

LA RACIONALIDAD DE LA DROGA: UN MODELO BIDIMENSIONAL SOBRE LA DIFUSIÓN DE LA DROGA Y LA SOCIABILIZACIÓN

Tomás Sheridan, Fausto Spiga

Materia: Racionalidad Acotada

ABSTRACT

En este trabajo desarrollamos un modelo que combina las características de un modelo que representa el efecto de selección (Schelling), y otro que refleja el efecto de socialización (Condensación), para explorar los patrones de difusión del consumo de droga, y los efectos que la misma genere sobre la agrupación de los individuos. Para ello hacemos uso de un Autómata Celular, con la particularidad de incorporar en un solo modelo dos *types* distintos, y dos comportamientos distintos respecto al consumo de droga; dando lugar a 4 individuos distintos. Realizamos distintas modificaciones al modelo básico, en el cual los agentes de ambos comportamientos siguen reglas simétricas, y arribamos en esta línea a interesantes observaciones intuitivas sobre la evolución de la proporción de consumidores de droga en la sociedad; tales como la incorporación de asimetrías en las reglas de decisión de los individuos, la incorporación de una dimensión ideológica de la sociedad en su conjunto y la incorporación de un actor que actúa como “evangelizador”.

1.-Introducción

La difusión de las drogas y la drogadicción se considera como una de las principales preocupaciones sociales, y por ende suele estar presente como problemáticas en las agendas gubernamentales. Desde un punto de vista académico, la temática es abordada dentro de ciertas ramas de la sociología, entre otras ciencias de estudios sociales, las cuales arribaron a diferentes comportamientos que caracterizan su propagación y extinción como fenómeno social. Motivados por dicha temática, y sus implicancias en los comportamientos, en este trabajo nos proponemos explorar mediante el uso de simulaciones computacionales la evolución agregada de los mismos bajo diferentes escenarios; representados por cambios paramétricos o modificaciones al modelo base.

Existe una vasta literatura dentro de la Sociología que estudia el comportamiento de la influencia social y la selección de grupos sociales en el uso de las drogas. Por ejemplo, Cairns, R. B. (1994) estudia el proceso que conduce a un par de adolescentes amigos a tener resultados similares en términos de logros escolares y comportamientos delictivos como el uso de drogas, mediante un enfoque que le permite ver el cambio en el comportamiento que ocurre luego de que un individuo cambie de ambiente.

Otro ejemplo es el trabajo del sociólogo americano Howard Becker, *Outsiders: hacia una sociología de la desviación*, en donde la preocupación está centrada en la observación de los consumidores de marihuana y de los músicos de jazz y sus vicisitudes cotidianas al ser portadores de cierto estigma social o etiquetamiento. Al haber incursionado como músico de jazz (Becker fue pianista profesional), el sociólogo encuentra que, si bien en público los músicos justificaban su comportamiento respecto al consumo de marihuana por considerarlo “cool”, individualmente muchos de los músicos admitían que consumían marihuana por presión social del entorno y que inclusive, en muchos casos, estaban lejos de sentir algún tipo de satisfacción por su consumo. Analiza, en definitiva, un caso donde el *peer pressure* es más fuerte que las propias convicciones y preferencias.

Una de las principales conclusiones a las que se arriban en el mencionado trabajo de Becker es que la perspectiva de la desviación vista sostiene, en líneas generales, que los adjetivos, cualidades y etiquetas que las personas asignan a otros individuos o a sí mismos, tienen consecuencias reales en esos individuos. En concreto, siempre que la etiqueta sea adjudicada con éxito e interiorizada por el individuo, empujará a ese individuo etiquetado a amoldarse a ella (si aún no lo estaba) o a acentuar su conformidad a esa etiqueta; asimilarla. Esto no otorga a la etiqueta un poder absoluto sobre las acciones de la gente. Para que la etiqueta tenga algún efecto debe creerse en ella o bien el individuo (que entonces actuará como dicta esa etiqueta) o bien los que le rodean (que actuarán hacia el individuo en función de su etiqueta).

Por otro lado, existen otras obras en la literatura de la sociología en las cuales el efecto destacado para explicar comportamientos en un grupo como la drogadicción o la no drogadicción, consiste en el de *selección*. Marcos A. Muñoz Robles por ejemplo, en su obra “Biopolítica de la droga”, describe cómo a partir de vivenciar los efectos de la heroína en las personas, la sociedad americana de principio de siglo XX comienza a marginar a aquellos individuos consumidores. Calificándolos de moralmente inferiores, e inculcando en la sociedad la imagen demonizada del drogadicto, la sociedad consigue apartar al grupo de consumidores de dicha sustancia, disminuyéndolos al rol de “outsiders” y segregándolos. Esto no les dejaba alternativa que juntarse entre ellos solamente.

El mismo mecanismo puede verse en acción en la película Elefante Blanco, donde se muestra como jóvenes socialmente marginados acaban juntándose por el común denominador de la adicción a las drogas.

De lo anterior expuesto, observamos que se podría dividir en dos momentos a este comportamiento: el del consumo como forma de socialización, y una vez que la adicción fue incorporada, el consumo como una característica inmutable del individuo. Lo mismo se puede observar en la película “The Basketball Diaries”, que relata una historia verídica en la cual, si bien el consumo de droga comienza a ser adoptado por un grupo de jóvenes para socializar entre sí, termina siendo incorporado diferenciadamente, dando lugar a diferentes *types* dentro del grupo, lo que genera luego su ruptura y da lugar a que cada uno busque otros grupos afines a su nivel de consumo.

En líneas generales, encontramos a esta temática de gran interés para su exploración a niveles agregados, a partir del rol protagónico que ejerce el consumo de drogas tanto en la formación de grupos sociales, cómo en la modificación de los mismos. Como bien se da a entender en la literatura, no consiste en un simple comportamiento marginal, sino que aparece en el centro de la escena tanto en la decisión de adaptarse para pertenecer, como en la determinación del tipo de individuo; donde se podría argumentar su importancia a la par de categorías selectoras tales como etnia o ideología, entre otras. Esto le otorga una gran particularidad al comportamiento, dado que, como veremos más adelante, engloba dos características que influyen en el comportamiento colectivo, pero cuya repercusión fue explorada por separado.

1.2.-Objetivo:

El objetivo de este trabajo es el de estudiar el fenómeno de la expansión de la droga en una sociedad como producto de la interacción entre los individuos heterogeneos que la componen y ver cómo ante distintos casos la difusión de la droga es mayor o menor, a partir de la interacción entre los individuos.

Para ello combinamos en una simulación dos mecanismos generadores de homofilia –la circunstancia bajo la cual, en los entornos sociales, es más probable que los agentes interactúen con otros parecidos a sí mismos (Mele, 2011)–: el de auto selección y el de influencia social (*peer pressure*). El primero genera homofilia a partir de la auto seleccionan de los agentes en base a ciertas características, optando por vincularse y rodearse con otros que posean las mismas. El efecto que este mecanismo conlleva está ligado al fenómeno de segregación, que es representado por el modelo “Schelling”, que simula la segregación racial por barrios. En dicho modelo, dos agentes de distinto tipo– cuyas preferencias consisten en estar rodeado en su mayoría de otros con la misma característica inmutable– deciden mudarse (intercambiar posición) cuando ambos se encuentran desconformes; generando en esta línea un fenómeno de agrupación entre los iguales, separados de los otros (segregación).

El segundo mecanismo opera a partir de la influencia que ejercen los agentes con los cuales uno se conecta, sobre el comportamiento. Es decir, que adopta los comportamientos para estar más alineado con el resto, y así formar parte del grupo. También conocido como “*peer pressure*”, este mecanismo en su estado puro está relacionado con el efecto de “transición de percolación”¹, que se extrae del modelo de Condensación. En el mismo, interpretado en términos sociales, cada

¹ Heymann, D., Perazzo, R., & Zimmermann, M. (2011); *página 33*

agente transforma su comportamiento de acuerdo al comportamiento de la mayoría en su entorno.

Un problema que aparece a simple vista consiste en que, en la realidad, es de gran dificultad separar un efecto del otro, ya que ambos ocurren en simultáneo. Es decir, si bien se observa que los agentes relacionados comparten características mutables (Easley & Kleinberg, 2010), es difícil identificar si esto se debe al efecto de selección o al de la influencia social (las técnicas utilizadas, tal como los estudios longitudinales, suelen ser particularmente engorrosas). En este trabajo buscamos analizar el desarrollo de los comportamientos agregados de los agentes en presencia de la interacción de ambos efectos, para el caso de un *comportamiento muy particular*², como es el del consumo de drogas. Para ello, consideramos ciertas modificaciones del modelo inicial que tomamos como *benchmark*, tales como variación en el grado de comunicación entre de los agentes con distintos comportamiento que están afuera de su entorno, comportamientos asimétricos dependiendo del tipo de sociedad (si es una sociedad más liberal o más represiva), dar la posibilidad de que los consumidores de droga “influenciables” desarrollen algún tipo adicción con el tiempo, entre otros.

Para ello hacemos uso de un Autómata Celular, y distribuimos a los agentes entre dos tipos en base a una característica, en principio, inmutable (si son “influenciable” o “no influenciable”) y dos tipos de comportamientos mutables (para algunos), consumir y no consumir droga. A simple vista se puede apreciar que, en algún punto, el modelo inicial consiste en una combinación entre los dos modelos anteriormente mencionados, dado que si todos los agentes fuesen de tipo influenciable sería análogo al modelo de Condensación, mientras que en el caso opuesto en que todos los agentes fuesen de tipo no influenciable estaríamos en presencia del modelo de segregación de *Schelling* –en las siguientes dos secciones se explica con mayor detalle cómo se compone este Autómata Celular.

Consideramos apropiado la utilización de un Autómata Celular para modelar este fenómeno por lo anteriormente expuesto y porque los efectos que buscamos combinar fueron ya explorados por separado con éxito, haciendo uso del mismo. Además, consideramos que el análisis de los patrones de drogadicción dentro de los grupos sociales puede ser extrapolado a patrones de drogadicción territoriales.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera: en la Sección 2 describimos el Autómata Celular y el marco teórico que usamos; en la Sección 3 presentamos el modelo de forma detallada y de las modificaciones más relevantes. En la Sección 4 aparecen los se presentan los resultados más relevantes y un análisis e interpretación de los mismos, tanto los que surgen del modelo base inicial, como aquellos que surgen de las modificaciones al modelo. En la Sección 5 desarrollamos las conclusiones más importantes damos cierre a las consideraciones expuestas. Finalmente en el Apéndice se pueden encontrar la programación computacional que permitió la simulación del modelo para MatLab.

² Con particular nos referimos a que, para ciertos niveles bajos de consumo, el comportamiento puede entrar en la categoría de “mutable”, mientras que para otros más elevados y constantes, pasa a formar parte del individuo gracias a su carácter adictivo, determinando el “type” del mismo.

2.-Autómatas Celulares

Los modelos computacionales de múltiples agentes suponen que cada elemento se puede representar como un objeto capaz de procesar cierta información, y en función de esa información, elabora una respuesta; un comportamiento. Heymann, Perazzo y Zimmermann³ definen a los autómatas celulares de la siguiente manera. “*Un autómata celular (AC) consiste en:*

- *Un conjunto N de células (agentes) o autómatas finitos. Se suele identificar a los estados internos de cada célula con las letras S_i de un alfabeto A ; ($S_i \in A$)*
- *Cada célula se supone conectada a n (con $n < N$) otras células del autómata y recibe la información de los estados en que se encuentran. Para ello el arreglo de N células debe tener definido un sistema de vecindades.*
- *Cada célula cambia su estado interno dependiendo del estado en que se encuentran los vecinos a los que se encuentra conectadas. La regla que define el cambio de estado de una célula es fija a lo largo de la evolución del autómata. La transición de las N células del autómata puede ser sincrónica (todas cambian de estado en un mismo instante del tiempo) o asincrónica (los N autómatas cambian de estado en momentos diferentes).”*

Siguiendo esta definición, nuestra simulación es un AC de $N \times N$ agentes (donde N es un parámetro a definir). Es un AC bidimensional, ya que la representación de las células se da en un plano. En el mismo cada célula está conectada con $n=8$ células más del AC. Los 8 *amigos* (vecinos, su entorno) de cada individuo con las coordenadas (x_i, y_i) (con $i=2, \dots, N-1$) son: (x_i, y_{i+1}) , (x_{i+1}, y_i) , (x_{i-1}, y_i) , (x_i, y_{i-1}) , (x_{i-1}, y_{i-1}) , (x_{i+1}, y_{i+1}) , (x_{i-1}, y_{i+1}) y (x_{i+1}, y_{i-1}) .

