

# **Dinámica de intercambio de opinión**

## Simulación de eventos discretos

Segundo cuatrimestre, 2016

Trabajo práctico final

Docentes: Rodrigo Castro, Laouen Belloli

Integrantes: Germán Dima, Ezequiel Sosa



# Índice

<b>Índice .....</b>	2
<b>1.- Introducción.....</b>	3
<b>2.- Modelo de la población.....</b>	3
<b>3.- Simulaciones.....</b>	5
Escenario 1: Distribución uniforme de votantes .....	5
Escenario 2: Distribución no uniforme de votantes .....	8
Escenario 3: Dinámica de influyentes .....	11
<b>4.- Conclusiones.....</b>	15
<b>5.- Bibliografía.....</b>	16

# 1.- Introducción

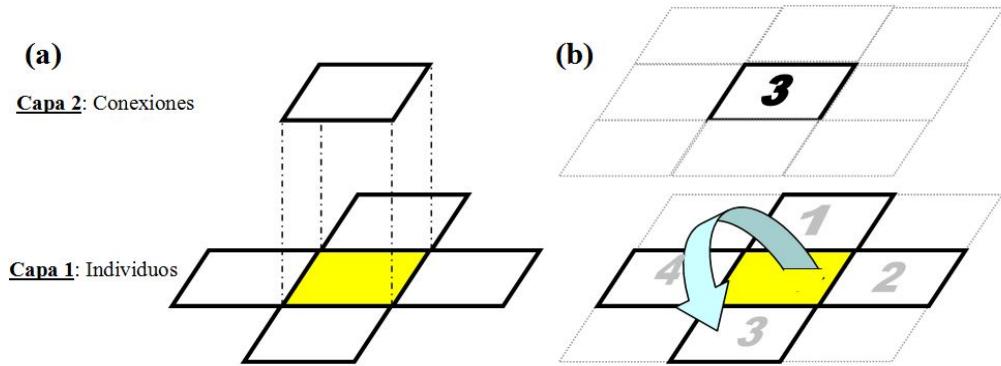
El proceso de formación de opinión mediante síntesis y contraste de diferentes puntos de vista ha sido el tema de muchos estudios en economía y ciencias sociales. Hoy en día, este proceso se manifiesta también en los medios de comunicación y redes sociales. La clave de numerosas campañas de promoción exitosas es considerar esta dinámica de formación de opinión para crear un consenso general favorable sobre un objeto específico, como una persona, un producto o una idea.

En un trabajo previo [1], se estudió cómo la cantidad de personas cuya opinión no se encuentra definida, afecta a la opinión global en un sistema de intercambio de opinión. En este trabajo, revistaremos el modelo utilizado, focalizando la atención en la importancia de sujetos con notable influencia a la hora de marcar tendencia de opiniones.

## 2.- Modelo de la población

Nuestro objeto de estudio es el resultado final (asintótico) de una elección entre dos partidos (por ejemplo, en el ámbito de un ballotage presidencial), sometida a un libre intercambio de opiniones. Cada individuo puede tener afinidad por uno de los dos postulantes, o estar en un estado de indecisión. A su vez, se asume que existen diferentes grados de “convicción” para los tres estados propuestos. En nuestra implementación utilizaremos una grilla bidimensional cerrada de  $N \times N$  celdas. Cada celda representa a un individuo que tiene afinidad a cierto partido “ $O$ ”. Su grado de convicción por ese partido, “ $C$ ”, es un número real en el intervalo  $[-3;3]$ . Las personas cuya convicción se encuentre en el intervalo  $[-3;-1]$  serán partidarias del partido A (en rojo según la paleta convicción.pal, con su respectivo gradiente) mientras que aquellas que presenten su estado en el intervalo  $(1;3]$  serán votantes del partido B (azul). Los individuos, en el intervalo  $[-1;1]$ , no tendrán opiniones definidas (denotadas en amarillo según la paleta mencionada). Pese a que el estado de convicción de cada sujeto es dinámico, producto de la interacción con su entorno, presentamos un rango acotado en el que se puede encontrar. La racionalidad detrás de eso es pensar que una persona no puede aumentar su convicción (o fanatismo) hacia un partido de manera infinita.

