuenta la nueva información disponible.

### Un modelo de incentivos en red

Sea  $G^t$  una red formada por nodos y vínculos en el periodo  $t$ . Sea  $N = \{1, \dots, n\}$  el conjunto de nodos, en el que cada nodo es un agente y  $E = \{(i, j) \mid g_{ij} = 1 \text{ con } i \neq j\}$  el conjunto de vínculos. Cada  $i$  tiene al menos un vínculo no dirigido con otro agente de la red, de forma que se puede crear una trayectoria entre cualquier par de agentes  $i, j \in N$ , haciéndola una red conexa. Sea  $v_i^t = \sum_{k \in N_i} v_i^k$ , en el que  $v_i^k \geq 0$ , es la valoración que tiene el agente  $i$  sobre su vínculo con el agente  $k$  en el periodo  $t$ . Esta valoración está definida por su posición en la red. Sea  $I$  el sistema de incentivos que ofrece el gobierno a los  $i$  agentes de la red  $G$  para que rompan sus vínculos con la organización.  $I$  es el vector con  $L$  elementos finitos  $I = (I_1, \dots, I_p, \dots, I_L)$  y  $V$  el conjunto de valoraciones de los  $i$  agentes que pertenecen a  $N$ . Cada agente conoce el sistema de incentivos que ofrece el gobierno, su propia valoración y la función que asigna a cada valoración un único incentivo. Por tanto, la función  $f: V \rightarrow I$  se define como la que asigna a cada valoración  $v_i$  un incentivo mínimo para desertar,  $I_i$ .

En términos monetarios el incentivo elegido debe cumplir la *condición mínima de racionalidad*  $I_i \geq v_i$ . Suponga ahora que romper el vínculo o desertar es costoso. El costo  $c$  dependerá del número de conexiones que tenga ese agente dentro de la organización. Sea  $c_i = \sum_{k \in N_i} c_i^k$ , en el que  $c_i^k$  es el costo para  $i$  de romper su vínculo con  $k$ . Es decir, entre más alto sea el número de conexiones de un agente, mayor será el costo  $c_i$  de romper vínculos. Más aún: si tuviéramos en cuenta todas las trayectorias que pasan por el agente y que conducen hacia otros miembros de la organización, incluso hacia miembros de las estructuras de dirección, el costo de desertar se incrementaría con el número de trayectorias que pasan por él.

### ¿Qué es lo que deciden los agentes?

Cada agente  $i$  es elegido en forma aleatoria y toma la decisión de romper o conservar su vínculo con la organización. Esta decisión, vista de manera individual, estaría sujeta al sistema de incentivos que ofrece el gobierno, a sus valoraciones y costos. Sin embargo, al estar los agentes en una organización –representada por una estructura en red– sus decisiones están determinadas también por las acciones que han emprendido sus vecinos en el pasado. Si un agente se enfrenta a tomar su decisión sabiendo que sus vecinos han desertado, su valoración cae y la probabilidad de desertar aumenta (él agente no sabe si su vecino lo delató). Dado que cualquier agente conoce las decisiones que han tomado sus vecinos en periodos anteriores, se crea una medida que capta los efectos del cambio en la estructura con respecto a la estructura original. El número de agentes pertenecientes a la red de una organización armada, serán denotados por  $N$  y el cardinal de este conjunto no cambiará en el modelo. Si el agente es llamado a elegir en el periodo  $t+k$ , contará cuántos miembros de la red han desertado hasta el momento  $t+k-1$  y cuántos de ellos eran sus vecinos. Sea  $F_i^{t+k-1} = \{j \in N : A_j^{t+k-1} = D\}$  el conjunto de agentes que pertenecen a  $N$  que desertaron en  $t+k-1$ , es decir, los  $j$  que decidieron elegir  $D$  en periodos anteriores. El conjunto  $N_i^{t+k-1} = \{j \mid g_{i,j} = 1 \text{ para todo } j \neq i : A_j^{t+k-1} = D\}$  define el conjunto de vecinos de  $i$  que desertaron. Sea  $\delta_i^{t+k-1}$  el efecto que tiene sobre el agente  $i$  la deserción de agentes de su red (vecinos y no vecinos), se mide como la fracción de desertores que abandonó a la organización en el periodo anterior:

$$\delta_i^{t+k-1} = \left\{ \frac{|F_i^{t+k-1}|}{N} \right.$$

El segundo elemento es el efecto que sobre el agente tiene la deserción de un vecino. Sea  $\gamma_i^{t+k-1}$  la proporción de sus vecinos que estuvieron en el conjunto de deserción:

$$\gamma_i^{t+k-1} = \begin{cases} \frac{1}{|N_i^{t+k-1}|}, & \text{cuando al menos un vecino desertó en caso contrario} \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Supongamos que  $A_i = \{\text{romper el vínculo } (D), \text{ no romperlo } (ND)\}$  es el conjunto de acciones del agente  $i$ . El agente  $i$  decide romper el vínculo si:

$$\prod_i^{t+k} (D | I, v_i, c_i) \geq \prod_i^{t+k} (ND | I, v_i, c_i)$$

El pago de romper el vínculo o de desertar se define como:

$$\prod_i^{t+k} (D | I, v_i, c_i) = f(v_i) - (1 - \delta_i^{t+k-1} - \gamma_i^{t+k-1})c_i = I_i - (1 - \delta_i^{t+k-1} - \gamma_i^{t+k-1})c_i$$

Cuando un agente deserta se ven afectados tanto sus pagos, como los pagos de quienes permanecen en la red. Se define, por tanto, un pago para los que quedan en la red una vez ocurre la deserción:

$$\prod_i^{t+k}(G) = (\rho_i - \delta_i^{t+k-1} - \gamma_i^{t+k-1})B_G - C_G$$

En el que  $\rho_i$  es el número de vínculos en su red,  $B_G$  y  $C_G$  son los beneficios y costos asociados a mantenerse en red, respectivamente, con  $B_G > C_G$ . El beneficio del agente  $i$  en la red está relacionado positivamente con el número de vínculos que tiene. A medida que él pierda vínculos, a través de la deserción de sus vecinos, su pago cae. Si un agente queda aislado el pago es 0.