Para (x_1, y_i) (con $i=2, \dots, N-1$) los vecinos son: (x_i, y_{i+1}) , (x_{i+1}, y_i) , (x_N, y_i) , (x_i, y_{i-1}) , (x_N, y_{i-1}) , (x_{i+1}, y_{i+1}) , (x_N, y_{i+1}) y (x_{i+1}, y_{i-1}) .

Para (x_N, y_i) (con $i=2, \dots, N-1$) los vecinos son: (x_i, y_{i+1}) , (x_1, y_i) , (x_{i-1}, y_i) , (x_i, y_{i-1}) , (x_{i-1}, y_{i-1}) , (x_1, y_{i+1}) , (x_{i-1}, y_{i+1}) y (x_1, y_{i-1}) .

Para (x_i, y_1) (con $i=2, \dots, N-1$) los vecinos son: (x_i, y_{i+1}) , (x_{i+1}, y_i) , (x_{i-1}, y_i) , (x_i, y_N) , (x_{i-1}, y_N) , (x_{i+1}, y_{i+1}) , (x_{i-1}, y_{i+1}) y (x_{i+1}, y_N) .

Para (x_i, y_N) (con $i=2, \dots, N-1$) los vecinos son: (x_i, y_1) , (x_{i+1}, y_i) , (x_{i-1}, y_i) , (x_i, y_{i-1}) , (x_{i-1}, y_{i-1}) , (x_{i+1}, y_1) , (x_{i-1}, y_1) y (x_{i+1}, y_{i-1}) .

Para (x_1, y_1) los vecinos son: (x_1, y_2) , (x_2, y_1) , (x_N, y_1) , (x_1, y_N) , (x_N, y_N) , (x_2, y_2) , (x_N, y_2) y (x_2, y_N) .

Para (x_1, y_N) los vecinos son: (x_1, y_1) , (x_2, y_N) , (x_N, y_1) , (x_1, y_{N-1}) , (x_N, y_{N-1}) , (x_2, y_1) , (x_N, y_1) y (x_2, y_{N-1}) .

Para (x_N, y_1) los vecinos son: (x_1, y_1) , (x_N, y_2) , (x_1, y_N) , (x_{N-1}, y_1) , (x_{N-1}, y_N) , (x_1, y_2) , (x_1, y_N) y (x_{N-1}, y_2) .

Para (x_N, y_N) los vecinos son: (x_{N-1}, y_{N-1}) , (x_N, y_{N-1}) , (x_1, y_{N-1}) , (x_{N-1}, y_N) , (x_1, y_N) , (x_{N-1}, y_1) , (x_N, y_1) y (x_1, y_1) .

³ Heymann, D., Perazzo, R., & Zimmermann, M. (2011), *página 20*

De esta forma, los individuos que están en el borde de la grilla están conectados con el otro extremo (todos tienen 8 vecinos).

Un supuesto central de esta simulación consiste en que cada individuo se relaciona de manera directa solamente con sus 8 “vecinos” al momento de considerar si está conforme o disconforme con su situación. Es decir, cada uno de los individuos tiene un solo grupo de amigos, del mismo tamaño que el resto de los grupos, pero diferente a cada uno de los otros grupos en términos de qué individuos abarca. Si bien puede considerarse un supuesto poco plausible, trae simplicidad al modelo y lo hace más apto para analizar sus resultados y fenómenos agregados que afectan a las sociedades; arribando de esta forma a resultados visibles en la realidad (tal como la segregación o la percolación que se ven en los modelos de Schelling & Condensación).

La transición de las $N \times N$ células puede ser sincrónica o asincrónica; dependiendo si las mismas cambian de estado todas al mismo tiempo, o en diferentes momentos, respectivamente. En este caso, hacemos uso de una transición asincrónica; al igual que ocurre en el modelo clásico de *Schelling*.

Dada la condición de partida, que establece una distribución de los individuos (de diferente tipo o estado) al azar, en una grilla de dos dimensiones, el AC evoluciona mediante el comportamiento agregado de las células que lo componen; donde cada una obedece la regla que le fue asignada, que utiliza información de su entorno y la procesa para actualizar su estado. Estas características del AC hacen que sea comparable con las interacciones sociales, donde los individuos reaccionan a la información que perciben de los vecinos con los que se encuentra en contacto.

3.-El Modelo

Tomando como base lo anterior expuesto sobre el AC, es necesario desarrollar una regla que defina la decisión de cada individuo; en este caso, si cambiar de comportamiento o mudarse ante un entorno “distinto”. En primer lugar describimos a los diferentes tipos de agentes, dado que de ello dependerá la decisión que se tome. Luego describiremos el algoritmo inicial (benchmark), y las modificaciones que le permitan adaptarse mejor a la realidad en ciertos casos, e incorporar elementos que puedan resultar de interés.

Los agentes difieren en dos dimensiones: su tipo (característica inmutable) y comportamiento (característica mutable, dependiendo de su tipo), dando lugar a cuatro agentes posibles:

- Influenciables que no se drogan (color azul claro)
- Influenciables que se drogan (color rojo claro)
- No-influenciables que no se drogan (color azul oscuro)
- No-influenciables que se drogan (color rojo oscuro)

Aquellos influenciados deciden cada vez que son seleccionados, en base al comportamiento de los individuos en su entorno (en base a sus 8 vecinos), si se siente satisfecho con su comportamiento en ese grupo o no, y en caso de no sentirse satisfecho, lo cambia en función del comportamiento de la mayoría. Son llamados “influenciables” a partir de que se dejan llevar por la mayoría en su grupo, adoptando el comportamiento del mismo siempre que supere el umbral requerido para cambiar, en cantidad de individuos (durante el trabajo utilizamos el concepto de

mayoría simple, aunque puede variar el concepto de mayoría, y el algoritmo está diseñado para que se pueda escoger exógenamente dicho umbral).

Los individuos “no-influenciables” reciben este nombre dado que no se dejan llevar por el “*peer pressure*” que ejerce la mayoría de su grupo de amigos sobre su comportamiento, sino que, en caso de estar disconformes (por tener una mayoría de individuos por encima del *threshold* que tiene el comportamiento opuesto) buscan intercambiar posiciones con un individuo de otro grupo que se encuentre disconforme también, de forma tal que al cambiar de grupo se va a sentir satisfecho. Es decir, prefiere mudarse a un grupo donde se encuentre en mayoría manteniendo el comportamiento que tiene, en lugar de adaptarse a su grupo original cambiándolo (*selection*).

La intuición de esta separación proviene directamente del comportamiento en consideración. El mismo permite separar entre el mero consumo de las drogas para adaptarse a un grupo (consumidores influenciables), y su consumo permanente, una vez incorporada la adicción, como parte del *type*. Este último sería el caso de los drogadictos no influenciables. Cabe señalar que, por lo menos en el modelo inicial y en algunas otras alternativas que proponemos, tomamos como exógena la determinación de aquellos individuos a los cuales el consumo se les adhiere, y aquellos que lo realizan de manera social; supuesto cuestionable pero simplificador para el modelo (aunque luego consideramos una forma en la cual el consumidor “social” puede pasar a ser adicto con el fin de traer cierto realismo al modelo, aunque los resultados sustantivos no cambian demasiado).

En un primer momento, por simplicidad, consideramos que los umbrales para cambiar de comportamiento o mudarse son idénticos, por una cuestión interpretativa, aunque damos la posibilidad de cambiarlos.

La regla de decisión del modelo inicial puede describirse de la siguiente manera: se elige al azar un individuo. Si es de tipo influenciable entonces puede cambiar su comportamiento dependiendo del grado de satisfacción que siente, dado su entorno de amigos: si la cantidad de amigos que tienen un comportamiento distinto al suyo es lo suficientemente alto (la noción de suficientemente alto depende del parámetro de *thresh* que determinemos), entonces va a decidir cambiar su comportamiento, independientemente si su comportamiento era drogarse o no drogarse. Por el contrario, si el agente es de tipo no influenciable, entonces su comportamiento va a responder a la siguiente regla: si está insatisfecho con su entorno de amigos, entonces va a intentar cambiar su grupo de amigos por uno en el cual se sienta satisfecho (un grupo de amigos con mayor cantidad de individuos con el mismo comportamiento). Al intentar mudarse se selecciona un individuo al azar, si este está dispuesto a intercambiar espacios y es un agente con un comportamiento opuesto, entonces se cambian. Sino no. Esta búsqueda, permitimos que se pueda realizar hasta S veces (S parámetro elegido exógenamente que puede variar, puede tomar el valor de cualquier número Natural). Si antes de las S veces encuentra alguien con quién intercambiar lugares, entonces lo hace, sino no. La función que contiene este algoritmo es:

drogadicción($N0$, *thresh*, *thresh_infl*, *connect*),

donde $N0$ es la raíz cuadrada del número total de células del AC (puede tomar cualquier valor positivo); *thresh* es el umbral para los no influenciables que determina la cantidad de individuos en el mismo grupo con el mismo comportamiento a partir del cual, para menores cantidades, el individuo no está satisfecho en su grupo y quiere mudarse (puede tomar valores de 1 a 8); *thresh_infl* es el mismo umbral pero que determina cuando los influenciables quieren cambiar

de comportamiento; *connect* determina la cantidad de veces que se le permite a un no influenciado, como máximo, buscar a alguien con quien mudarse en caso que no encuentre en los momentos previos. Para ver mejor cómo opera el algoritmo ver **Sección (1) del APÉNDICE**.

A continuación, en pos de claridad, describimos de forma simple el algoritmo del modelo inicial.

1. Se selecciona al azar a un individuo (*one*)
 - a. Si es influenciado: decide si cambiar su comportamiento o no de acuerdo a si su satisfacción es menor o mayor (respectivamente) al *threshold*.
 - b. Si es no-influenciado y está conforme, queda igual y se selecciona a otro individuo.
 - c. Si es no-influenciado y está disconforme: Selecciono otro individuo (*two*) al azar. Existen “S” oportunidades para llegar a “iii”
 - i. Si es influenciado no se muda.
 - ii. Si es no-influenciado y está conforme, no se muda.
 - iii. Si es no-influenciado y está disconforme, entonces se cambian de lugar “*one*” con “*two*”.
2. Se selecciona otro individuo y se vuelve a empezar.

Nota: “S” es un parámetro que representa el grado de “comunicación” de los agentes: cuantas veces se puede buscar afuera del grupo de uno cuando no se está convencido del comportamiento predominante en el mismo, puede decirse que aproxima a cuan comunicados o integrados están los individuos de la sociedad.

A continuación, describimos las modificaciones que agregamos al modelo simple inicial, con el objetivo de incluir en el mismo algunos aspectos relevantes en esta temática. El modelo inicial sólo lo utilizamos como benchmark, dado que no lleva a resultados sustancialmente relevantes respecto, por ejemplo, al modelo de Shelling. La primera modificación es la que vamos a tomar como modelo principal. Cabe señalar que todas estas modificaciones constituyen asimetrías, en tanto afectan diferenciadamente a los individuos con cada comportamiento; es decir, a los que se drogan de los que no. Se puede argumentar que acercan el modelo a la realidad, ya que la misma es compleja y posee una gran variedad de asimetrías en las “reglas que determinan” cómo los individuos cambian su comportamiento. En este trabajo exploramos solamente algunas, para ambos lados.

Primera modificación: introducción de asimetría en los no influenciados. Como primera modificación, agregamos un aspecto que diferencia a la regla que siguen los no influenciados de aquella descrita inicialmente: luego de haber buscado “S” veces a alguien con quien mudarse, en caso de no haber encontrado, el agente cambia su comportamiento. Si bien la introducimos para ambos comportamientos, se cumple solamente para un lado o para el otro, dependiendo del valor que tome un nuevo parámetro que introducimos: “liberal”. El mismo es igual a uno cuando la sociedad en su conjunto es más bien liberal, e igual a cero cuando es más bien represora (se introdujo también la posibilidad de que este cambio respecto al modelo inicial no sea asimétrico, sino que suceda lo mismo para los individuos no influenciados tanto consumidores como no consumidores, pero no se llegaba a ningún resultado sustancialmente distinto o interesante, respecto al modelo inicial).