Para definir la interacción de cada individuo, presentamos una segunda capa en la grilla la cual contiene información sobre la conectividad de cada persona (Fig. 1a). Cada sujeto modificará su estado en base a la información de la convicción de uno de sus primeros vecinos en las direcciones izquierda, derecha, arriba o abajo. La determinación de “*a quien mirar*” es fijada al azar y está dada por la segunda capa de conectividad. Ésta misma genera secuencias numéricas (en el rango  $[1;4]$ , representando cada una de las direcciones mencionadas) cada determinado intervalo de tiempo Tau (Fig 1b). Por ende, cada vez que la segunda capa se actualiza, toda la población revisitará su convicción.



**Figura 1** (a) Esquema de cada celda y sus vecinos. (b) La capa superior indica la conectividad y determina a qué celda adyacente debe mirar para cambiar su estado.

Para la implementación, utilizaremos la teoría de autómata celular extendido, en donde basta traducir las especificaciones mencionadas a reglas que afecten a cada celda por igual.

```

ECA = < S, n, {row,col,capas}, C, p, N, B, T, τ, q.Z0+ >
S = {x ∈ IR / -3 <= x < +3} para capa individuos → ver figura 1a
S = {x ∈ N / 1 <= x <= 4} para capa conectividad → ver figura 1b
C = hay 10 escenarios iniciales posibles (ver archivos .val del proyecto, dentro del directorio CC)
n = 2 , row = 10 , col = 10, capas = 2
p = 5
N = { (0,0), (0,1), (1,0), (-1,0), (0,-1) }
B = {Cij / Cij ∈ C (i=1 ∨ i=row) ∧ (j=1 ∨ j=col) }
τ = descripto en las reglas del archivo Influmodel.ma y en las secciones siguientes
q.Z0+ = 100ms
    
```

En nuestro código, esto se traduce a:

```

#include(macros.inc)

[top]
components : opinion

[opinion]
type : cell
dim : (10,10,2)
delay : inertial
defaultDelayTime : 100
border : unwrapped
neighbors : opinion(-1,0,0)
neighbors : opinion(0,-1,0)  opinion(0,0,0)  opinion(0,1,0)
neighbors : opinion(1,0,0)
neighbors : opinion(0,0,1)
initialvalue : -70
initialCellsValue : CC/start_90.00_10.val
localtransition : opinion-rule
    
```

La elección de esta forma de comunicación unilateral, frente a un intercambio de

información más bilateral (como por ejemplo el diálogo de a pares) fue tomada para acelerar la cantidad de interacciones. Se presume que relaciones de a dos individuos (como fue analizado en un trabajo previo [1]) resultarían en dinámica final, topológicamente similar pero a tiempos más prolongados.

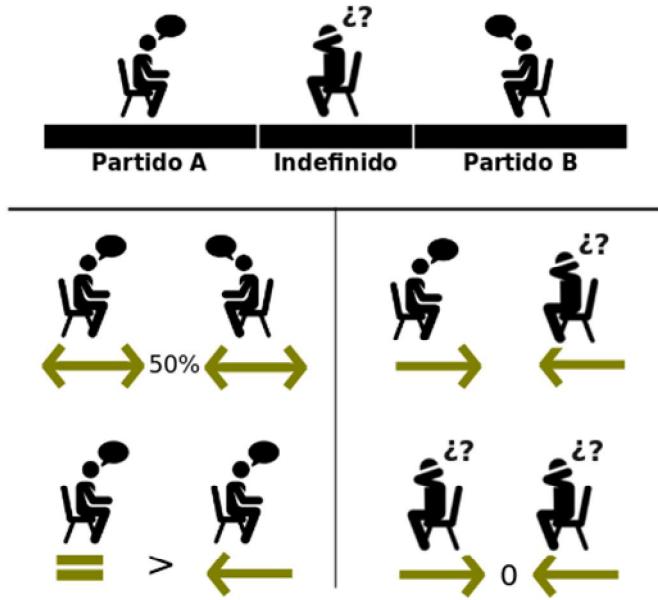
### 3.- Simulaciones

#### Escenario 1: Distribución uniforme de votantes

Para modelar la dinámica de la convicción de cada individuo, se operará en base a un trabajo realizado por Balenzuela et al. [2]. En cada interacción, cada persona modificará su convicción en una cantidad  $\Delta$ . Luego, la afinidad por cualquiera de los dos partidos, será el emergente de múltiples interacciones a lo largo del tiempo de cada celda con sus vecinos.