### ¿Qué ofrecen los desertores?

Vamos a introducir una idea simple para modelar el comportamiento de los individuos en una red bajo ataque. Para que se produzca el emparejamiento entre el incentivo del gobierno y el tipo del rebelde, debemos introducir el concepto de *esfuerzo*. Es decir, a cada incentivo debe corresponder un cierto tipo de esfuerzo por parte de los guerrilleros que desertan. Entre mayor sea el esfuerzo (medido por la *importancia* de la información entregada) mayor la recompensa. El esfuerzo puede representarse también por el poder de intermediación (el número de trayectorias que pasan por el agente) o el grado del individuo (número de vínculos incidentes sobre él) en la red. Por esa misma razón, entre mayor sea el esfuerzo asociado a los desertores, mayor el daño sobre la estructura de la red infiltrada y mayor la probabilidad de que los individuos restantes también opten por la deserción –a menos, claro, que pertenezcan al núcleo duro de la organización.

La clave de la interacción está en que el gobierno, o las fuerzas de seguridad, sean capaces de detectar y revelar –a través de la presentación de ofertas cercanas, o superiores, a los valores de reserva de individuos situados en posiciones de privilegio en la organización infiltrada– la mayor cantidad de información posible. Cuando el valor ofrecido por el Estado es compatible con las aspiraciones de un miembro con alto grado de conectividad, o de intermediación (acceso a un mayor número de combatientes y de estructuras), el golpe al enemigo será mayor.

Definimos la función  $h: I \rightarrow E$  como la que asigna a cada incentivo un esfuerzo del agente desertor. De forma que la relación compuesta entre las funciones  $f$  y  $h$  hace que el esfuerzo de este individuo esté relacionado con su valoración:  $h(f(v_i)) = e_i$ . En la interacción con el gobierno, el individuo  $i$  intercambia su  $e_i$  por un incentivo  $I_i$ . El gobierno observa  $e_i$  y decide si acepta el arreglo propuesto, y entrega la recompensa, o no lo acepta. La decisión del gobierno depende de cómo valora la información que le está ofreciendo el individuo y qué tan creíble es, en términos de si logra desarticular la organización, si pone en peligro su estructura o si permite llegar a otros nodos importantes dentro de la ella.



Por tanto, los pagos del gobierno están determinados por la información que reciben de los posibles desertores.

Supongamos que  $A_g = \{\text{Aceptar } (A), \text{ No aceptar } (NA)\}$  es el conjunto de acciones del gobierno  $\mathcal{G}$ . El gobierno  $\mathcal{G}$  decide aceptar si:

$$\prod_g^{t+k}(A|e_i) \geq \prod_g^{t+k}(NA|e_i)$$

Definimos el pago de aceptar:

$$\prod_g^{t+k}(A|e_i) = (1 + \lambda^{t+k-1})g(f(v_i)) + \beta^{t+k}B - I_i = (1 + \lambda^{t+k-1})e_i + \beta^{t+k}B - I_i$$

en el que  $\lambda^{t+k-1}$  es un parámetro que representa la efectividad de la política de incentivos, es decir, mide el número de deserciones que han contribuido a debilitar la estructura de la organización ilegal. Sea  $\lambda^{t+k-1}$  la proporción entre el número de deserciones efectivas (debería reflejar la calidad de las deserciones) en  $t+k-1$  y el máximo número de deserciones posibles,  $B$  el beneficio que recibe el gobierno si el agente crea *componentes* (mayor estructura conexas de un grafo) con su decisión de desertar, y  $\beta$  es un parámetro que toma el valor del número de componentes resultantes a consecuencia de la remoción de un nodo o de un conjunto de nodos, y el valor 0 si no crea ningún componente. Por último,  $I_i$  es el incentivo que paga el gobierno al agente  $i$ .

La intuición detrás del pago del gobierno es directa: *no todos los guerrilleros son iguales*. La importancia de cada uno depende de su *posición* en la red. Entre más contactos tenga un guerrillero, entre más información pase por sus manos y entre más personas se relacionen debido a su intermediación, más importante será su papel en la organización y más fuertes, también, las consecuencias de su deserción. Una forma de medir la importancia de un miembro de una organización es contar el número de componentes que aparecen por efecto de su remoción. Entre más componentes aparezcan, más decisivo el papel de ese individuo, o conjunto de individuos, en la cohesión de la estructura bajo ataque. Unas pocas definiciones formales permitirán ver con mayor claridad de dónde proviene la importancia relativa de los individuos en una red.

**Definición 1** *Un conjunto de corte es un conjunto  $X \subset N - \{i, j\}$  cuya remoción de  $G$  deja a  $i$  y  $j$  en componentes distintos.*

Piensen ahora en una red en la que un individuo (nodo) es el jugador clave. En este caso, la estrategia de remover al conjunto de corte deviene remover a un *punto de corte*: *aquel individuo cuya remoción desconecta la red en al menos dos componentes.*

**Definición 2** *Un punto de corte es un nodo  $N - \{i\}$  cuya remoción de  $G$  genera al menos dos componentes.*

Imaginen ahora que el vínculo entre dos individuos es lo que mantiene conectados a los demás miembros de una red. Tal vínculo es conocido como un puente y su remoción conduce a la aparición de al menos dos componentes.

**Definición 3** *Un puente es un vínculo  $E - \{ij\}$  cuya remoción de  $G$  desconecta a la red.*

### El juego

Consideren ahora un juego entre dos jugadores, en el que uno representa al agente  $i$  de la organización rebelde y el otro al gobierno. El primero es un nodo en una estructura de grafo definida. El juego entre el agente  $i$  y el gobierno es de información completa y perfecta por etapas, cada jugador cuenta con un sólo conjunto de información. En la primera etapa el agente  $i$  decide, de acuerdo a su valoración, si deserta o no. Si decide desertar, deberá elegir el nivel de esfuerzo  $e_i$  que entregará al gobierno. Después de observar esta decisión, el gobierno, en la segunda etapa, decide si acepta o no dar el incentivo a cambio de  $e_i$ . Los resultados de las decisiones de estos agentes modifican la estructura de la red y ésta se va transformando a lo largo del juego.