La intuición es la siguiente: en sociedades más “liberales”, donde el consumo de droga está más relativamente más aceptado, o no tan mal visto, el no consumidor no influenciado primero intenta no caer en esa práctica, buscando otro grupo al cual se pueda cambiar. Sin embargo, si intenta hacerlo y no lo logra, entonces, dada la frustración, la presión de su entorno cercano y la idea de que no está tan mal visto el consumo de droga en esta sociedad, entonces cambia su comportamiento. Por el contrario, si lo mismo le sucede a un consumidor de droga no influenciado, no siente tanta presión por parte de su entorno, ya que la sociedad no penaliza tanto el consumo de droga. El contexto liberal le permite seguir haciéndolo aún en minoría, y no tener que ceder a la presión de su entorno más cercano. Lo mismo podría interpretarse en el caso en que la sociedad sea “represiva” en la cual si el drogadicto no logra cambiar de entorno social a uno en el que se sienta más cómodo, termina cambiando su comportamiento, cediendo a la presión social de sus pares y adopta el comportamiento de la mayoría de su entorno.

La función que contiene este algoritmo es:

drogadiccion_asim (NO, thresh, thresh_infl, thresh_ninfl, liberal, connect),

donde *thresh_ninfl* es el umbral de los no influenciados para ver si cambian de comportamiento luego de haber intentado cambiar de grupo sin éxito. Damos la posibilidad de que no sea necesariamente el mismo que el umbral por el cual intentan mudarse (pueden que el grado de insatisfacción tenga que ser mayor para estar dispuesto a cambiar de comportamiento). El resto de los parámetros fueron anteriormente explicados. Para ver mejor cómo opera el algoritmo ver **Sección (2) del APÉNDICE**.

Segunda modificación. Introducimos una nueva variación y la adicionamos al modelo con la modificación presentada anteriormente (con la primera modificación). La misma busca capturar una alternativa de cómo se vería afectado el comportamiento de los influenciados, dado que el de los no-influenciados ya fue descrito, bajo los diferentes entornos; liberal y represor.

Nos parece interesante pensar en el siguiente problema: ¿Qué sucede si el comportamiento de los influenciados no se ve únicamente afectado por el comportamiento de sus vecinos, sino que su decisión de cambiar de comportamiento depende además del comportamiento agregado de todos los agentes? En una sociedad más liberal, podríamos pensar que los influenciados no drogadictos se van a sentir más influenciados no sólo por su entorno cercano sino por toda la sociedad a cambiar su comportamiento en el caso en que la gran mayoría de la sociedad consume droga. Si la gran mayoría se droga en esta sociedad, entonces, quizás el influenciado que no se droga, tiene que tener un entorno mucho más “fuerte”, más parecido a él, para sentirse contenido y no ceder ante la presión de la sociedad. Para ello lo que hicimos consiste en modificar el umbral a partir del cual se determina si va a cambiar su comportamiento o no, de manera tal que dependa también de la proporción de consumidores respecto a los no consumidores. Si la sociedad es más liberal, para los agentes influenciados que no consumen drogas al umbral se le suma “algo” proporcional a la cantidad de agentes consumidores respecto a los no consumidores (si la cantidad de consumidores es mayor que la de no consumidores, entonces el umbral aumenta de forma tal que, al aumentar el umbral, el no consumidor tiende a ser más influenciado por el comportamiento de toda la sociedad y de su entorno cercano que es distinto a él).

Cabe señalar que esto no implica que al agente no deja de importarle su grupo de vecinos: aunque, por ejemplo, un 90% de la sociedad consume droga, si los ocho vecinos de un individuo que no consume tampoco consume drogas, entonces, por la forma en que está programado el algoritmo, el individuo no se siente presionado a cambiar su comportamiento. Lo que sucede es que la cantidad de vecinos a su alrededor con el mismo comportamiento debe ser mayor para no cambiar su comportamiento, si en la sociedad la cantidad de individuos que se drogan aumenta. La variación nuevamente genera una asimetría: actúa sobre un determinado individuo y no sobre el otro, dependiendo del caso (si la sociedad es más “liberal” o más “represiva”).

Con la nueva variación se genera un cambio sustantivo en los resultados, respecto a los resultados de los modelos previos. La función que contiene este algoritmo es:

drogadiccion_asim_global(NO, thresh, thresh_infl, thresh_ninfl, liberal, connect)

La modificación al algoritmo respecto a la modificación anterior es tal que el “umbral final” toma valores únicamente en el intervalo (1,8). Para ver mejor cómo opera el algoritmo ver **Sección (3) del APÉNDICE**.

Tercer modificación: cambio en las “preferencias” y efecto catalizador. Consiste en adjudicar un poder catalizador a los agentes no-influenciables, además de preferencias “altruistas”. Lo que hacemos es cambiar las preferencias de un tipo de agente, de forma tal que jueguen otro rol en la sociedad. En el caso de los no consumidores “fuertes” (no influenciables) pueden querer buscar a los consumidores sobre los cuales podrían llegar a tener influencia (influenciables); aquellos más débiles y vulnerables en cuanto a su comportamiento, que consumen como consecuencia de su entorno, en lugar de hacerlo por convicción, para intentar ayudarlos a cambiar su comportamiento.

En el libro de Becker no solo se analizan las carreras de los “desviados” sino que también se estudia a aquellos que crean y aplican las reglas, aquellos denominados por Howard Becker como “*emprendedores morales*”. El autor considera que a fines de comprender en profundidad a los “desviados”, es importante considerar los dos enfoques: aquel centrado en los desviados y aquel vinculado a quienes “crean y hacen cumplir las normas”. En esta línea va esta variante que proponemos a nuestro modelo de simulación: la introducción de “emprendedores morales” como agentes que intentan cumplir algún rol de “evangelización”, en un contexto de sociedad con individuos altruista, concientizada y “movilizada” por la problemática del consumo de droga.

Para poder incorporar al modelo esto último, realizamos las modificaciones mencionadas, descriptas a continuación. Los agentes influenciables que tengan a uno no-influenciable (catalizador) de comportamiento opuesto en su mismo grupo/ vecindario, decidirán copiarlo cuando sean seleccionados, aunque ello implique quedar en minoría. Por otro lado, la regla de decisión (preferencias) de los agentes no-influenciables también se modifica, dado que en lugar de preferir mudarse a un lugar donde su comportamiento sea mayoría, buscarán mudarse sólo si no queda ningún agente por convertir en su grupo actual, y si la posición alternativa les provee algún agente influenciable para convertir. Es decir, tendrán preferencias “altruistas” en caso de ser no-drogadictos, ya que buscan convertir a los drogadictos influenciables en no-drogadictos, y preferencias “expansivas” caso contrario, dado que querrán expandir el consumo de drogas sobre aquellos agentes influenciables que no consumen.

Podríamos llamar entonces, de modo lúdico, al agente no-influenciable no-drogadicto como un “evangelizador”, y a aquel no-influenciable drogadicto como “*dealer*”; a partir del comportamiento similar que llevan a cabo con ese tipo de personajes en la realidad. Cabe señalar que, si bien la modificación se puede presentar introduciendo el comportamiento asimétrico para cualquiera de los dos lados, realizamos la simulación introduciendo la presencia del “evangelizador” (pero en la simulación se puede pensar a los rojos como azules y viceversa y se tendrían los mismos resultados si quisiéramos introducir “*dealers*” en lugar de “evangelizadores”). La función que contiene el algoritmo descrito brevemente más arriba es:

$$\text{evangelizado}(N0, \text{thresh}, \text{thresh_infl}, \text{connect})$$

Para ver mejor cómo opera el algoritmo ver **Sección (4) del APÉNDICE**.

4.-Resultados principales y análisis

Para todos los casos, partimos siempre del mismo punto inicial, de la misma “semilla”, la misma proporción y distribución de tipos de agentes. A lo largo del trabajo vamos a utilizar un $N=30$ (es decir 900 células interactuando), aunque puede corroborarse que los resultados sustantivos no cambian de forma resonante cuando se varía el N . La probabilidad de que una determinada célula sea de un determinado *type* es la misma para todo los *types*. La distribución de los mismos en el espacio es aleatoria.

Partiendo de la situación inicial que se muestra en el Gráfico 1, en donde la proporción de drogadictos respecto a no drogadictos es de 0.4967, analizamos qué sucede luego de varias iteraciones (normalmente tomamos 100.000 iteraciones).

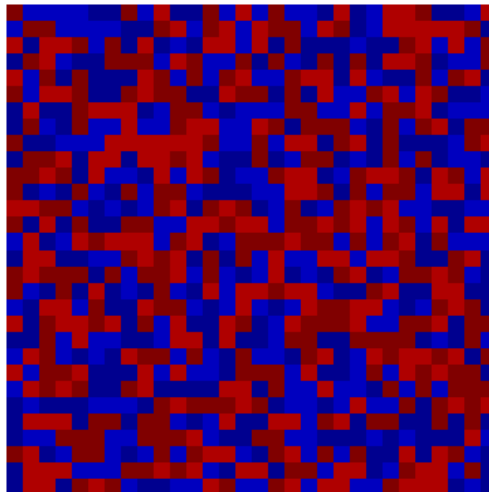


Gráfico 1: Estado inicial en todos los casos estudiados.

Como puede observarse en el Gráfico 2, en el modelo simple inicial los agentes llegan a situaciones de segregación según su comportamiento, para cualquier valor que tome el parámetro de conectividad (se realizaron varias simulaciones con diferentes valores para el parámetro S , pero mostramos, a modo de ejemplo, solo los resultados para dos casos, las conclusiones sustantivas no cambian). Es decir, si bien el modelo incluye tanto *peer pressure effect* como *selection effect*, conduce a un resultado muy similar al que se observa en el modelo de Schelling; donde los dos individuos acaban segregados por comportamiento, aunque a

diferencia con el modelo de Schelling, la proporción entre diferentes comportamientos (por los cuales algunos agentes deciden mudarse) no se mantiene fija, sino que varía. Además, del modelo de Schelling propuesto por Heymann, Perazzo y Zimmermann (2011), tenemos otra modificación que consiste en que cuando alguna célula busca mudarse, si no encuentra alguien que quiera intercambiar consigo misma, no para ahí, sino que puede seguir buscando ($S > 1$).

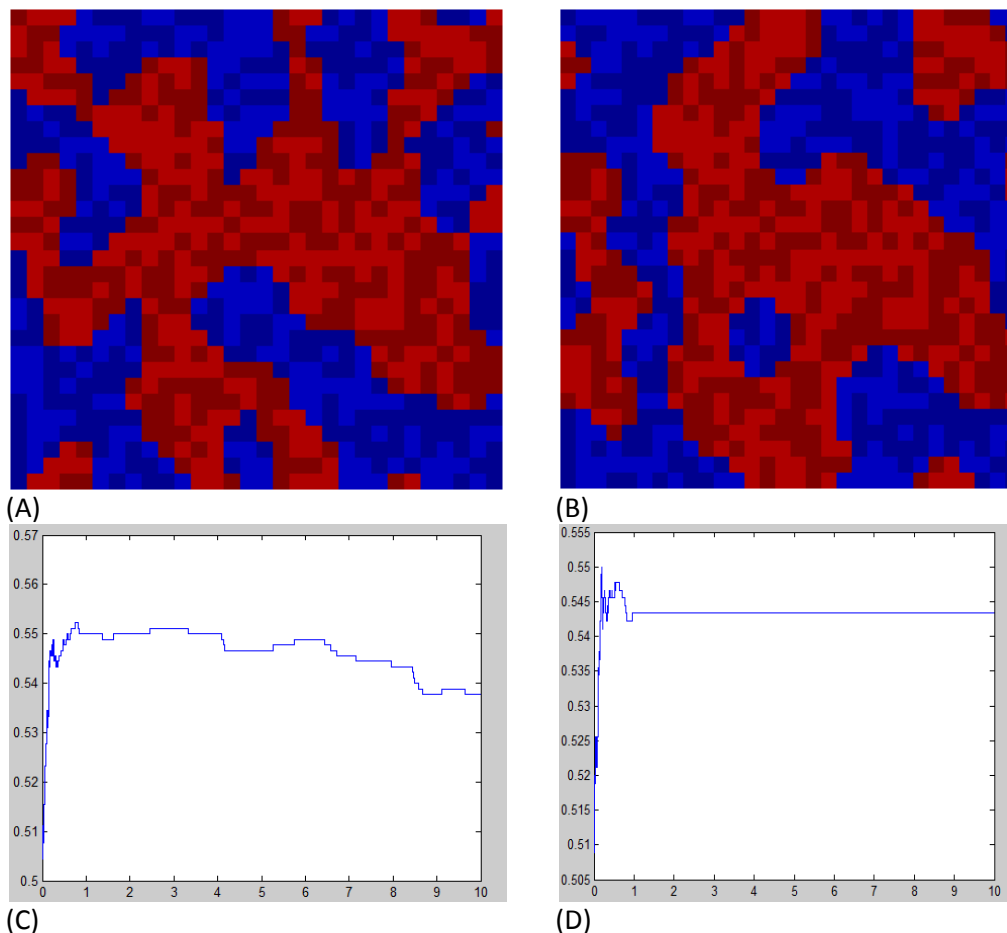


Figura A ($S=1$): resultado del modelo de drogadicción inicial, correspondiente a los parámetros $N=30$; $\text{thresh}=4$; $\text{thresh_infl}=4$; $S=1$; luego de 100.000 iteraciones.