Dado que cada individuo puede ser partidario de cada uno de los partidos o ser indeciso, diferentes reglas modificarán su convicción dependiendo del sujeto con el que interactúe. Partidarios definidos de una lista convencerán a los individuos indecisos a unirse a su partido. A su vez, los indecisos les presentan dudas, lo que resultará en un decrecimiento en la convicción de los definidos. Por otro lado la interacción de dos sujetos indecisos resultará en una mayor indecisión. Esto se traduce como un acercamiento a poseer una convicción nula para cada persona. Un partidario con mayor convicción potencia a otro partidario de la misma lista, aumentando su convicción hacia los extremos del intervalo. Cuando dos personas, votantes de distintas listas, hablan, cada una de ellas podrá aumentar o disminuir su convicción por su partido con igual probabilidad.

Un esquema de las interacciones mencionadas se presenta en la figura 2. En la parte superior se indica cómo se denotan a los individuos según su convicción. La barra negra indica representa la graduación de convicción de cada persona. Al formarse una interacción (figura 2, inferior) la convicción de cada uno de los involucrados se modificará según lo indicado con una flecha (o eventualmente quedará en el mismo valor). El sentido de la flecha denota el corrimiento a la izquierda/derecha del valor de convicción (ver figura 2 superior). Luego, por ejemplo, si un individuo del partido A tiene una flecha hacia la derecha, indicará que su convicción disminuirá, acercándose al estado de indefinido.



**Figura 2** Esquema de las reglas de interacciones utilizadas en el modelo. Las flechas indican el aumento o decrecimiento de la convicción de cada individuo.

Las reglas de las interacciones entre dos sujetos “ $i,j$ ” se detallan a continuación:

1. Si los dos sujetos tienen exactamente la misma convicción ( $C_i = C_j$ ), su estado no cambia.
2. Si ambos sujetos son partidarios del mismo partido ( $O_i = O_j$ ) y  $0 < C_i < C_j$ , entonces el resultado de la interacción resulta en  $C_i \rightarrow C_i + \Delta$ ,  $C_j \rightarrow C_j$ . Asimismo si  $0 > C_i > C_j$ , luego  $C_i \rightarrow C_i - \Delta$ ,  $C_j \rightarrow C_j$ .
3. Si los sujetos son partidarios de distintos partidos ( $C_i < 1$ ,  $C_j > 1$ ), entonces  $C_i \rightarrow C_i \pm \Delta$ ,  $C_j \rightarrow C_j \pm \Delta$ , cada uno con una probabilidad independiente del 50%.
4. Si la interacción se da entre un sujeto sin opinión definida  $C_i$  y otro con  $C_j < 1$ , entonces  $C_i \rightarrow C_i - \Delta$ ,  $C_j \rightarrow C_j + \Delta$ . Análogamente si  $C_j > 1$ , luego  $C_i \rightarrow C_i + \Delta$ ,  $C_j \rightarrow C_j - \Delta$ .
5. Si interactúan dos sujetos indecisos, entonces  $C_i \rightarrow C_i \pm \Delta$ ,  $C_j \rightarrow C_j \pm \Delta$ , donde el signo es tal que  $|C| > |C \pm \Delta|$ . En el caso de  $C_i = 0$ , su convicción no cambia luego de la interacción.

La traducción de estas reglas en nuestra implementación es inmediata. Por ejemplo, la regla 4 en donde un indeciso es “atraído” por un partidario, será:

```
rule : { (0,0,0) + #macro(delta) } 100 { (0,0,1)=2 and abs((0,0,0))<=1 and (0,1,0)>1 }
rule : { (0,0,0) - #macro(delta) } 100 { (0,0,1)=2 and abs((0,0,0))<=1 and (0,1,0)<-1 }
```