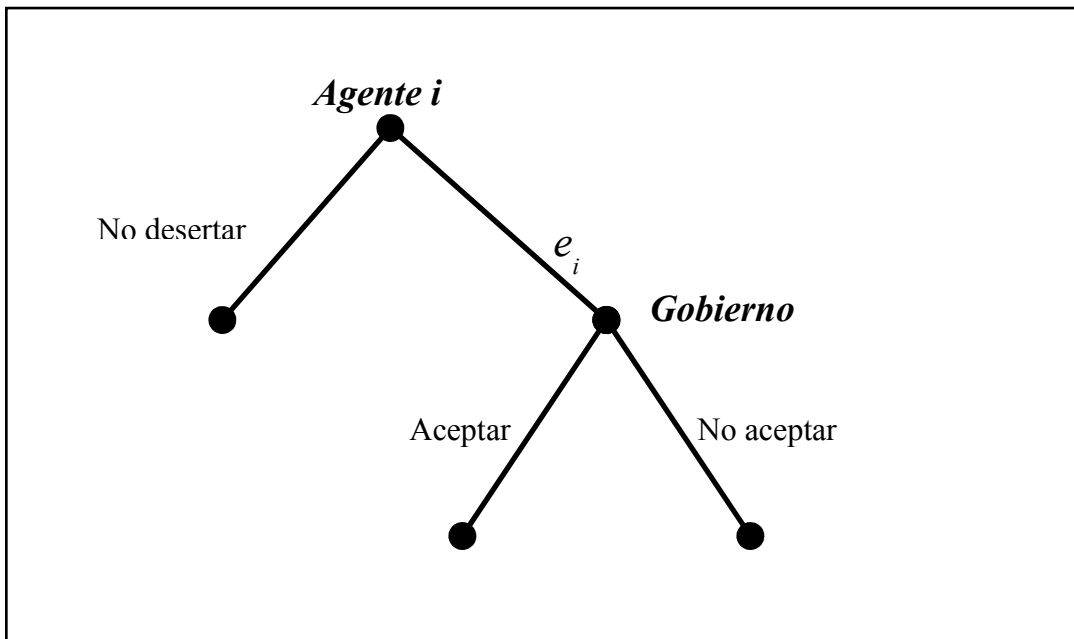


Figura 1. Esquema del juego

### Tipos de estructuras

Consideren tres estructuras sencillas (figura 2). La primera es un grafo cíclico de máxima densidad en el que cada agente tiene el mismo número de conexiones, y todos están conectados con todos. La segunda estructura es acíclica, tiene forma de estrella, siendo el nodo 2 el de mayor centralidad dentro del grafo. La tercera estructura es un grafo conectado que puede ser leído como la estructura resultante de unir los grafos 1 y 2.

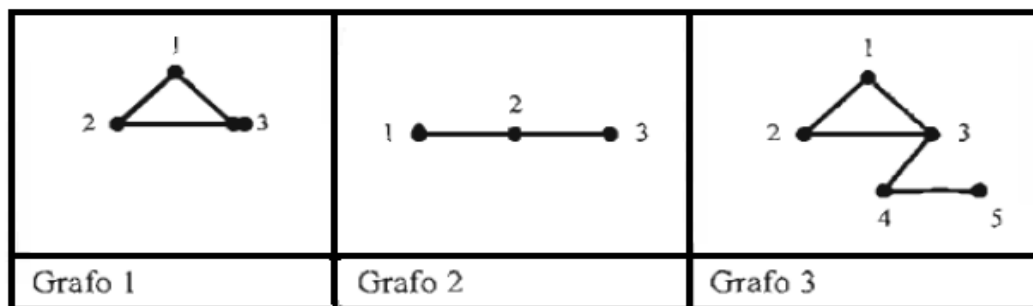








Figura 2. Tipos de estructuras

### Transformación de las estructuras

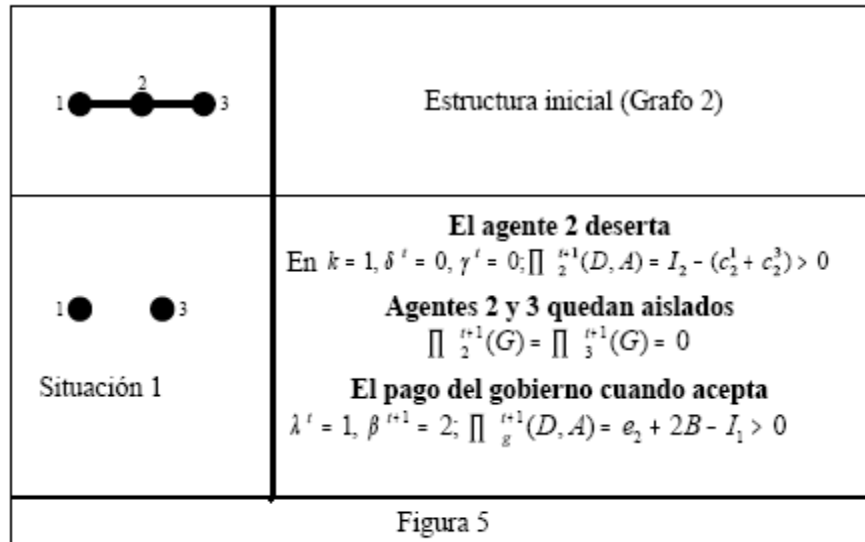
En los cuadros siguientes se presentan las transformaciones experimentadas de las estructuras cuando uno de los jugadores empieza el proceso de desertión. En el grafo 1, dado el tipo de estructura elegida, cualquier agente que deserte dejará un subgrafo de dos nodos conectados por un sólo vínculo (Fig 3, situación 1). Suponga que el agente 1 es quien inicia el proceso. Si el gobierno acepta, al desertar 1 rompe sus vínculos con 2 y 3, dejando un subgrafo de dos nodos. En la ronda siguiente (situación 2) cualquiera de los nodos conectados terminará siendo un nodo aislado. El resultado es el mismo si 2 o 3 son los que inician el proceso. Por el tipo de estructura, la decisión de desertar de cualquier agente afecta de igual forma el grafo. En los pagos de 2 y 3 se observa una disminución del beneficio, producto de la desertión del jugador 1.