Figura B ($S=100$): resultado del modelo de drogadicción inicial, correspondiente a los parámetros $N=30$; $\text{thresh}=4$; $\text{thresh_infl}=4$; $S=100$; luego de 100.000 iteraciones.

Figura C: evolución de la proporción de consumidores (rojos) en el tiempo, correspondiente a la simulación de la Figura A.

Figura D: evolución de la proporción de consumidores (rojos) en el tiempo, correspondiente a la simulación de la Figura B.

Una interpretación posible de este fenómeno sería que, dado que no se les permite cambiar de tipo a los no-influenciables bajo ninguna circunstancia, el efecto de *selección* acaba siendo preponderante, ya que los mismos tarde o temprano terminan mudándose de forma tal de estar en mayoría, y a través de *efecto de socialización (peer pressure)*, aquellos influenciados ubicados cerca de donde se juntaron, se transformarán. El hecho reflejado en los gráficos, de que cuanto mayor es el S , que refleja el grado de comunicación e integración entre los agentes (parámetro que solamente afecta a los no-influenciables), más rápido se llega al estado estacionario segregado, confirma esta intuición (en el caso de los resultados para $S=1$, si bien la

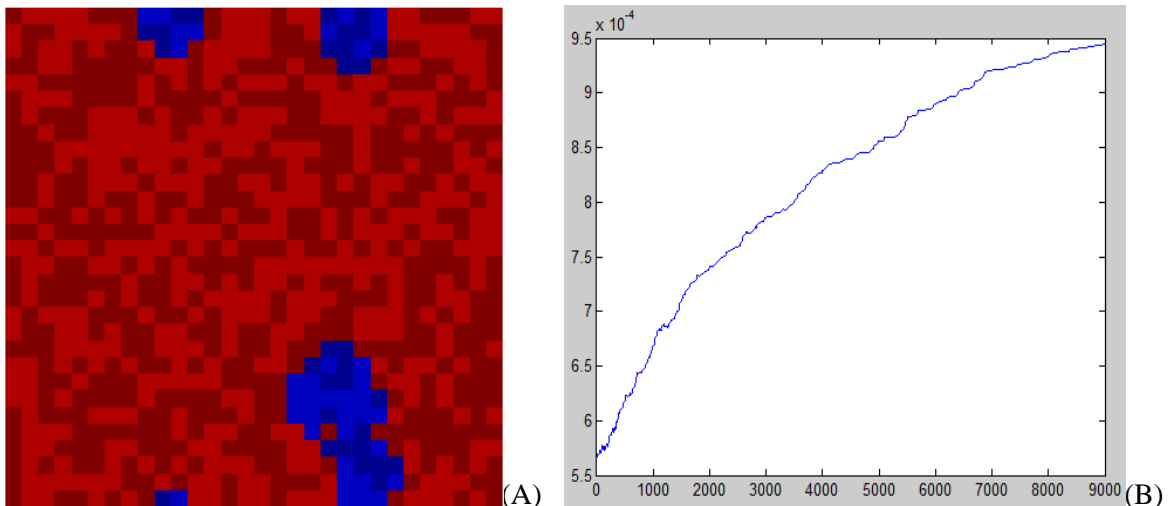
Figura C pareciera mostrar que la proporción de consumidores de droga oscila, luego de las 100.000 iteraciones converge)

Como se dijo previamente, al modelo inicial le agregamos una particularidad que consiste en que los no influenciados que no consumen drogas pueden mutar su comportamiento si después de una cierta cantidad de veces (S) que intentan buscar un nuevo grupo de amigos sin éxito, entonces cede, dada la presión de su entorno distinto a él, y pasa a drogarse. Lo interesante es ver qué sucede con el estado del Autómata Celular luego de varias iteraciones cuando cambiamos el grado de conectividad de los agentes (cuando varía el parámetro S) en una sociedad más liberal o en una sociedad más represiva.

Caso de sociedad “liberal” ($liberal=1$)

A continuación mostramos algunos resultados del modelo *drogadiccion_asim*(NO , *thresh*, *thresh_infl*, *thresh_ninfl*, *liberal*, *connect*). Primero consideramos el caso en que la sociedad es liberal, para diferentes valores de S , reportamos el estado del AC luego de varias iteraciones y la evolución de la proporción de drogadictos del total de la sociedad para tener una noción de cuánto se expande (o se contrae) el consumo de droga entre los individuos.

En las figuras del Gráfico 3 puede observarse el resultado luego de 100.000 iteraciones cuando el grado de comunicación entre diferentes grupos es muy bajo ($S=1$). Los *thresholds* fueron escogidos de forma tal que el requerimiento para estar satisfecho para todos los individuos es ser mayoría en su entorno (al menos 4 de mis 8 vecinos con el mismo comportamiento que el mío).



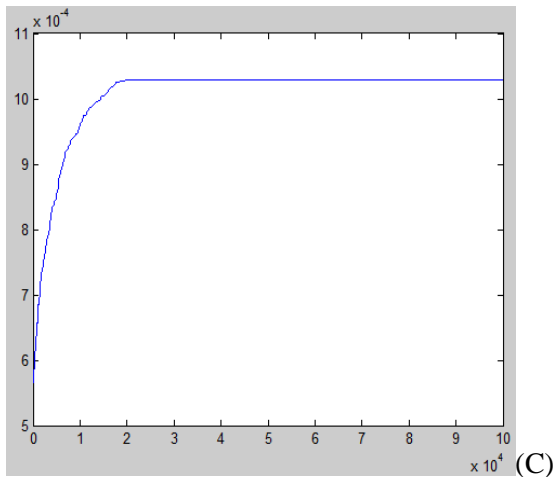


Figura A (S=1): resultado del modelo de drogadicción con asimetría, correspondiente a los parámetros $N=30$; $thresh=4$; $thresh_infl=4$; $thresh_ninfl=4$; $liberla=1$; $S=1$; luego de 100.000 iteraciones. A partir de las 20.000 iteraciones aproximadamente se puede observar exactamente el mismo resultado. Es un equilibrio estable, un Estado Estacionario. La proporción de drogadictos (rojos) es de **0.9256**.

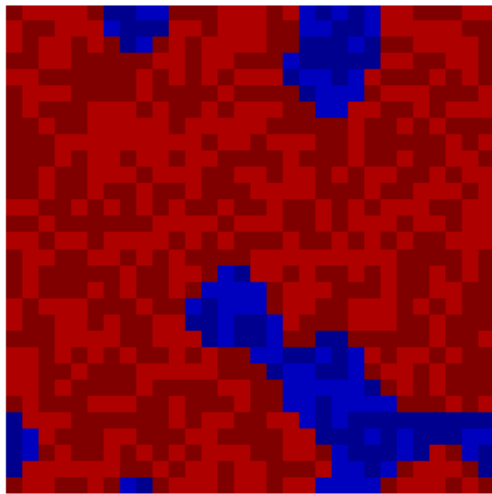
Figura B: evolución de la proporción de drogadictos (rojos) luego de 9.000 iteraciones.

Figura C: evolución de la proporción de drogadictos (rojos) luego de 100.000 iteraciones.

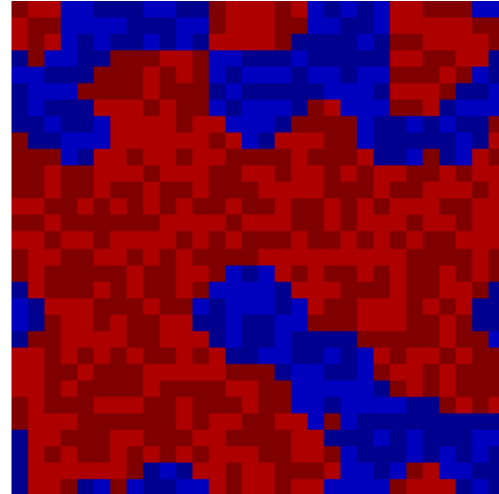
Gráfico 3

A diferencia del modelo de partida, la difusión del consumo de droga, respecto al punto de partida es mucho menor, como puede observarse visualmente y con los datos provistos por las figuras del Gráfico 3. Al ser tan baja la probabilidad de poder cambiar de grupo de amigos para un azul influenciado (se debe encontrar a alguien que tenga el comportamiento opuesto, que sea no influenciado porque son los únicos que están dispuestos a mudarse y que este último esté insatisfecho para que la “mudanza” sea satisfactoria) y tan pocas las chances de intentar encontrarlo (S toma el menor valor posible), que el no consumidor no influenciado (azul oscuro), termina cediendo a la presión de su entorno cercano (si intentaba mudarse estaba insatisfecho y como inicialmente $thresh = thresh_ninfl = 4$, al no poder mudarse cambia su comportamiento instantáneamente). Esto hace que empiecen a ser minoría en muchas áreas, lo cual potencia el efecto expansivo en el comportamiento de los influenciados y eso retroalimenta la insatisfacción de muchos no drogadictos no influenciados que al verse insatisfechos intentan mudarse y ahora la probabilidad de encontrar alguien que esté dispuesto a cambiar de grupo es más baja porque los rojos al aumentar su proporción, hacen que sea más difícil que el drogadicto no influenciado que se seleccione al azar no esté satisfecho. Estos efectos que se potencian hacen que la expansión del consumo de droga sea relativamente rápida y agresiva. Se observa además que luego de un tiempo hay unos pequeños grupos que “resisten” (no podemos afirmar que todos los azules no consumían droga inicialmente dado que los influenciados van mutando su comportamiento y posiblemente alguno de los no drogadictos influenciados, azules claros, comenzaron consumiendo droga en el estado inicial). Obviamente, la formación de estos grupos depende del estado inicial y de la dinámica del AC (quién es seleccionado primero para que aplique la regla que determina su comportamiento, y quién después).

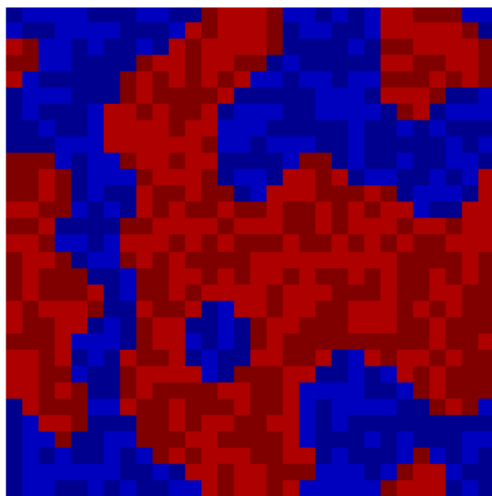
Ahora hacemos un poco de estática comparada. ¿Qué sucede cuando la cantidad de veces que un no influenciado (en este caso de sociedad liberal no drogadicto), tiene más oportunidades de buscar otro grupo con quién sociabilizar en el cual se sientan más satisfecho? En otras palabras, qué sucede cuando varía el S . Si bien los resultados que se encuentran no tienen una implicancia fuerte sobre qué es lo que pasa exactamente con la expansión del consumo de droga cuando se aumenta el S (no se puede afirmar que el impacto es monótono, es decir, no se puede generalizar y decir que aumentar el S de 15 a 16 implica un aumento en la difusión del consumo de droga), si se puede decir que, en general, un aumento de S implica una menor difusión de droga. Esto puede verse a continuación en el Gráfico 4 (se realizaron varias pruebas con distintos valores para S , dando las mismas conclusiones pero se reportaron solo tres casos).