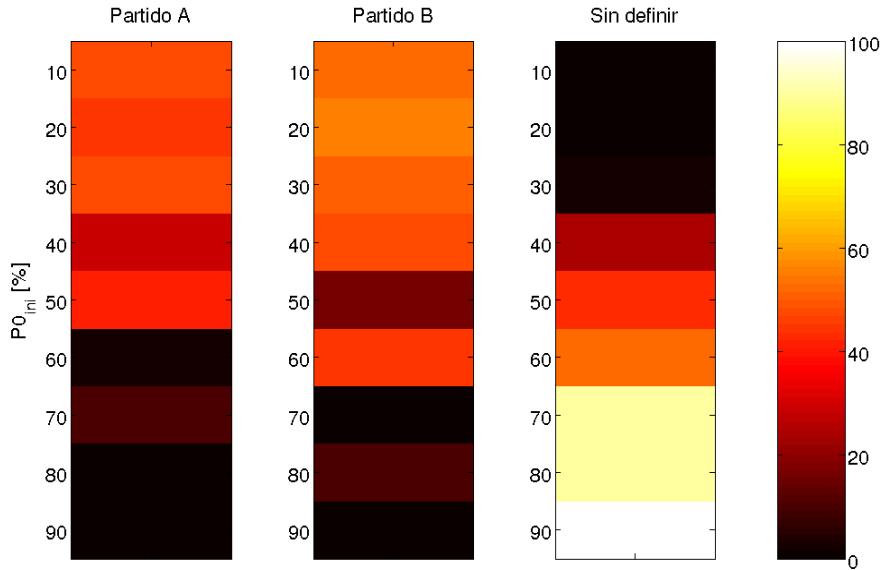
en donde `#macro(delta)` es la constante  $\Delta$ , el intervalo de convicción para ser considerado indeciso es  $\text{abs}((0,0,0)) \leq 1$ , y por ende cuando el estado de la celda es mayor a la unidad, el sujeto es considerado partidario. Dependiendo el signo de la convicción del partidario, el indeciso aumentará o disminuirá su convicción para acercarse. En este caso, la capa superior  $((0,0,1)=2)$  indica que la celda interactúa con la celda adyacente superior (ver figura 1b)

Otro ejemplo de cómo nuestro modelo se traduce a las reglas mencionadas puede ejemplificarse usando la regla 2, en donde la interacción entre individuos de partidos contrarios resulta atractiva o repulsiva con igual probabilidad:

```
rule : { if( randInt(1) < 1, (0,0,0) + #macro(delta), (0,0,0) - #macro(delta) )   }
100 { (0,0,1)=2 and abs((0,0,0))>1 and (0,0,0)*(0,1,0)<1 }
```

En este caso, la regla verifica si la celda se encuentra en un estado partidario ( $\text{abs}((0,0,0)) > 1$ ) y si la celda con la cual interactúa también. La condición  $(0,0,0)*(0,1,0) < 1$  garantiza que las celdas sean de partidos contrarios. Finalmente, el factor de azar `randInt(1)` determina el tipo de interacción resultante.

Para estudiar la dinámica global de la población sometida a estas reglas, se inicializaron distintas simulaciones con una distribución aleatoria uniforme de convicciones sobre todos los individuos, fijando un porcentaje  $P_0$  de personas no definidas. El resto de los individuos fue distribuido equitativamente entre ambas listas, con una distribución de probabilidad uniforme. La ubicación espacial de este subconjunto también es determinada de manera aleatoria. Esto fue realizado con un programa externo (`Cond_ini.c`). Mediante las reglas establecidas, se dejó evolucionar al sistema un tiempo  $T$  y se observó posteriormente su estado global. Este procedimiento fue repetido un número  $R$  de veces con el fin de obtener un acercamiento estadístico al problema. Los parámetros utilizados en las simulaciones fueron  $N=10$ ,  $T=4\text{min}$ ,  $R=10$ ,  $\Delta=0,1$ ,  $Tau=100\text{ms}$ . La figura 3 muestra los resultados del análisis, al variar la cantidad de sujetos indecisos  $P_0$ .



**Figura 3** Promedio de individuos en cada estado realizado sobre todas las simulaciones, al variar el porcentaje inicial de personas indecisas  $P_0$ . El resto de la población inicial es distribuido uniforme y equitativamente entre ambas listas. El código de color (derecha) indica el porcentaje de votos promedio.

Se tomó el siguiente criterio para decidir el estado global final de la simulación: Si un partido alcanza al menos un 70% de adeptos en el estado final, se lo considera ganador (unipartidismo). Lo mismo ocurre con los indecisos. Por otro lado, si el número de indecisos es menor que 20% y uno de los dos partidos tiene al menos un 40% de votos, se considera que el estado final es un empate entre los dos partidos políticos (bipartidismo). Con esta información, se interpretaron los resultados de las gráficas presentadas en la figura 3. Para bajos valores iniciales de individuos indecisos (menor o igual al 30%), el estado final converge al bipartidismo. Luego existe una zona (entre 40% y 60% de indefinidos iniciales) en los que conviven estados de bipartidismo con unipartidismo. Ya en  $P_0 = 60\%$ , los dos estados posibles son unipartidismo o completa indecisión (unipartidismo de los indecisos). Por arriba de los 70% de votantes sin predilección sobre las listas, la población total tiende a no consensuar una opinión.