Pagos de los agentes	
	<p>Estructura inicial (Grafo 1)</p>
 <p>Situación 1</p>	<p><b>El pago del agente 1 cuando deserta:</b>  <math>k = 1, \delta^t = 0, \gamma^t = 0; \prod_1^{t+1}(D, A) = I_1 - (c_1^2 + c_1^3) &gt; 0</math></p> <p><b>Los pagos de los agentes 1 y 2 en la red:</b>  <math>\delta^{t+1} = \frac{1}{3}, \gamma^{t+1} = \frac{1}{2}</math></p> $\prod_2^{t+1}(G) = \prod_3^{t+1}(G) = (2 - \frac{1}{3} \frac{1}{2}) B_G - C_G$ <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^t = 0, \beta^{t+1} = 0; \prod_g^{t+1}(D, A) = e_1 - I_1 &gt; 0</math></p>
 <p>Situación 2</p>	<p><b>El agente 2 deserta</b>  En <math>k = 2, \delta^{t+1} = \frac{1}{3}, \gamma^{t+1} = \frac{1}{2}</math></p> $\prod_2^{t+2}(D, A) = I_2 \frac{1}{3} c_2^3 > 0$ <p><b>El pago del agente 3 en la red</b>  <math display="block">\prod_3^{t+2}(G) = 0</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^{t+1} = 0; \beta^{t+2} = 0; \prod_g^{t+2}(D, A) = (1 + \frac{1}{2}) e_2 - I_2 &gt; 0</math></p>
<p>Figura 3</p>	

El grafo 2 (Fig. 4) es una estructura simple, en línea, de tamaño 3: La desertión del agente 1 deja un componente de tamaño 2 (Figura 4, situación 2). Lo mismo ocurrirá si es el agente 3 quien deserta. En esta estructura quien inicia el proceso es el nodo 1. En la segunda ronda,  $k = 2$ , el agente 2 deserta y convierte a 3 en un nodo aislado.

	<p>Estructura inicial (Grafo 2)</p>
 <p>Situación 1</p>	<p><b>El agente 1 deserta</b>            En <math>k = 1, \delta^t = 0, \gamma^t = 0; \prod_1^{t+1}(D, A) = I_1 - c_1^2 &gt; 0</math></p> <p><b>Los agentes 2 y 3 permanecen en la red</b>  <math>\delta^{t+1} = \frac{1}{3}, \gamma^{t+1} = 1; \prod_2^{t+1}(G) = (2 - \frac{1}{3})B_G - C_G</math>  <math>\prod_3^{t+1}(G) = (1 - \frac{1}{3})B_G - C_G</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^t = 0, \beta^{t+1} = 0; \prod_g(D, A) = e_1 - I_1 &gt; 0</math></p>
 <p>Situación 2</p>	<p><b>El agente 2 deserta</b>            En <math>k = 2, \delta^{t+1} = \frac{1}{3}, \gamma^{t+1} = \frac{1}{2}; \prod_1^{t+2}(D, A) = I_2 - \frac{1}{8}c_2^3 &gt; 0</math></p> <p><b>El pago del agente 3</b>  <math>\prod_3^{t+2}(G) = 0</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^{t+1} = 0; \beta^{t+2} = 0; \prod_g^{t+2}(D, A) = (1 + \frac{1}{2})e_1 + B - I_1 &gt; 0</math></p>
<p>Figura 4</p>	

En la Fig. 5, el agente 2 es quien inicia el proceso. Por la posición central que tiene 2 en la estructura, al desertar crea una situación de nodos aislados y de destrucción total de la red. En estructuras tipo estrella, se requiere de una sola deserción (la del agente central) para acabar con la organización.



En el tercer grafo de la Fig. 6, situación 1, si 1 es el primero en desertar la estructura resultante se mantiene unida. Igual ocurre con la deserción de 2 y 5: la estructura emergente no deja de mantener su cohesión. De hecho, es la ruta de deserción menos efectiva posible. En la segunda ronda deserta 2 y esta decisión hace que 3 deje de ser un nodo central en la organización (ya para la segunda ronda ha perdido dos vínculos) mientras que 4 se convierte en el nodo central del nuevo subgrafo. Esto se nota en que, en la segunda ronda, la deserción de 3, no logra desintegrar la red (Fig. 6, situación 3). En última ronda,  $k = 3$ , 4 deserta dejando a 5 como nodo aislado.

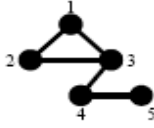




	<p>Estructura inicial (Grafo 3)</p>
 <p>Situación 1</p>	<p><b>El agente 1 deserta</b>                      En <math>k = 1, \delta^t = 0, \gamma^t = 0; \prod_1^{t+1}(D, A) = I_1 - (c_1^2 + c_1^3) &gt; 0</math></p> <p><b>El pago de los agentes 2,3,4 y 5 en la red</b>  <math>\prod_2^{t+1}(G) = (2 - \frac{1}{3}\frac{1}{2})B_G - C_G</math>  <math>\prod_3^{t+1}(G) = (3 - \frac{1}{3}\frac{1}{3})B_G - C_G</math>  <math>\prod_4^{t+1}(G) = (2 - 0)B_G - C_G</math>  <math>\prod_5^{t+1}(G) = (2 - 0)B_G - C_G</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^t = 0, \beta^{t+1} = 0; \prod_g^{t+1}(D, A) = e_1 - I_1 &gt; 0</math></p>
 <p>Situación 2</p>	<p><b>El agente 2 deserta</b>                      En <math>k = 2, \delta^{t+1} = \frac{1}{3}, \gamma^{t+1} = \frac{1}{3}, \prod_2^{t+2}(D, A) = I_2 - \frac{3}{5}c_2^3 &gt; 0</math></p> <p><b>Los pagos de los agentes 3,4 y 5 en la red</b>  <math>\prod_3^{t+2}(G) = (3 - \frac{2}{3}\frac{2}{3})B_G - C_G</math>  <math>\prod_4^{t+2}(G) = (2 - \frac{2}{3}0)B_G - C_G</math>  <math>\prod_5^{t+2}(G) = (1 - \frac{1}{3}0)B_G - C_G</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^{t+1} = 1; \beta^{t+2} = 0; \prod_g^{t+2}(D, A) = 2e_2 - I_2 &gt; 0</math></p>
 <p>Situación 3</p>	<p><b>El agente 3 deserta</b>                      En <math>k = 3, \delta^{t+2} = \frac{2}{3}, \gamma^{t+2} = \frac{2}{3}, \prod_3^{t+3}(D, A) = I_3 - \frac{1}{3}c_3^4 &gt; 0</math></p> <p><b>Los pagos de los agentes 4 y 5 en la red</b>  <math>\prod_4^{t+3}(G) = (2 - \frac{2}{3}\frac{1}{2}0)B_G - C_G</math>  <math>\prod_5^{t+3}(G) = (1 - \frac{1}{3}0)B_G - C_G</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^{t+2} = 2; \beta^{t+3} = 0; \prod_g^{t+3}(D, A) = 3e_3 - I_3 &gt; 0</math></p>
 <p>Situación 4</p>	<p><b>El pago del agente 4 que deserta</b>                      En <math>k = 4, \delta^{t+3} = \frac{3}{3}, \gamma^{t+3} = \frac{1}{3}, \prod_4^{t+4}(D, A) = I_4 - \frac{1}{3}c_4^5 &gt; 0</math></p> <p><b>El pago del agente 5 en la red</b>  <math>\prod_5^{t+4}(G) = 0</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^{t+3} = 3; \beta^{t+4} = 0; \prod_g^{t+4}(D, A) = 4e_4 - I_4 &gt; 0</math></p>