(A)



(B)



(C)

Figura A: $S=3$. resultado del modelo de drogadicción con asimetría, correspondiente a los parámetros $N=30$; $\text{thresh}=4$; $\text{thresh_infl}=4$; $\text{thresh_ninfl}=4$; $\text{liberla}=1$; $S=3$; luego de 100.000 iteraciones. La proporción de drogadictos (rojos) es de **0.8444**

Figura B: $S=10$. Proporción de rojos: **0.6778**

Figura C: $S=100$. Proporción de rojos: **0.5700**

Todas luego de 100.000 iteraciones. A partir de 20.000 iteraciones, aproximadamente, se pueden observar los mismos resultados. Es un equilibrio estable, un Estado Estacionario.

Gráfico 4

Dos observaciones relevantes se pueden hacer sobre estos resultados. Uno de ellos es que tanto los números reportados como las figuras mismas muestran cómo un aumento de del parámetro S implica una disminución en la propagación del consumo de droga (en el estado inicial la proporción de consumidores es apenas inferior a 0.5). Este resultado puede interpretarse como que un aumento en S genera más chances de que un no drogadicto no influenciado pueda cambiar de grupo en caso de estar insatisfecho con su entorno, antes que cambiar su comportamiento. Esto da posibilidad a que haya menos “conversiones” de comportamiento y permite que la difusión de la droga no sea tan agresiva.

La segunda observación es que cuando $S=100$ el resultado es casi similar al modelo inicial (sin asimetría) con $S=100$. La interpretación es que al aumentar tanto la posibilidad de buscar a alguien que esté dispuesto a intercambiar lugares, entonces es mucho menos probable que un no drogadicto no influenciado tenga que recurrir a un cambio de comportamiento como última instancia ante una disconformidad con su entorno, disminuyendo la asimetría en el comportamiento. Por eso los resultados se parecen entre ambos modelos con $S=100$. Sin embargo no son exactamente iguales. Esto puede llegar a deberse a que si luego de varias iteraciones donde ya la gran mayoría está conforme con su grupo pero existe algún drogadicto no influenciado que todavía no lo está y no encuentra con quien intercambiar lugares, si todos los drogadictos no influenciados están satisfechos con su grupo, entonces por más intentos que

el no drogadicto tenga para buscar a alguien, no lo va a encontrar, entonces termina cambiando su comportamiento.

Otro ejercicio de estática comparada que hacemos es que el no influenciado tenga dos valores distintos en sus *threshold*: uno para decidir si mudarse o no, y otro para decidir si cambiar de comportamiento o no. Nos parece más intuitivo considerar los casos en que el requerimiento para cambiar de comportamiento sea mayor que para mudarse (además de razonable), dado que como es no influenciado, entonces tiene que sentirse más presionado para cambiar de comportamiento (es decir $thresh_ninfl < thresh$). A continuación se muestran en el Gráfico 5 los resultados para *drogadiccion_asim* (30, 4, 4, 3, 1, 1).

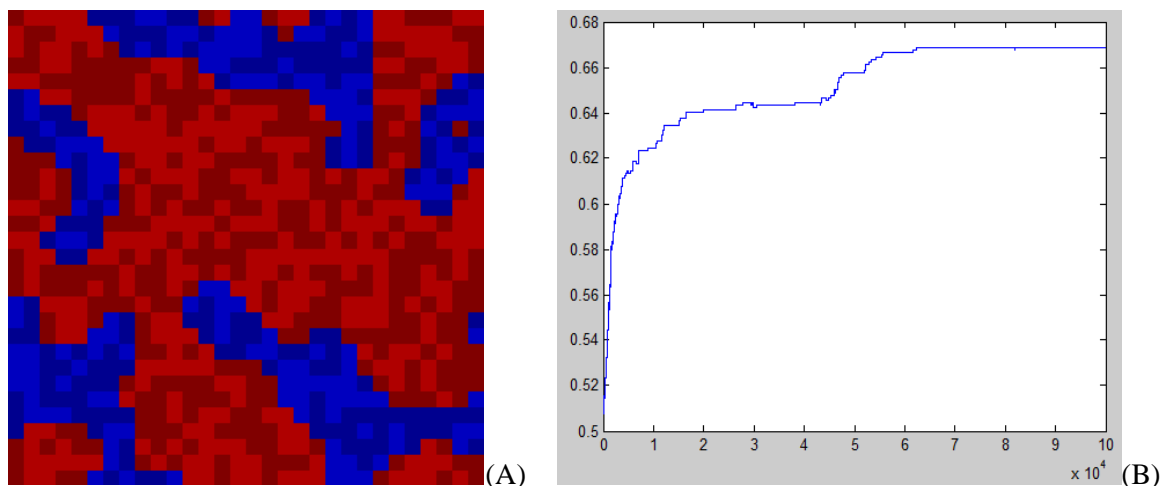


Figura A: se observa el resultado con los parámetros $N=30$; $thresh=4$; $thresh_infl=4$; $thresh_ninfl=3$; $liberla=1$; $S=1$, luego de 100.000 iteraciones. La proporción de rojos es de 0.6689.

Figura B: se observa la evolución de la proporción de consumidores de droga en el tiempo

Como puede observarse, la proporción de rojos (que parece haberse estabilizado luego de 100.000 iteraciones, según se observa en la Figura B del Gráfico 5) es notablemente inferior respecto a la proporción de rojos que se observa luego de esa cantidad de iteraciones en el caso en que los parámetros son los mismos excepto por *thresh_ninfl* que tomaba un valor de 4 y ahora toma un valor de 3 (comparamos con la **Figura A del Gráfico 3**). Al ponerse más exigente el no consumidor no influenciado sobre las condiciones bajo las cuales cambiaría de comportamiento (luego del fallido intento de buscar a alguien con quién intercambiar lugares), entonces se reduce la probabilidad de que un azul oscuro determinado cambie su comportamiento. Esto hace que la proporción de azules (no drogadictos) no caiga tan drásticamente. Si llevamos esto al extremo y fijamos $thresh_ninfl=0$ (sería redundante porque nunca estaría dispuesto a cambiar su comportamiento, dado que con que haya al menos cero individuos en su vecindario con el mismo comportamiento, entonces está satisfecho), entonces deberíamos esperar el mismo resultado que en el modelo inicial (simétrico) con $S=1$, dado que nunca cambiaría de comportamiento. El resultado, luego de 100.000 iteraciones (para poder compararlo con la Figura A del Gráfico 2) es el que se observar, a continuación, en el Gráfico 6 (el mismo resultado exactamente que en la Figura A del Gráfico 2).

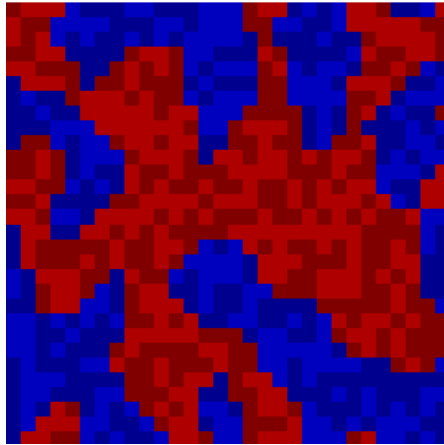
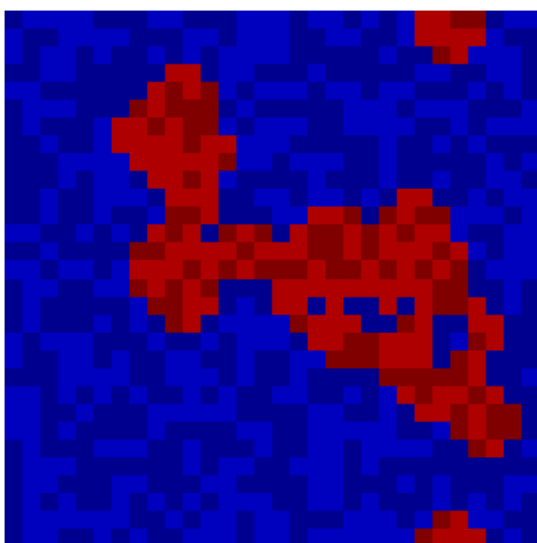


Gráfico 6: : se observa el resultado con los parámetros $N=30$; $\text{thresh}=4$; $\text{thresh_infl}=4$; $\text{thresh_ninfl}=0$; $\text{liberla}=1$; $S=1$, luego de 100.000 iteraciones.

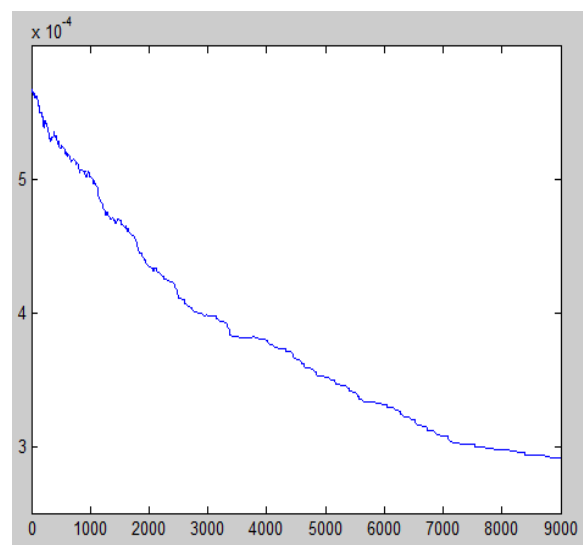
Caso de sociedad “represiva” ($\text{liberal}=0$)

Ahora procedemos a hacer el mismo análisis y estática comparada respecto del parámetro S , en el caso en el cual la sociedad es “represiva”. En el Gráfico 7 podemos ver qué sucede con el consumo de droga luego de 100.000 iteraciones en una sociedad represiva (liberal) y un grado de comunicación bajo ($S=1$) y los *thresholds* son los mismos que venimos usando, iguales a 4 (es comparable con el Gráfico 3). Como era de esperar, los resultados y conclusiones que se pueden extraer de las figuras del Gráfico 7 y del Gráfico 8 (en donde hacemos las mismas variaciones del parámetro S que para el caso donde $\text{liberal}=1$) son similares, pero con sentido contrario, a las conclusiones que se observaban cuando la sociedad es liberal. Un S demasiado bajo lleva a la reducción del consumo de drogas y a la segregación de los consumidores para poder subsistir.

Por otro lado, un aumento en el parámetro S diluye este efecto (la proporción de no drogadictos disminuye a medida que aumenta el S). Las posibles explicaciones de este resultado son análogas a las explicadas en el inciso anterior en donde analizábamos los mismos cambios en una sociedad más liberal.



(A)



(B)

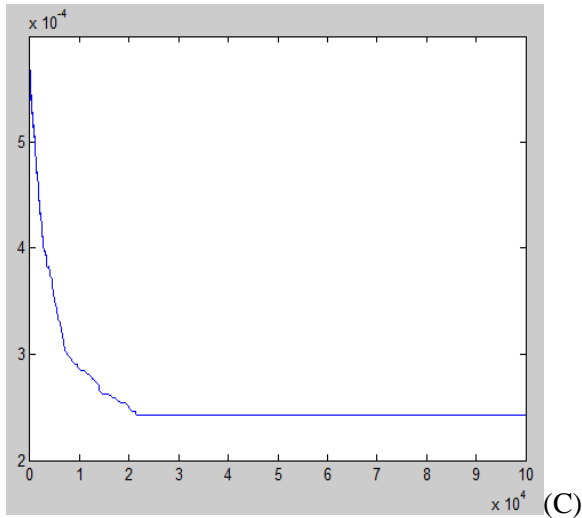
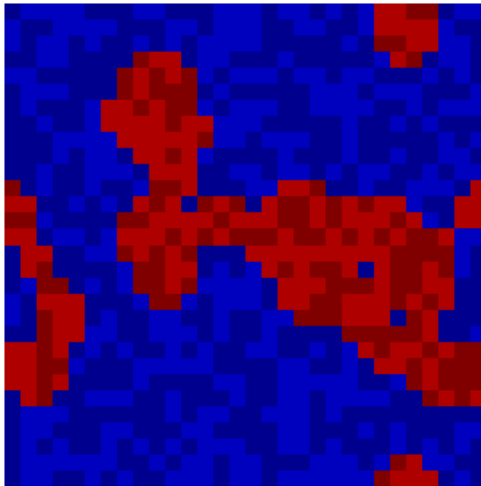


Figura A (S=1): resultado del modelo de drogadicción con asimetría, correspondiente a los parámetros $N=30$; $\text{thresh}=4$; $\text{thresh_infl}=4$; $\text{thresh_ninfl}=4$; $\text{liberal}=0$; $S=1$; luego de 300.000 iteraciones. A partir de las 21.000 iteraciones aproximadamente se puede observar exactamente el mismo resultado. Es un equilibrio estable, un Estado Estacionario. **Proporción de consumidores de droga: 0.2189**

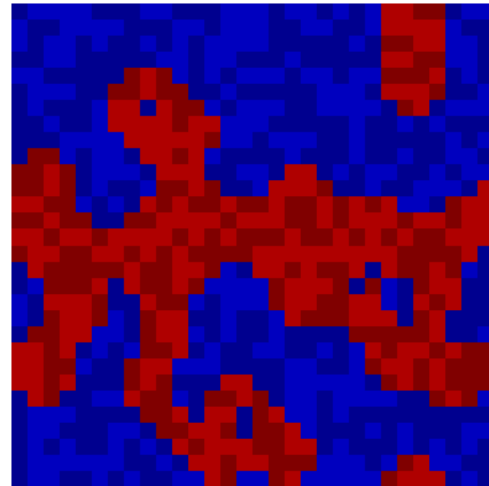
Figura B: proporción de consumidores de droga respecto a los no consumidores en el tiempo, luego de 9.000 iteraciones.