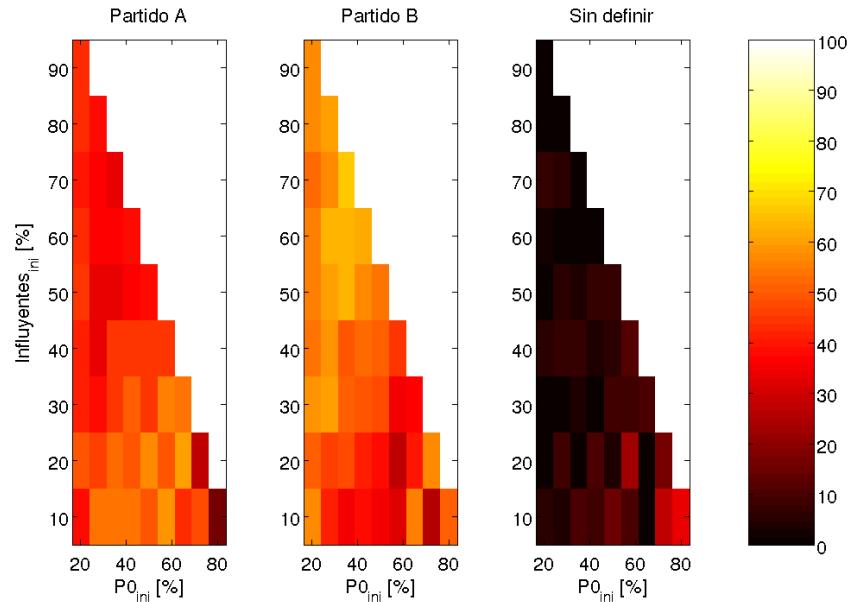
Como se mencionó al inicio de este trabajo, el estudio de la dinámica de opinión puede ser la clave de una campaña exitosa. Desde el punto de vista de las listas políticas, poblaciones con un mínimo de 60% de individuos desinformados son -en el marco de este modelo- un verdadero problema. Dado que se asume que las reglas de interacción son propias de la población, se propone una estrategia para abordar el problema de una indecisión global final.

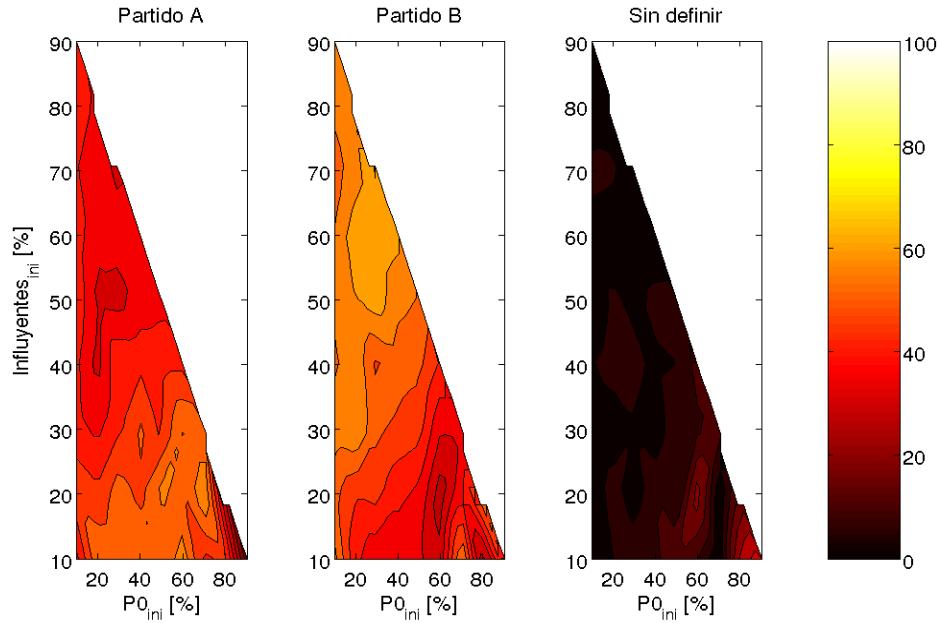
## Escenario 2: Distribución no uniforme de votantes