Figura 6

En esta estructura (Fig. 7) quien decide desertar es el agente 3. Su decisión genera dos componentes de igual tamaño (situación 1). Aquí es removido, en primer lugar, el nodo 3 – el más importante de la red. Es razonable suponer que el incentivo ofrecido por el gobierno fue suficiente para revelar el tipo del agente situado en ese nodo y lograr un acuerdo de deserción con él. Una vez removido 3 los costos de deserción, para cualquiera de los cuatro individuos que permanecen en los dos componentes, deberán caer hasta  $c_1$ . Incluso la deserción podría ser simultánea, dada la caída en los costos y la pérdida del canal de comunicación en manos de 3. El segundo cuadro permite ver los efectos diferenciados sobre la estructura de la red, y sobre los pagos de ambas partes, de la deserción de individuos situados en distintas posiciones. Si deserta 3, se forman dos componentes (Fig. 7, situación 1) y  $\beta = 2$ .



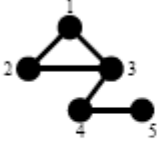


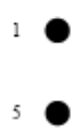
	<p>Estructura inicial (Grafo 3)</p>
 <p>Situación 1</p>	<p><b>El agente 3 deserta</b>          En <math>k = 1, \delta^t = 0, \gamma^t = 0; \prod_3^{t+1}(D, A) = I_3 - (c_3^1 + c_3^2 + c_3^4) &gt; 0</math></p> <p><b>Los pagos de 1, 2, 4 y 5 en la red</b>  <math>\prod_1^{t+1}(G) = \prod_2^{t+1}(G) = \prod_4^{t+1}(G) = \left(2 - \frac{1}{3}\right) B_G - C_G</math>  <math>\prod_5^{t+1}(G) = (1 - 0) B_G - C_G</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^{t+1} = 0; \beta^{t+1} = 2; \prod_g^{t+1}(D, A) = e_3 - 2B - I_3 &gt; 0</math></p>
 <p>Situación 2</p>	<p><b>El agente 2 deserta</b>          En <math>k = 2, \delta^{t+1} = \frac{1}{5}, \gamma^{t+1} = \frac{1}{5}, \prod_2^{t+2}(D, A) = I_2 - \frac{3}{5}c_2^1 &gt; 0</math></p> <p><b>Los pagos de 1, 4 y 5 en la red</b>  <math>\prod_1^{t+2}(G) = 0</math>  <math>\prod_4^{t+2}(G) = \left(2 - \frac{1}{5}\right) B_G - C_G</math>  <math>\prod_5^{t+2}(G) = (1 - 0) B_G - C_G</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^{t+1} = 0; \beta^{t+2} = 0; \prod_g^{t+2}(D, A) = 2e_2 - I_2 &gt; 0</math></p>
 <p>Situación 3</p>	<p><b>El agente 4 deserta</b>          En <math>k = 3, \delta^{t+2} = \frac{2}{3}, \gamma^{t+2} = \frac{1}{3}, \prod_4^{t+3}(D, A) = I_4 - \frac{2}{3}c_4^5 &gt; 0</math></p> <p><b>Los pagos de 4 y 5 en la red</b>  <math>\prod_4^{t+3}(G) = \prod_5^{t+3}(G) = 0</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^{t+2} = 2; \beta^{t+3} = 1; \prod_g^{t+3}(D, A) = 3e_4 + B - I_4 &gt; 0</math></p>

Figura 7

17 Un modelo de redes sociales para la deserción

El proceso de deserción empieza con el agente 4 (Fig. 8). La remoción de 4 deja un componente de tamaño 3 y un nodo aislado. También tiene impacto sobre los pagos del gobierno. Con  $\beta = 2$ , el pago del gobierno crece de forma inmediata. En cambio, por su

posición periférica, la desertión de 5 no tendría ningún efecto sobre la estructura. Algo similar ocurriría con 2. El punto es que los incentivos del gobierno deben ser lo suficientemente diversos como para incluir un incentivo al menos igual al valor mínimo de desertión de los individuos claves (3 y 4).

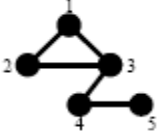
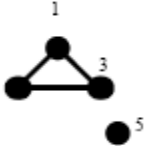