Figura C: proporción de consumidores de droga respecto a los no consumidores en el tiempo, luego de 100.000 iteraciones.

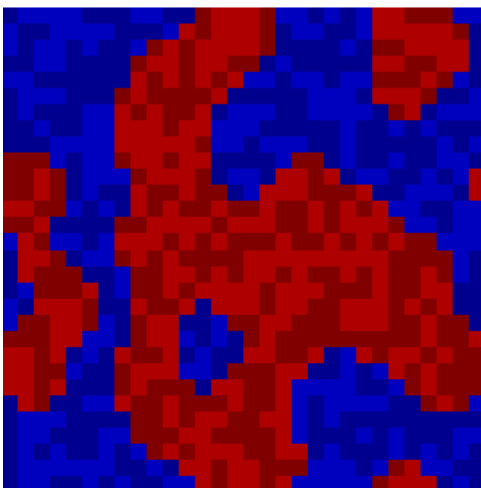
Gráfico 7



(A)



(B)



(C)

Gráfico 8

Figura A (S=3): resultado del modelo de drogadicción con asimetría, correspondiente a los parámetros $N=30$; $\text{thresh}=4$; $\text{thresh_infl}=4$; $\text{thresh_ninfl}=4$; $\text{liberal}=0$; $S=3$; luego de 100.000 iteraciones. La proporción de drogadictos (rojos) es de: **0.2189**

Figura B (S=10): Proporción de rojos:0.4200
Luego de 100.00 iteraciones.

Figura C (S=100): Proporción de rojos:0.5167
Luego de 100.00 iteraciones

Nuevamente, igual que en el caso de una sociedad liberal en donde la asimetría se introducía en el comportamiento de los no consumidores, aquí se observa que cuando el $S=100$, el resultado

es casi idéntico al encontrado en el caso del modelo inicial (simétrico) con los mismos parámetros (la Figura C del Gráfico 8 es comparable con la Figura 2 del Gráfico 2). Las posibles explicaciones de este resultado son análogas a las expuestas para el caso en que $liberal=1$.

Segunda variante: Ahora si consideramos la segunda modificación que propusimos en la cual los influenciables pueden sentirse más o menos presionado en función del comportamiento de toda la sociedad en su conjunto. A continuación se muestran algunos resultados de esta variante. Como podrá observarse en el Gráfico 9, esta variante lleva a resultados más extremistas que los anteriores en donde toda la sociedad consume droga o toda la sociedad no consume droga.

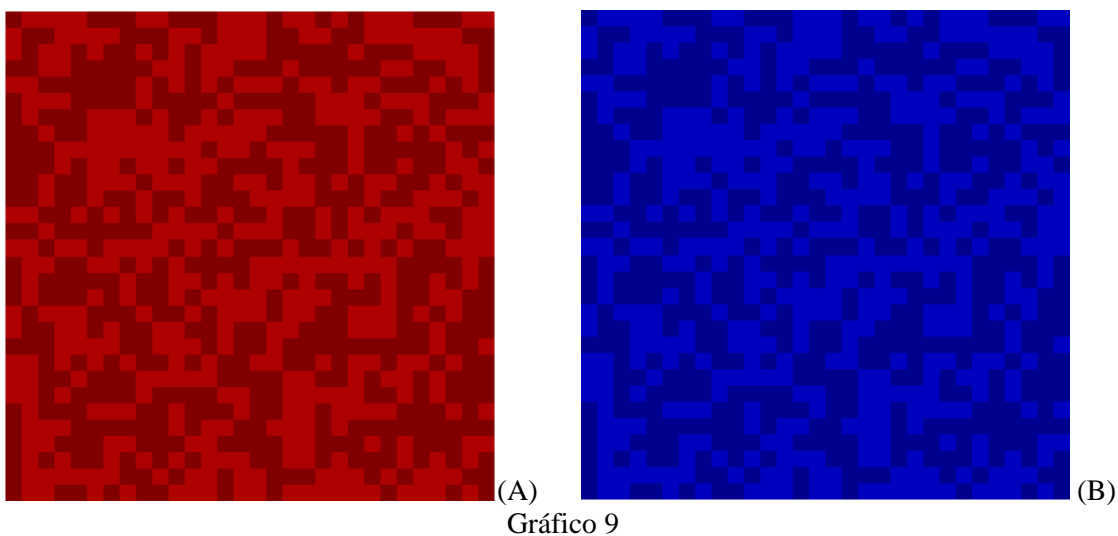


Figura A: corresponde al caso de una sociedad **liberal**, luego de 100.000 iteraciones, con $S=1$, y todos los *thresholds* iguales a 4.

Figura B: corresponde al caso de una sociedad **represiva**, luego de 100.000 iteraciones, con $S=1$, y todos los *thresholds* iguales a 4.

Una posible explicación para estos resultados más extremos observados en las figuras del Gráfico 9 es la siguiente. En una sociedad liberal, los no consumidores no influenciables, si no encuentran alguien con quién cambiar lugares, cambian de comportamiento. Si esto llega a afectar el umbral de los no drogadictos influenciables de forma tal que ahora con tener solo 3 vecinos que consuman, pasa a consumir, entonces todos los azules claros que tengan tres vecinos consumidores, entonces van a cambiar el comportamiento. Esto tiene dos impactos: por un lado a los rojos oscuros les es más difícil encontrar un lugar para mudarse en el cual estén satisfechos, además de que posiblemente muchos rojos oscuros que estaban satisfechos pasen a no estarlo si un rojo claro que era su vecino cambio de comportamiento. Por el otro lado, esto altera aun más el umbral de satisfacción de los no consumidores influenciables, generando más conversiones. Estas fuerzas se retroalimentan y conducen al resultado observado. Un argumento análogo podría hacerse para el caso de una sociedad represiva.

El ejercicio se realizó con diferentes valores de S . En el caso de una sociedad “liberal”, siempre se convergía al mismo resultado (Figura A), lo que cambia en un caso respecto del otro cuando varía S es la velocidad de convergencia hacia el mismo Estado Estacionario (con $S=1$ se llega a este resultado luego de 8096 iteraciones; con $S=3$, en 8187; con $S=10$, en 12874; con $S=100$, en 16037; con $S=1000$, en 16509).

En el caso de la sociedad “represiva”, cuando se aumenta el S se llega al mismo resultado que en la Figura B del Gráfico 9, dada la situación inicial de la que parte, sólo para valores parámetro $S \leq 34$. Para valores de S mayores, sin embargo, la convergencia a este resultado en el cual ningún individuo de la sociedad consume droga no se da. Esto puede deberse a la condición inicial y a la dinámica que determina quién adopta la regla para determinar su comportamiento primero y quién después. Como puede observarse en el Gráfico 2, si bien la proporción de consumidores (rojos) es apenas inferior a 0.5 en el momento inicial, apenas se pone en funcionamiento el AC, la proporción de rojos aumenta considerablemente a cerca de 0.56. En este sentido el S juega un rol clave porque permite que los rojos oscuros no tengan que cambiar su comportamiento tan fácilmente y que de esta forma no caiga estrepitosamente la proporción de rojos, al menos inicialmente, alterando el umbral de satisfacción de los rojos claros. En algún punto, los rojos claros y los rojos oscuros “se necesitan mutuamente para subsistir”.

Por ejemplo, con $S=35$ se observa el resultado del Gráfico 10 (claro está, dada la configuración inicial de *types* y la elección de los parámetros, donde $N0=30$, $thresh=4$, $thresh_infl=4$, $thresh_ninfl=4$, $liberal=0$, $connect=35$)

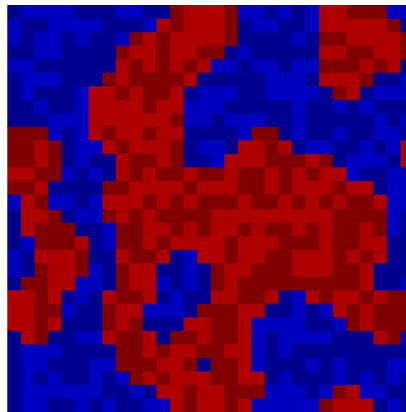
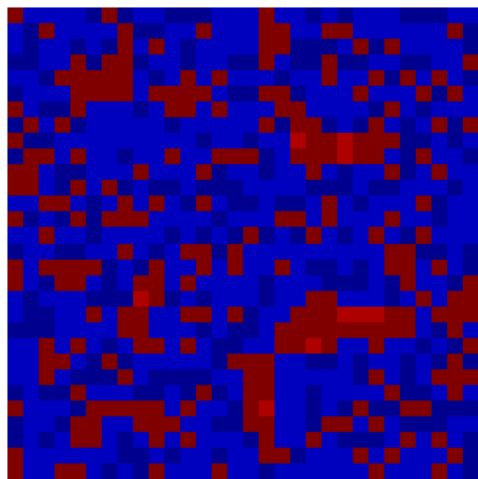


Gráfico 10. Resultado después de 100.000 iteraciones de la función `drogadiccion_asim_global(30,4,4,0,35)`

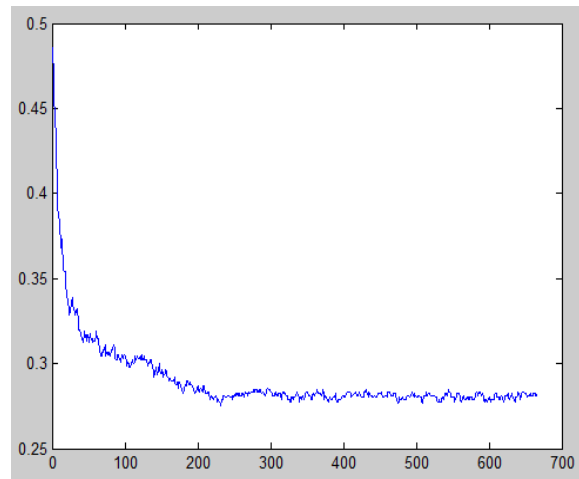
Evangelizador (o “emprendedor moral”)

En este caso sería interesante poder capturar en las imágenes la dinámica que se da en el tiempo: no se llega a un equilibrio estable, el sistema está constantemente en movimiento (dada la situación inicial de la que se parte).

En el Gráfico 11 se pueden observar en la Figura B, que representa la evolución de la proporción de consumidores de droga (rojos) en el tiempo, cómo la proporción de rojos no converge a algo estable sino que oscila, si bien se estabiliza en torno a un determinado valor cercano a 0.27. La (pequeña) oscilación se da por la constante conversión de los mismos agentes influenciables de consumidores a no consumidores y viceversa que quedan entre “bordes” de pequeños grupos segregados de rojos oscuros (consumidores no influenciables) a los cuales los azules oscuros (los “evangelizadores”) pueden llegar para transformar su comportamiento, pero luego el entorno los vuelve a transformar y así sucesivamente. Existen otros consumidores influenciables que, en cambio, no pueden ser transformados al quedar “cautivos” por un entorno al cual los evangelizadores no pueden llegar porque ninguno de ese entorno está dispuesto a intercambiarle el lugar.