Conociendo los mecanismos que rigen a la comunicación de las masas, ¿puede una lista política desarrollar una estrategia ganadora a partir de la eficiencia de convicción de sus partidarios? En este escenario, planteamos las mismas reglas que el caso anterior, variando sutilmente las distribuciones iniciales de personas. El porcentaje  $P_0$  es nuevamente distribuido de manera equiprobable en el intervalo  $[-1;1]$ . El resto de los individuos es separado en partes iguales hacia ambas listas. A diferencia del caso anterior, la forma de asignarles su convicción es la siguiente: un porcentaje de votantes, al que se lo llamará “*influyentes*”, se les infundirá una convicción extrema a su partido, mientras que el resto será distribuido equiprobablemente dentro de la convicción de la lista. A modo de ejemplo, un escenario en donde inicialmente un 60% de la población se encuentra indecisa, el resto de los individuos podrían estar distribuidos como 15% de influyentes y 5% de votantes pasivos, en cada partido.

En las simulaciones se tomó  $|C_i| \geq 2,8$  como influyentes, dejando a las personas con  $1 < C_i < 2,8$  como “*votantes pasivos*”. En todo momento, la cantidad de influyentes de ambos partidos se las mantuvo iguales (si  $P_0$  es impar, un partido tendrá un votante pasivo más que el otro).

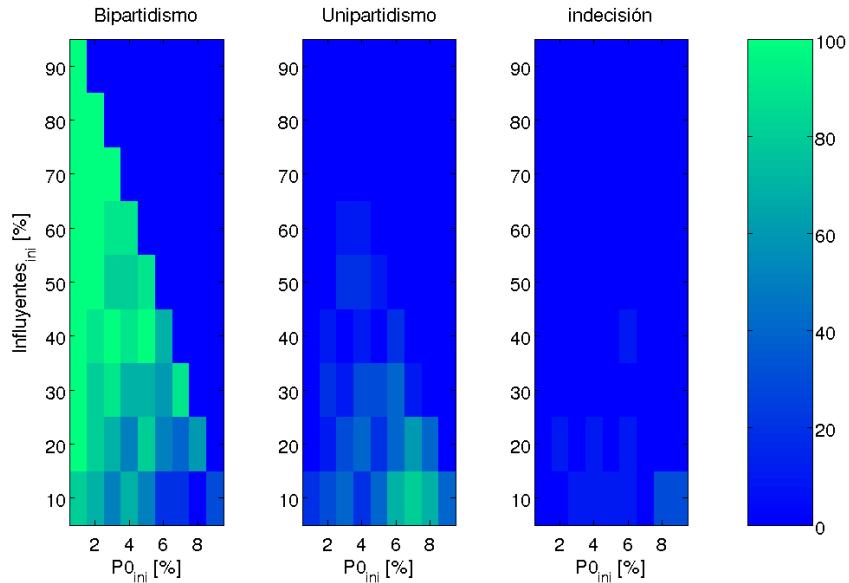
Con esta nueva distribución inicial de individuos dentro de cada partido político, surge la inmediata pregunta si es suficiente para evitar estados globales de indecisión al tener una población previamente desinformada. Para responderla, se llevaron a cabo simulaciones bajo los mismos parámetros del escenario anterior. Los resultados pueden apreciarse en la figura 4.





**Figura 4** Promedio de individuos en cada estado realizado sobre todas las simulaciones, en el espacio de condiciones iniciales  $P_0$  (porcentaje de personas indecisos) e Influyentes (ubicados en las proximidades de los bordes del intervalo de convicción). Representación discreta (superior) y representación mediante interpolación (inferior). La diagonal marca los casos en los que la suma de estas dos cantidades es igual al ciento por ciento. En estos escenarios, la simulación carece de votantes pasivos para sendos partidos.