	Estructura inicial (Grafo 3)
 <p>Situación 1</p>	<p><b>El agente 4 deserta</b>            En <math>k = 1</math>, <math>\delta^t = 0</math>, <math>\gamma^t = 0</math>, <math>\prod_4^{t+1}(D, A) = I_4 - (c_4^3 + c_4^5) &gt; 0</math></p> <p><b>Los pagos de 1, 2, 3 y 5</b>  <math>\prod_1^{t+1}(G) = \prod_2^{t+1}(G) = (2 - \frac{1}{3}0)B_G - C_G</math>  <math>\prod_3^{t+1}(G) = (3 - \frac{1}{3}1)B_G - C_G</math>  <math>\prod_5^{t+1}(G) = 0</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^t = 0</math>; <math>\beta^{t+1} = 2</math>; <math>\prod_g(D, A) = e_4 + 2B - I_1 &gt; 0</math></p>
 <p>Situación 2</p>	<p><b>El agente 3 deserta</b>            En <math>k = 2</math>, <math>\delta^{t+1} = \frac{1}{3}</math>, <math>\gamma^{t+1} = \frac{1}{3}</math>, <math>\prod_3^{t+2}(D, A) = I_3 - \frac{3}{5}(c_3^1 + c_3^2) &gt; 0</math></p> <p><b>El pago de 1, 2 y 5</b>  <math>\prod_1^{t+2}(G) = \prod_2^{t+2}(G) = (2 - \frac{2}{5}1)B_G - C_G</math>  <math>\prod_5^{t+2}(G) = 0</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^{t+1} = 1</math>; <math>\beta^{t+2} = 0</math>; <math>\prod_g(D, A) = 2e_3 - I_3 &gt; 0</math></p>
 <p>Situación 3</p>	<p><b>El agente 2 deserta</b>            En <math>k = 3</math>, <math>\delta^{t+2} = \frac{2}{3}</math>, <math>\gamma^{t+2} = \frac{1}{3}</math>, <math>\prod_2^{t+3}(D, A) = I_2 - \frac{2}{3}c_2^1 &gt; 0</math></p> <p><b>El pago de 1 y 5</b>  <math>\prod_1^{t+3}(G) = \prod_5^{t+3}(G) = 0</math></p> <p><b>El pago del gobierno cuando acepta</b>  <math>\lambda^{t+2} = 2</math>; <math>\beta^{t+3} = 0</math>; <math>\prod_g(D, A) = 3e_2 - I_2 &gt; 0</math></p>

Figura 8

## Los efectos

Una lección inmediata es que en la medida en que las estructuras de red se hacen más complejas, la distribución de la importancia de los agentes se hace también más diversa y jerarquizada, y más completo el vector de incentivos que debe captar esas diferencias y encontrar la trayectoria de desertión más efectiva. Por ejemplo, si la lista de de incentivos incluye una oferta aceptable para un agente que es punto de corte en la red, debe haber una caída en los costos de desertión de los nodos restantes. Es evidente que, en la medida en que el número de desertiones crece, las valoraciones caen y el sistema de incentivos se vuelve menos costoso para el gobierno (porque disminuyen los vínculos de los agentes y porque hay efectos de cascada o de contagio).

En términos cognitivos cuando el gobierno fija la lista de incentivos debe tener en mente una cierta estructura de la red rebelde. Si la estructura es plana, sin jerarquías evidentes, o con jerarquías no visibles, la fijación de los incentivos será mucho más difícil. Estructuras jerárquicas, con muy largas tradiciones de jefes históricos, con nombres conocidos, y hasta con organigramas publicados por la misma organización hacen más sencilla la tarea de los que fijan los incentivos. Los incentivos más altos tratarán de alcanzar la cúspide de la organización. Por supuesto, su fin no es encontrar el precio correcto para los jefes de la misma, sino los incentivos que permitan llegar a ellos a través de otros miembros de la organización con acceso a los líderes. El asesinato de Iván Ríos, miembro del Secretariado de las Farc, a manos de uno de sus escoltas puede interpretarse como la fijación de los incentivos correctos para que varios miembros de la organización (en realidad, una trayectoria hacia el objetivo buscado) lograran llegar hasta él y asesinarlo. En esa trayectoria estuvo la célebre Karina, quien le envía a su futuro asesino como escolta, y quien al parecer ya había negociado su desertión con las Fuerzas Armadas, vía la presión sobre su hija que vivía en una ciudad colombiana. No fue un incentivo, entonces, para que Ríos desertara, pues su valor de desertión era infinito, sino un incentivo para que guerrilleros situados en trayectorias que conducían hacia él lo removieran del mundo y del mando.

La decisión de desertar es una decisión que depende de las decisiones de los vecinos inmediatos. Si un agente decide desertar puede desencadenar una cascada de desertiones masivas de sus vecinos inmediatos, pero no sobre toda la red (es sólo un efecto de reacción local en cadena). Este efecto será mayor o menor dependiendo del tipo de estructura de la organización atacada: celular, o por frentes, o jerárquica con pocos vínculos entre una capa y otra, o aglomerada pero con escasos vínculos entre los clusters, o absolutamente plana, con nodos decisivos invisibles para cualquier observador externo.

## Los equilibrios

Una vez el proceso de desertión empieza una proporción de los agentes estará más incentivada a desertar que a mantenerse en la red. La decisión estará directamente ligada a la que tomaron sus vecinos en el pasado. En este proceso se pueden identificar dos

consecuencias. La primera tiene que ver con el efecto que produce tal decisión en la red en su conjunto –cambios en la estructura y en el papel que juegan los nodos– y, el segundo, con el efecto sobre el comportamiento de sus vecinos inmediatos frente a la posibilidad de romper vínculos o no con la organización. Cualquier agente puede iniciar el proceso de desertión. De hecho, en el modelo se considera que el primero en desertar es un agente escogido en forma aleatoria que, al evaluar los incentivos ofrecidos por el gobierno a la luz de su valoración de mantenerse en la red, decide romper los vínculos con la organización armada. El análisis se hace interesante en la medida en que las decisiones de los desertores son imitadas por sus vecinos generando un mecanismo determinístico de destrucción en cadena de la red. Por ejemplo, si un agente cualquiera encuentra, de acuerdo con su valoración, el incentivo para desertar, el efecto de su decisión será evidente en las decisiones futuras de sus vecinos y marginalmente, en las decisiones de los que *no* son sus vecinos.

Para ver el impacto directo tomemos el caso del grafo de la estructura 1 (Figura 3), la desertión del agente 1 genera consecuencias directas sobre los agentes 1 y 2 (situación 1 de la Fig. 3). En este caso, el agente 2 o el 3, cuando sea llamado a tomar su decisión hará una evaluación de sus pagos en el momento en el que está tomando la decisión en la primera etapa,  $k = 1$ , frente a los pagos que obtendrá en el futuro  $-k = 2$ . La regla de decisión estará determinada por las conjeturas que 2 se forme acerca de las decisiones futuras de los vecinos con los que sigue conectados, es decir, su decisión resultará de una comparación entre el pago de hoy y el pago que esperaría tener mañana, dada la conjetura formada sobre lo que harán sus vecinos mañana. Si él cree que su vecino –el agente 3– no desertará en el futuro, entonces su decisión estará mediada por la comparación entre el pago que recibiría hoy si desertara,  $\Pi_2^{t+1}(D, A) = I_2 - \frac{1}{3}c_2^3$ , y el pago que recibiría si no lo hiciera,  $\Pi_2^{t+1}(G) = \frac{11}{6}B_G - C_G$ .