(A)

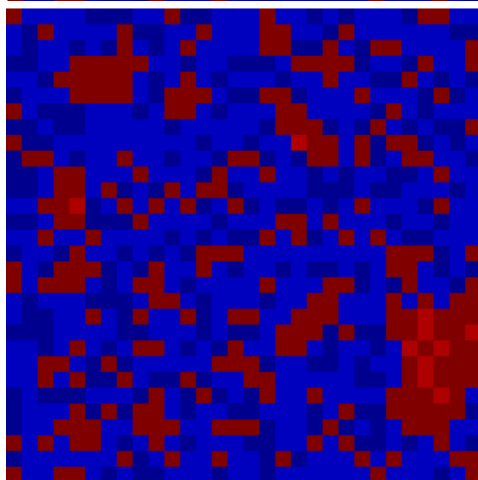


(B)

Figura A: muestra el resultado después de 100.000 iteraciones con un $N=30$, con los *thresholds* iguales a 4 y con $S=1$.

Figura B: evolución de la proporción de consumidores de droga (rojos) de la simulación de la Figura A.

Figura C: igual que en la Figura A pero con un $S=10$



(C)

Se hicieron varias simulaciones con diferentes valores de S pero no había cambios sustantivos importantes. Reportamos aquí el caso de $S=1$ y $S=10$, a modo de ejemplos.

Gráfico 11

A los rojos oscuros se les hace más difícil mudarse dado que el azul oscuro va a buscar mudarse sólo cuando haya un rojo claro como vecino. Este impedimento para cambiar de entorno social hace que, como se puede apreciar en las figuras, muchos drogadictos que no son influenciables (puede interpretarse esto como que su consumo de droga es tan alto que genera una adicción a las mismas) por más que permanecen en barrios en donde son minoría, resisten ante un entorno social adverso. La segregación de los mismos es escasa por dos motivos: por un lado es más difícil encontrar a individuos que tengan el mismo comportamiento (porque la cantidad de rojos claros disminuye drásticamente), y, por el otro lado, los azules oscuros, con quienes podrían intercambiar lugares, no están dispuestos a hacerlo porque no tienen a quienes curar a su alrededor. Por esto vemos en las figuras anteriores varios individuos rojos oscuros aislados, que resisten en un entorno distinto por la dificultad en mudarse. Por otro lado, notar que no hay azules “insatisfechos”, siempre que se mude un azul oscuro, para encontrar donde mudarse, el rojo oscuro tiene que estar insatisfecho y como el umbral de satisfacción es por mayoría simple, que un rojo oscuro esté insatisfecho implica que el azul estará satisfecho al mudarse (además de que, por definición del algoritmo, va a buscar un lugar donde esté en contacto con un consumidor de droga influenciable para convertirlo, reduciendo todavía más la cantidad de rojos en su nuevo entorno).

Los pocos rojos claros “estables” que nunca cambian su comportamiento son aquellos que quedan rodeados por rojos oscuros que no están dispuestos a mudarse (es decir, que están rodeados por otros rojos en su mayoría). Es decir, si hay influenciables que quedan “cautivos”

en grupos donde todos se drogan, los evangelizadores no pueden llegar ahí debido a la imposibilidad de mudarse, de meterse en ese entorno, y no puede cambiar de estado. Podemos pensar en personas que por el simple hecho de nacer en entornos marginales y densos (podemos pensar, por ejemplo, en asentamiento como villas) donde la densidad de estos entornos impide que penetre “ayuda”, los influenciados se ven condicionados y la presión social los lleva a adoptar el mismo comportamiento.

5.-CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo es el de estudiar el fenómeno de la expansión de la droga en una sociedad como producto de la interacción entre los individuos heterogeneos que la componen y ver cómo ante distintos casos la difusión de la droga es mayor o menor, a partir de la interacción entre los individuos. Para ello utilizamos un Autómata Celular; considerando dos efectos específicos, característicos de esta temática, y previamente modelados con un AC; el de selección y el de influencia social.

A partir de la construcción de un Autómata Celular que incorpora elementos del modelo de Shelling y del modelo de Condensación, y sumándole algunas variantes, se pudo llegar a una variedad de resultados que se pueden adaptar a diferentes situaciones de la realidad. Construimos un AC que nos permite ver bajo qué circunstancias y en qué contextos se evoluciona a situaciones con una mayor o menor difusión del consumo de droga.

El modelo inicial que presentamos lo utilizamos como punto de partida. En el mismo se observa que hay que no hay una gran difusión del consumo de droga respecto al estado inicial, pero que terminan estableciendo grupos segregados de amigos/vecinos con el mismo comportamiento. Sin embargo, el punto central del trabajo se halla en la primera modificación que le introducimos a este modelo inicial que tomamos como base de partida: hay casos donde hay una mayor difusión de droga que en otros. Que se de uno u otro resultado dependía de si la sociedad era más “liberal” o más “represiva”, que determinaba sobre qué tipo de agentes se iba a introducir la asimetría en el comportamiento. Y el mayor o menor grado de difusión/contracción del consumo de droga dependía del parámetro S , el grado de comunicación entre los individuos. Cuando S era chico, se amplificaba el proceso de propagación de uno de los comportamientos (por ejemplo, en el caso de una sociedad más liberal, implicaba una mayor difusión del consumo de droga). Sin embargo, cuando el S se hacía más grande, el efecto de propagación se aplaca, dado que el peso de la asimetría en los comportamientos en el sistema del AC se mitiga. Un valor del parámetro S más alto hace que pierda relevancia la dimensión de cuán liberal es la sociedad en su conjunto. Cuando el S era lo suficientemente chico, el resultado final se puede emparentar, en algún punto con el modelo de Condensación, salvando las distancias, dado que hay un efecto de expansión.

La segunda modificación que se introduce, en donde además los agentes influenciados se sienten también influenciados por la sociedad en su conjunto, genera resultados más extremos que en el caso anterior, y el papel de S en este caso no es tan preponderante como en el caso anterior. Para S relativamente chicos, llegábamos a sociedades que adoptaban en su totalidad la misma conducta: en sociedades liberales, todos terminan consumiendo droga mientras que en sociedades más represivas ninguno termina consumiendo.

La última modificación incorpora la noción de “evangelizadores” como actores “altruistas” y catalizadores, permite apreciar otro tipo de resultado: cuando la segregación no se da a un nivel tan alto, sino que hay individuos consumidores de droga aislados en grupos de no consumidores que no pueden cambiar su situación al no poder cambiar de grupo social pero deciden resistir aun rodeado de un entorno distinto que imprime presión social sobre el mismo. Además esta modificación muestra como personas influenciados que están “condicionados” por un entorno adverso en el cual no puede penetrar ayuda externa, están destinados a consumir droga por la presión de su ambiente.

En vista de los resultados, llegamos a la conclusión de que el grado de integración e interrelación entre los individuos de una sociedad captado por S , es un parámetro clave a considerar para entender los diferentes patrones de difusión. Para ello, en caso de querer hacer *policy* para influir sobre las decisiones individuales y los patrones de consumo, una forma posible, en lugar de atacar directamente el problema, sería operando sobre el grado de integración, relación y comunicación entre los individuos de la sociedad. Existe una amplia gama de mecanismos integradores en los cuales operar, que alteran el grado de integración social, tales como el servicio militar, la educación y otros servicios públicos; ya que mezclan en el mismo plano a distintos individuos.

REFERENCIAS

- Cairns, R. B. (1994). *Lifelines and risks: Pathways of youth in our time*. Cambridge University Press.
- Castronuovo, L. (2011). *Outsider: hacia una sociología de la desviación/Howard Becker*. Buenos Aires; México: Siglo XXI, 2009. 242 p. ISBN 9789876290838. *Miríada: Investigación en Ciencias Sociales*, 3(6).
- Easley, D., & Kleinberg, J. (2010). *Networks, crowds, and markets* (Vol. 8). Cambridge: Cambridge University Press.
- Heymann, D., Perazzo, R., & Zimmermann, M. (2011). Modelos económicos de múltiples agentes: una aproximación de la economía desde los sistemas complejos. *Material de Cátedra de la materia Racionalidad Acotada. UDESA*.
- Kalvert, S. (1995). *The Basketball Diaries* [película]. Producida por Island Pictures Studio.
- Mele, A. (2011). “*A Structural Model of Segregation in Social Networks*”, MICROECONOMICS WORKSHOP.
- Muñoz Robles, Marcos (2012) “*Biopolítica de la droga: hacia una comprensión sociológica de los consumidores de drogas en Chile*”, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Sociales.
- Trapero, P. (2012). *Elefante Blanco* [película]. Producida por P. Trapero, Juan P. Galli, J. Gordon y J. Vera.

APÉNDICE

(1) Función drogadicción(N0, thresh, thresh_infl, connect)

```
function nn = drogadiccion(N0, thresh, thresh_infl, connect)

global U N V Y S A B C;

%Establecemos una semilla
s = RandStream('mcg16807','Seed',0);
RandStream.setDefaultStream(s);

step = 150;
rand('state',0);

N = N0;
S = connect;

titulo = ['Grupos de amigos y drogadicción: N=', num2str(N*N)];

%Creación de types: las matrices U y V tiene NxN elementos que toman
valores 0 o 1 con igual probabilidad. Si un elemento tiene valor 1 en
la matriz U, es drogadicto, sino no. Si un elemento toma valor 1 en
la matriz V, es influenciabile, sino no
U = round(rand(N,N));
V = round(rand(N,N));
%Formo una matriz que distinga los 4 posibles type y le asigno valores
de forma tal que al graficar los drogadictos sean rojos, los no
drogadictos azules, los influenciabiles claros y los no influenciabiles
oscuros
Y=10*U+V;
Y(Y==1) = 1/20;
Y(Y==11) = 1;
Y(Y==10) = 21/20;

film = imagesc(Y, [0 1.05]);
axis off; axis square; axis on;
title(titulo);
xlabel('x','fontsize',16);
ylabel('y','fontsize',16);
axis([0 N+1 0 N+1]);

i=1;
while i<=100000,

    i

    one = round(rand(1,2)*(N-1))+1;
    x1 = one(1); y1 = one(2);
    %si el type es influenciabile entonces la regla para decidir un
    comportamiento es la siguiente
    if V(x1,y1)== 1
        sat1 = measures_satisfaction(one,x1,y1);
        if sat1 < thresh_infl
            if U(x1,y1)==1
                U(x1,y1)= 0;
            else
```

```

        U(x1,y1)= 1;
    end
end
else
    % si no es influenciabile entonces vemos si está satisfecho en
    su entorno
    sat1 = measures_satisfaction(one,x1,y1);
    if sat1 < thresh
        %si no está satisfecho tiene S oportunidades para encontrar
        al azar un individuo no influenciabile con distinto comportamiento que
        esté dispuesto a cambiar de lugar (que no esté satisfecho).
        found = 0;
        for j=1:S
            two = round(rand(1,2)*(N-1))+1;
            x2 = two(1); y2 = two(2);
            sat2 = measures_satisfaction(two,x2,y2);
            if V(x2,y2)~= 0 & sat2 < thresh & U(x1,y1) ~= U(x2,y2)
                found = 1;
                break;
            end
        end
        if found == 1
            temp = U(x1,y1);
            U(x1,y1) = U(x2,y2);
            U(x2,y2) = temp;
        end
    end
end;
if (mod(i,step) == 0)
    %reincorporamos las modificaciones hechas sobre U en Y para que
    se grafique la modificación.
    Y = 10*U+V;
    Y(Y==1) = 1/20;
    Y(Y==11) = 1;
    Y(Y==10) = 21/20;
    set(film,'cdata',Y);
    drawnow
end
%Para llevar un registro de la proporción de drogradictos (de
elementos iguales a 1 en U)
A = sum(U);
B = sum(A)/(N*N);
C = [C B];

i=i+1;

end
%Opción para graficar la evolución de la proporción de consumidores de
%droga respecto a los no consumidores:
%plot(1:length(C),C)

function sat = measures_satisfaction(one,x1,y1)

global U N;

x1 = mod(x1-2,N)+1; % index left
xr = mod(x1,N)+1; % index right
yb = mod(y1-2,N)+1; % index bottom
yt = mod(y1,N)+1; % index top

```

```

% measures the number of 1s in neighborhood
neig = U(xl,y1) + U(xr,y1) + U(xl,yb) + U(xl,yt);
neig = neig + U(xl,yb) + U(xl,yt) + U(xr, yb) + U(xr, yt);

% defines satisfaction
if U(xl,y1) == 0
    sat = 8-neig;
else
    sat = neig;
end;