Como en el caso previo, para cada par inicial de valores ( $P_0, \text{Influyentes}_{\text{ini}}$ ) se tabularon la cantidad de individuos en cada uno de los tres estados posibles (partido A, partido B, indeciso), una vez finalizada la simulación. Luego de  $R$  iteraciones, estos datos fueron promediados. Para una mejor visualización, se optó por representar los resultados de las simulaciones mediante curvas de nivel interpoladas, las cuales permiten contemplar con mayor precisión los gradientes de estados. En una rápida inspección de la figura 4 se aprecia la carencia, casi absoluta, de estados finales indecisos (zonas negras según el código de color). Aún en los escenarios en donde dominan los indefinidos (aproximadamente  $P_0 = 90\%$ ), la introducción de un reducido número de influyentes (10%) es suficiente para diezmar la indiferencia al voto. Respecto a la dinámica de los dos partidos, esta representación no permite diferenciar de manera precisa los estados de bipartidismo de los de unipartidismo. Utilizando luego los criterios de victoria establecidos en la primera sección, se estudió el promedio de ganadores sobre todas las simulaciones.



**Figura 5** Promedio de victorias realizado sobre todas las simulaciones, en el espacio de condiciones iniciales  $P_0$  e Influyentes. Si un partido logra tener al menos 70% de adeptos, se lo considera ganador (unipartidismo). Si esto ocurre con las personas no definidas, el resultado decanta en la indecisión global. El bipartidismo se alcanza si sendos partidos logran tener al menos un 40% de los votos

Con esta nueva representación (figura 5) se observa una amplia región de condiciones iniciales en las cuales el bipartidismo es el estado final de mayor predominancia. La ruptura de esta simetría por parte de una de las listas, se efectúa en una pequeña zona en donde es necesario tener un alto porcentaje de indecisos y una baja cantidad de influyentes. En estos escenarios en donde la población se encuentra polarizada (un gran número de individuos con convicción en módulo menor que uno y un pequeño número con valores en módulo cercanos a tres), el número de votantes pasivos pueden tener un rol primordial a la hora de definir la elección. Por otro lado, como ya fue analizado previamente, el estado de indecisión total queda completamente reprimido.

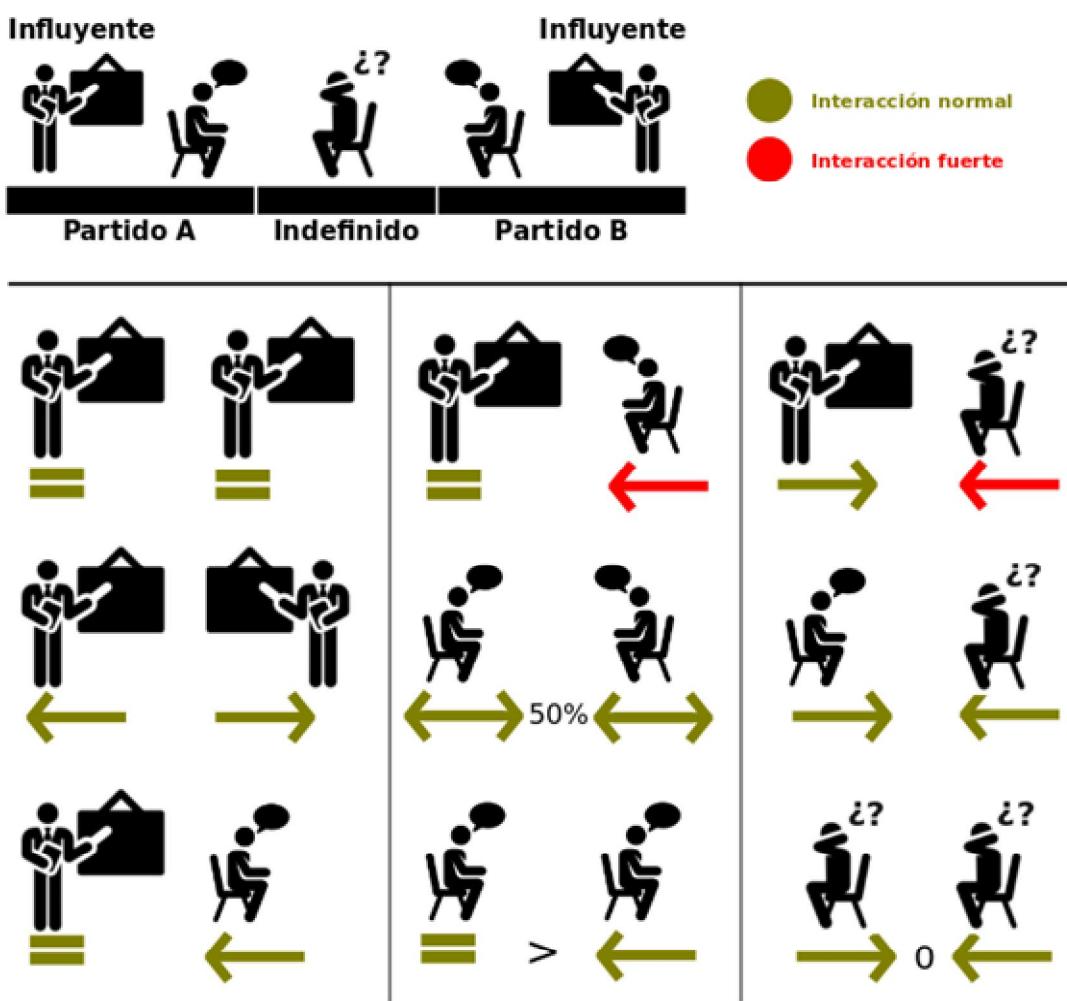
Se ha logrado evitar caer en estados indefinidos simplemente imbuyendo a un número de votantes con una mayor convicción hacia su partido. Si bien la importancia de los extremos del fanatismo ha resuelto el susodicho percance, desde el punto de vista de las listas políticas, el bipartidismo no es el estado ganador. Utilizando los resultados de este escenario, ¿es posible generar condiciones para las cuales los partidos políticos sean los ganadores?