De igual forma, si conjetura que su vecino desertará en el futuro, convirtiéndolo en nodo aislado, entonces la comparación la hará entre el pago por desertar hoy,  $\Pi_2^{t+1}(D, A) = I_2 - \frac{1}{3}c_2^3$ , y el pago por ser un nodo aislado mañana  $\Pi_3^{t+2}(., A) = 0$ . A su vez, la decisión del agente 3 de desertar en el futuro puede estar mediada por sus conjeturas sobre las decisiones del agente 2. En una estructura conectada cuando un agente deserta, la decisión de desertar de los que quedan en la red se convierte en una *estrategia dominante* porque existe la amenaza de convertirse en un nodo aislado.

Veamos ahora los efectos marginales que tendría la desertión de un agente sobre toda la red. Observen la figura 6 (situación 1), y supongan que el agente 1 inicia el proceso de desertión. Los agentes 2 y 3 son los afectados directos, mientras que los agentes 4 y 5 no sufren un efecto directo visible. Sin embargo, hay un efecto marginal, en el sentido de que 4 *sabe* que la decisión de 1 afectó, de alguna forma, las decisiones de 3, con quien está conectado en forma directa.

¿Cuál es el razonamiento seguido por el agente 4? Él sabe que 1 desertó y que 3 sabe que lo hizo y está enfrentando ahora la misma decisión que él debe tomar. Si 4 fuera el llamado a tomar la decisión una vez el agente 1 ha desertado, su decisión estaría basada en los pagos que recibiría hoy si desertara frente a los pagos que recibiría si no lo hiciera, dadas las conjeturas de lo que harán sus vecinos mañana (3 y 5). Hasta aquí podemos concluir que las conjeturas de 4 con respecto a la forma en que 3 fue afectado en sus futuras decisiones, dada la decisión de 1, tiene un efecto marginal sobre la regla de decisión de 4. Veamos cuál puede ser.

Cuando el agente 4 forma sus conjeturas sobre lo que podría hacer el agente 3, y sigue el razonamiento anterior, podría creer que 3 desertará porque uno de sus vecinos lo hizo y, en consecuencia converger a la misma decisión de 3 "anticipándose" a ella. En este caso, el agente 4 percibirá que la estructura ha cambiado y que la posición importante, en principio, del agente 3 ha desaparecido. En esta nueva estructura, el agente 4 pasa a ser un centro y cualquier decisión que tome afectará directamente a todos los nodos de la estructura. De igual forma, si el agente 3 es llamado a tomar la decisión, él sabe que la estructura ha cambiado y que es 4 quien ahora puede convertirlo en nodo aislado si él no deserta. De nuevo, la predicción de quedarse desconectado en la red lleva a que los agentes se anticipen al hecho y decidan desertar.

¿Puede aplicarse el mismo tipo de razonamiento al agente 2? Creemos que sí. Aunque 2 se sabe tan periférico como 1 al conocer la decisión de desertar de este último, sabrá de inmediato que 3 también lo sabrá y razonará de la forma en que lo planteamos más arriba. Por lo tanto, 2 sabrá que quedará como un nodo aislado y que la mejor decisión es desertar también. Lo que nos conduce a una última observación. Observen que la estructura de vecindad de la red lleva a que la decisión de sus miembros deje de ser puramente individual para convertirse en una decisión hasta cierto punto colectiva, o de la que emerge el *grupo* (en este caso la vecindad) como *el agente* que toma la decisión de desertar o no desertar. Aquí *agente* ya no describe a un miembro de la organización, sino a la *estructura* de agencia que *realiza las decisiones* y elige una forma de razonar para tomarlas. En lugar del *yo* normal de toda decisión individual, la decisión de un grupo implicaría un *nosotros* que cambia en forma radical las formas de razonar y los resultados finales a los que convergen los individuos. Aunque cada uno debe seguir tomando una decisión individual ahora lo hará desde un *nosotros* que se impone sobre ellos, dada su situación, y cambia tanto la estrategia dominante como el equilibrio final al que eventualmente arribarán.

Aunque los resultados de equilibrio no se refieren propiamente a cuáles deberían ser las estructuras eficientes, si sugieren que, dada una estructura cualquiera, el proceso de desertación puede ser más rápido, o más lento, dependiendo del agente que inicie la desertación o, más bien, de su posición dentro de la red. Si hacemos la comparación entre las diferentes estructuras (grafos 1, 2, 3) respecto a la velocidad que toma destruir la red o desestabilizar la organización, esta depende del número de conexiones de los agentes que conforman la organización, es decir, de su estructura y de la posición del jugador, en cada una de ellas, que inicia el proceso. De igual forma, cuando se toma una estructura particular y se compara con las estructuras resultantes cuando el proceso de desertación empieza con

agentes distintos (grafos 2 y 3), la velocidad de destrucción de la red varía. En situaciones en las que deserta primero un agente con mayor conectividad, el valor de  $k$  (el número de periodos en el que la red se acaba como estructura) se hace más pequeño y la red se desintegrará en un número menor de periodos.

El mecanismo de deserción muestra que los agentes tenderán a desertar cuando otros lo han hecho en el pasado y más cuando estos son sus vecinos directos. *El equilibrio estaría definido como el resultado de un efecto en cadena que se produce en el momento en el que un agente decide dejar la organización y sus vecinos lo perciben y razonan y toman decisiones en consecuencia.* En el caso expuesto arriba, el equilibrio más probable será el proceso de destrucción de la estructura en red en la que ocurre una deserción. Este equilibrio será el producto de dos efectos: uno local (directo) y uno global (marginal). El primero tiene que ver con la influencia que ejerce la decisión de desertar de un vecino en el pasado sobre las decisiones actuales de quien es llamado a jugar. El segundo estaría relacionado con el efecto que produce la deserción en las conjeturas que el agente se forma sobre las futuras decisiones de sus vecinos, es decir, con las deserciones pasadas de agentes que no son sus vecinos directos pero que pueden ser los vecinos de sus vecinos. Desde el punto de vista del juego de información completa y perfecta, haciendo inducción atrás, el perfil de equilibrio de Nash estaría dado por la decisión del gobierno  $g$  de *aceptar* y la decisión del agente  $i$  de *desertar* —es decir, de responder ante la oferta de un incentivo  $e$ .