```

(2) Función drogadiccion_asim(N0, thresh, thresh_infl, thresh_ninfl, liberal, connect)

```

function nn = drogadiccion_asim(N0, thresh, thresh_infl, thresh_ninfl,
liberal, connect)

global U N V Y S A B C;

s = RandStream('mcg16807','Seed',0);
RandStream.setDefaultStream(s);

step = 150;
rand('state',0);

N = N0;
S = connect;

titulo = ['Grupos de amigos: N=', num2str(N*N)];

U = round(rand(N,N));
V = round(rand(N,N));

Y=10*U+V;
Y(Y==1) = 1/20;
Y(Y==11) = 1;
Y(Y==10) = 21/20;

film = imagesc(Y, [0 1.05]);
axis off; axis square; axis on;
title(titulo);
xlabel('x','fontsize',16);
ylabel('y','fontsize',16);
axis([0 N+1 0 N+1]);

i=1;
while i<=100000,

    i

    one = round(rand(1,2) * (N-1)) + 1;
    x1 = one(1); y1 = one(2);

    if V(x1,y1) == 1
        sat1 = measures_satisfaction(one,x1,y1);

```

```

    if sat1 < thresh_infl
        if U(x1,y1)==1
            U(x1,y1)= 0;
        else
            U(x1,y1)= 1;
        end
    end
else
    sat1 = measures_satisfaction(one,x1,y1);
    if sat1 < thresh
        found = 0;
        for j=1:S
            two = round(rand(1,2)*(N-1))+1;
            x2 = two(1); y2 = two(2);
            sat2 = measures_satisfaction(two,x2,y2);
            if V(x2,y2)== 0 & sat2 < thresh & U(x1,y1) ~= U(x2,y2)
                found = 1;
                break;
            end
        end
        if found == 1
            temp = U(x1,y1);
            U(x1,y1) = U(x2,y2);
            U(x2,y2) = temp;

```

%en caso de no encontrar alguien con quién intercambiar espacio,
cambia el comportamiento, dependiendo de liberal y del comportamiento.

```

        else
            sat1 = measures_satisfaction(one,x1,y1);
            if sat1 < thresh_ninfl
                if liberal==1
                    if U(x1,y1)== 0
                        U(x1,y1)= 1;
                    end
                else
                    if U(x1,y1)== 1
                        U(x1,y1)= 0;
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;
end;
if (mod(i,step) == 0)
    Y = 10*U+V;
    Y(Y==1) = 1/20;
    Y(Y==11) = 1;
    Y(Y==10) = 21/20;
    set(film,'cdata',Y);
    drawnow
end
A= sum(U);
B= sum(A)/(N*N);
C= [C B];

i=i+1;

end

```

%Opción para graficar la evolución de los consumidores de droga
%plot(1:length(C),C)

```

function sat = measures_satisfaction(one,x1,y1)

    global U N;

    x1 = mod(x1-2,N)+1;
    xr = mod(x1,N)+1;
    yb = mod(y1-2,N)+1;
    yt = mod(y1,N)+1;

    neig = U(x1,y1) + U(xr,y1) + U(x1,yb) + U(x1,yt);
    neig = neig + U(x1,yb) + U(x1,yt) + U(xr, yb) + U(xr, yt);

    if U(x1,y1) == 0
        sat = 8-neig;
    else
        sat = neig;
    end;

```

(3) Función drogadiccion asim global(N0, thresh, thresh_infl, thresh_ninfl, liberal, connect)

```

function nn = drogadiccion_asim_global(N0, thresh, thresh_infl,
thresh_ninfl, liberal, connect)

global U N V Y S A B C;

s = RandStream('mcg16807','Seed',0);
RandStream.setDefaultStream(s);

step = 150;
rand('state',0);

N = N0;
S = connect;

titulo = ['Grupos de amigos: N=', num2str(N*N)];

U = round(rand(N,N));
V = round(rand(N,N));

Y=10*U+V;
Y(Y==1) = 1/20;
Y(Y==11) = 1;
Y(Y==10) = 21/20;

film = imagesc(Y, [0 1.05]);
axis off; axis square; axis on;
title(titulo);
xlabel('x','fontsize',16);
ylabel('y','fontsize',16);
axis([0 N+1 0 N+1]);

i=1;
while i<=100000,

```

```

i
one = round(rand(1,2)*(N-1))+1;
x1 = one(1); y1 = one(2);

if V(x1,y1)== 1
    sat1 = measures_satisfaction(one,x1,y1);
    if liberal==0
        if U(x1,y1)==1
%el umbral de satisfacción no solo depende del parámetro elegido
%exógenamente sino también de debe del estado del AC, de la proporción
de
%consumidores respecto a los no consumidores a nivel agregado
            if sat1 < max(thresh_infl + 2.*(8-thresh_infl).*(0.5-
B),1.01)
                U(x1,y1)= 0;
            end
        else
            if sat1 < thresh_infl
                U(x1,y1)= 1;
            end
        end
    else
        if U(x1,y1)==0
            if sat1 < max(thresh_infl + 2.*(8-thresh_infl).*(B-0.5),
1.01)
                U(x1,y1)= 1;
            end
        else
            if sat1 < thresh_infl
                U(x1,y1)= 0;
            end
        end
    end
else
    sat1 = measures_satisfaction(one,x1,y1);
    if sat1 < thresh
        found = 0;
        for j=1:S
            two = round(rand(1,2)*(N-1))+1;
            x2 = two(1); y2 = two(2);
            sat2 = measures_satisfaction(two,x2,y2);
            if V(x2,y2)== 0 & sat2 < thresh & U(x1,y1) ~= U(x2,y2)
                found = 1;
                break;
            end
        end
    end
    if found == 1
        temp = U(x1,y1);
        U(x1,y1) = U(x2,y2);
        U(x2,y2) = temp;
    else
        sat1 = measures_satisfaction(one,x1,y1);
        if sat1 < thresh_ninfl
            if liberal==1
                if U(x1,y1)== 0
                    U(x1,y1)= 1;
                end
            else

```

```

        if U(x1,y1) == 1
            U(x1,y1) = 0;
        end;
    end;
end;
end;
end;
end;
if (mod(i,step) == 0)
    Y = 10*U+V;
    Y(Y==1) = 1/20;
    Y(Y==11) = 1;
    Y(Y==10) = 21/20;
    set(film, 'cdata', Y);
    drawnow
end
A= sum(U);
B= sum(A) / (N*N);
C= [C B];

i=i+1;

end
%Opcional
%plot(1:length(C),C)

function sat = measures_satisfaction(one,x1,y1)

    global U N;

    x1 = mod(x1-2,N)+1;
    xr = mod(x1,N)+1;
    yb = mod(y1-2,N)+1;
    yt = mod(y1,N)+1;

    neig = U(x1,y1) + U(xr,y1) + U(x1,yb) + U(x1,yt);
    neig = neig + U(x1,yb) + U(x1,yt) + U(xr, yb) + U(xr, yt);

    if U(x1,y1) == 0
        sat = 8-neig;
    else
        sat = neig;
    end;
end;

```

(4) Función evangelizado(N0, thresh, thresh_infl, connect)

```

function nn = evangelizado(N0, thresh, thresh_infl, connect)

global U N V Y S A B C;

s = RandStream('mcg16807', 'Seed', 0);
RandStream.setDefaultStream(s);

step = 150;
rand('state', 0);

```



```

N = N0;
S = connect;

titulo = ['Grupos de amigos y difusión de drogas: N=', num2str(N*N)];

U = round(rand(N,N));
V = round(rand(N,N));
Y=10*U+V;
Y(Y==1) = 1/20;
Y(Y==11) = 1;
Y(Y==10) = 21/20;

film = imagesc(Y, [0 1.05]);
axis off; axis square; axis on;
title(titulo);
xlabel('x', 'fontsize',10);
ylabel('y', 'fontsize',10);
axis([0 N+1 0 N+1]);

i=1;
while i<=100000,

    i

    one = round(rand(1,2)*(N-1))+1;
    x1 = one(1); y1 = one(2);
    %si es influenciabile (V(x1,y1)== 1) y consumidor (V(x1,y1)==
    1)entonces nos
    %fijamos con la función evangelizador(one,x1,y1) si alguno de sus 8
    vecinos
    %es "evangelizador" (no drogadicto no influenciabile, en tal caso
    evan1==1).
    %En caso de que evan1==1, cambia su comportamiento. Ver función
    evangelizador(one,x1,y1)
    if V(x1,y1)== 1
        evan1 = evangelizador(one,x1,y1);
        if U(x1,y1)==1 & evan1==1
            U(x1,y1)=0;
        else
            sat1 = measures_satisfaction(one,x1,y1);
            if sat1 < thresh_infl
                if U(x1,y1)==1
                    U(x1,y1)= 0;
                else
                    U(x1,y1)= 1;
                end
            end
        end
    else
        sat1 = measures_satisfaction(one,x1,y1);
        if U(x1,y1)== 0
            convert1=convertible(one,x1,y1);

            if convert1==0
                found = 0;
                for j=1:S
                    two = round(rand(1,2)*(N-1))+1;
                    x2 = two(1); y2 = two(2);
                    sat2 = measures_satisfaction(two,x2,y2);

```

```

        conver2=convertible(two,x2,y2);
        if V(x2,y2)== 0 & sat2 < thresh & U(x1,y1) ~=
U(x2,y2) & conver2==1
            found = 1;
            break;
        end
    end
    if found == 1
        cambio = U(x1,y1);
        U(x1,y1) = U(x2,y2);
        U(x2,y2) = cambio;
    end
end
else
    if sat1 < thresh
        found = 0;
        %el "evangelizador" va a buscar dónde mudarse en función de si
        %tiene un individuo que puede "convertir" (cambiar el
        %comportamiento). Ver la función convertible(two,x2,y2)
        for j=1:S
            two = round(rand(1,2)*(N-1))+1;
            x2 = two(1); y2 = two(2);
            conver2=convertible(two,x2,y2);
            sat2 = measures_satisfaction(two,x2,y2);
            if V(x2,y2)== 0 & conver2==0 & U(x1,y1) ~=
U(x2,y2) & sat2<thresh
                found = 1;
                break;
            end
        end
        if found == 1
            temp = U(x1,y1);
            U(x1,y1) = U(x2,y2);
            U(x2,y2) = temp;
        end
    end
end
end;
if (mod(i,step) == 0)
    Y = 10*U+V;
    Y(Y==1) = 1/20;
    Y(Y==11) = 1;
    Y(Y==10) = 21/20;
    set(film,'cdata',Y);
    drawnow
    A = sum(U);
    B = sum(A)/(N*N);
    C = [C B];
end
i=i+1;

end
%plot(1:length(C),C)

%la función indica si hay alguien potencialmente convertible en el
%vecindario
function conver = convertible(one,x1,y1)

global U N V;

```

```

x1 = mod(x1-2,N)+1;
xr = mod(x1,N)+1;
yb = mod(y1-2,N)+1;
yt = mod(y1,N)+1;

if (U(x1,y1)==1 & V(x1,y1)==1) | (U(xr,y1)==1 & V(x1,y1)==1) |
(U(x1,yb)==1 & V(x1,yb)==1) | (U(x1,yt)==1 & V(x1,yt)==1) | (U(xr,yt)==1
& V(xr,yt)==1) | (U(xr,yb)==1 & V(xr,yb)==1) | (U(x1,yt)==1 &
V(x1,yt)==1) | (U(x1,yb)==1 & V(x1,yb)==1)
conver=1;
else
conver=0;
end;
%la función indica cuándo hay un "evangelizador" en el vecindario.
function evan = evangelizador(one,x1,y1)

global U N V;

x1 = mod(x1-2,N)+1;
xr = mod(x1,N)+1;
yb = mod(y1-2,N)+1;
yt = mod(y1,N)+1;

if (U(x1,y1)==0 & V(x1,y1)==0) | (U(xr,y1)==0 & V(x1,y1)==0) |
(U(x1,yb)==0 & V(x1,yb)==0) | (U(x1,yt)==0 & V(x1,yt)==0) | (U(xr,yt)==0
& V(xr,yt)==0) | (U(xr,yb)==0 & V(xr,yb)==0) | (U(x1,yt)==0 &
V(x1,yt)==0) | (U(x1,yb)==0 & V(x1,yb)==0)

evan=1;
else
evan=0;
end

function sat = measures_satisfaction(one,x1,y1)

global U N;

x1 = mod(x1-2,N)+1;
xr = mod(x1,N)+1;
yb = mod(y1-2,N)+1;
yt = mod(y1,N)+1;

% measures the number of 1s in neighborhood
neig = U(x1,y1) + U(xr,y1) + U(x1,yb) + U(x1,yt);
neig = neig + U(x1,yb) + U(x1,yt) + U(xr,yb) + U(xr,yt);

% defines satisfaction
if U(x1,y1) == 0
sat = 8-neig;
else
sat = neig;
end;

```