Siguiendo el trabajo pionero de Michael Bacarach (2006) para juegos de coordinación, sugerimos que en organizaciones irregulares, la decisión de desertar, dada su estructura de red y sus formas colectivas de actuación, dependerá no de cada individuo en particular, sino de la *transformación de los individuos en grupo*, sin importar su tamaño, cuando cada uno debe enfrentar la decisión de desertar o de no hacerlo. El tamaño de esos grupos pueden variar en rango desde una diada, hasta un grupo más complejo y de mayor cardinalidad (un frente, una compañía), pasando por tríadas o por grupos de 4 o 5 miembros. Recuerden ahora la noción de un núcleo duro con un valor de deserción infinito. Si el núcleo duro cubriera toda la organización, no habría ninguna forma de usar incentivos para promover la deserción de sus miembros. Pero si el núcleo duro se hace muy pequeño con respecto al tamaño total de la organización, la deserción puede extenderse en la periferia hasta acercarse a la frontera del núcleo duro, poniéndolo en grave peligro. En situaciones de gran dificultad y amenaza, toda organización tiende a desarticularse y a fragmentarse en unidades más pequeñas. En esas situaciones una combinación de ofensiva militar y de incentivos puede generar deserciones simultáneas en diversos fragmentos de la organización: en lugar de actuar como grupos para combatir, defenderse y sobrevivir, tienden a actuar como grupos para sobrevivir y para desertar, una vez que algún miembro del grupo decide hacerlo y el grupo no tiene la suficiente fuerza para disuadirlo o para castigarlo.

## Conclusiones

Partiendo del supuesto que una proporción de miembros de una organización armada tiene un valor mínimo finito al cual estaría dispuesto a desertar y que el gobierno ha creado un sistema de incentivos capaz de hacer que estos agentes revelen su valor mínimo, proponemos un modelo en el que las interacciones entre los agentes es representado por un juego entre los miembros de la organización –ubicados en una estructura de red– y el gobierno. Las estrategias de los agentes de la organización están dirigidas a elegir cuánta información acerca de su red entregar a cambio de la recompensa ofrecida por el gobierno. A su vez, el gobierno debe aceptar o no aceptar la información ofrecida por un desertor potencial a cambio de la recompensa contemplada en los incentivos ofrecidos. Los resultados del juego muestran que cuando un agente decide desertar genera una cadena de deserciones que lleva a la destrucción total de la red local, vía los efectos de su decisión sobre las decisiones de los que permanecen en ella.

El juego es iniciado por un agente, elegido en forma aleatoria, y el gobierno, y ocurre en tres tipos distintos de estructuras de red. La primera es un grafo cíclico de máxima densidad en el que cada agente tiene el mismo número de conexiones, y todos están conectados con todos. Cualquier agente que inicie el proceso de deserción generará el mismo resultado.

La segunda es una estructura acíclica, con forma de estrella, en la que la decisión de desertar del agente central lleva, en un periodo, a la destrucción total de la red. Así mismo, las deserciones de los agentes conectados al nodo central *no* desintegran la estructura global de la vecindad.

La tercera es una estructura que puede ser leída como la unión de la primera y segunda estructuras. En este caso, el número de conexiones de los agentes no es uniforme, haciendo que los resultados sean diferentes, dependiendo de la posición del primer agente que decide desertar y del razonamiento de los miembros restantes una vez conocida la deserción del primero.

Los equilibrios del modelo muestran que el proceso de destrucción de la red es inevitable cuando los agentes tienen valores mínimos de deserción finitos, es decir, cuando se produce un claro efecto de contagio de la decisión de desertar, a través de cada vecindad local, cuando uno de los agentes ha decidido abandonarla. Por supuesto, la existencia de un núcleo duro de miembros con valores mínimos de deserción infinitos es lo que asegura la supervivencia de organizaciones ilegales enfrentadas a políticas agresivas de incentivos para la deserción y a una presión militar continua. El tamaño de ese núcleo duro y el tipo de relaciones y de trayectorias que lo une con la periferia de la organización determinarán, en últimas, el alcance de los incentivos para desertar y su efecto sobre la actividad de organizaciones irregulares. Investigar los efectos de políticas de deserción sobre el núcleo duro, sus relaciones con el resto de la organización, el tamaño de ésta y su nivel de actividad es una tarea que queda para el futuro.

## Referencias

Bacharach, Michael. 2006. *Beyond Individual Choice. Teams and Frames in Game Theory*. Edited by Natalie Gold and Robert Sugden. Princeton, NJ: Princeton University Press.

López, Andrés. 2008. *El Cartel de los Sapos*. Bogotá: Planeta.

Markovsky, Barry. 1998. "Social Network Conceptions of Solidarity", in *The Problem of Solidarity: Theories and Models*, edited by P. Doreian and T. Fararo. Amsterdam: Gordon and Breach, pp. 343-372.

Moody, James and Douglas R. White. 2003. "Structural Cohesion and Embeddedness: A Hierarchical Concept of Social Groups", *American Sociological Review* 68(1): 103-127.

Reyes, Gerardo. 2007. *Nuestro hombre en la Dea*. Bogotá: Planeta.

Serrano, Alfredo. 2007. *La Batalla Final de Carlos Castaño*. Bogotá: Oveja Negra.

Téllez, Edgar y Jorge Lesmes. 2006. *Pacto en la sombra. Los tratos secretos de Estados Unidos con el narcotráfico*. Bogotá: Planeta.

White, Douglas R. and Frank Harary. 2001. "The Cohesiveness of Blocks in Social Networks: Node Connectivity and Conditional Density", in *Sociological Methodology 2001*, Michael Sobel and Mark Becker, Editors for the American Sociological Association. Boston, MA: Blackwell Publishers, v. 31 pp. 305-359.