### Escenario 3: Dinámica de influyentes

Intuitivamente, los individuos con mayor grado de compromiso dentro de un partido no sólo contagiarán de entusiasmo a sus pares, sino que también captarán mejor la atención a las personas que desconocen la lista política. Asimismo, es de esperar que la interacción con rivales con el mismo fanatismo, no siempre decante en un consenso de opinión. Estas situaciones, sumado a la importancia que se ha observado sobre los sujetos en los extremos

del intervalo, motivan a la introducción de reglas sobre la dinámica de cómo se modifica la convicción de los influyentes.

Los influyentes mantendrán su postura al interactuar con cualquier individuo de su partido (votante pasivo u otro influyente) o con algún votante pasivo rival. Como ocurría anteriormente, los cuestionamientos de los indecisos disminuirán su convicción sobre su partido. Sin embargo, la interacción con un influyente rival será meramente repulsiva. El poder de convicción de estos sujetos atraerán tanto a los votantes pasivos de su partido, como a los del partido contrario y a los indefinidos. Éstas dos últimas personas sentirán una atracción de mayor intensidad que las demás. Un esquema de las interacciones se resume en la figura 6, siguiendo la convención de la figura 2.



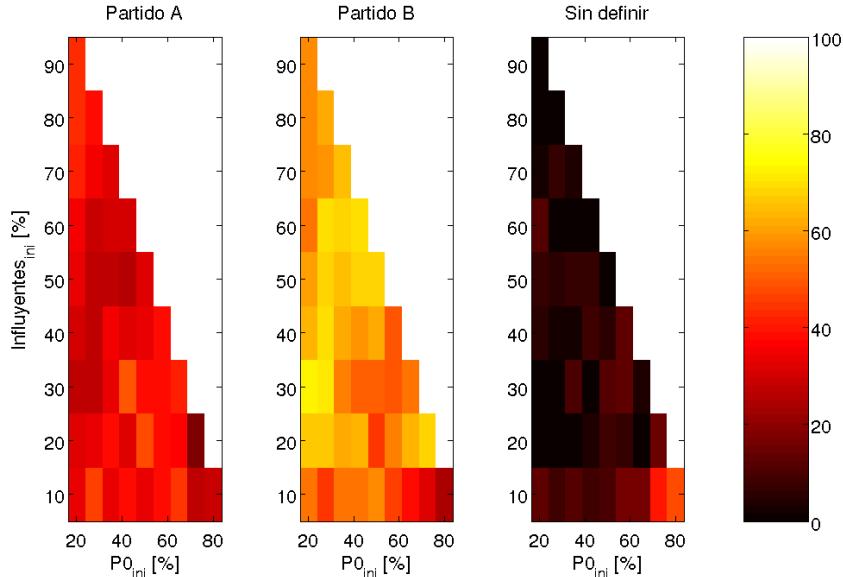
**Figura 6** Esquema de las reglas de interacciones utilizadas en el modelo, teniendo en cuenta a los influyentes. Las flechas indican el aumento o decrecimiento de la convicción de cada individuo, mientras que los colores denotan la intensidad de las interacciones.

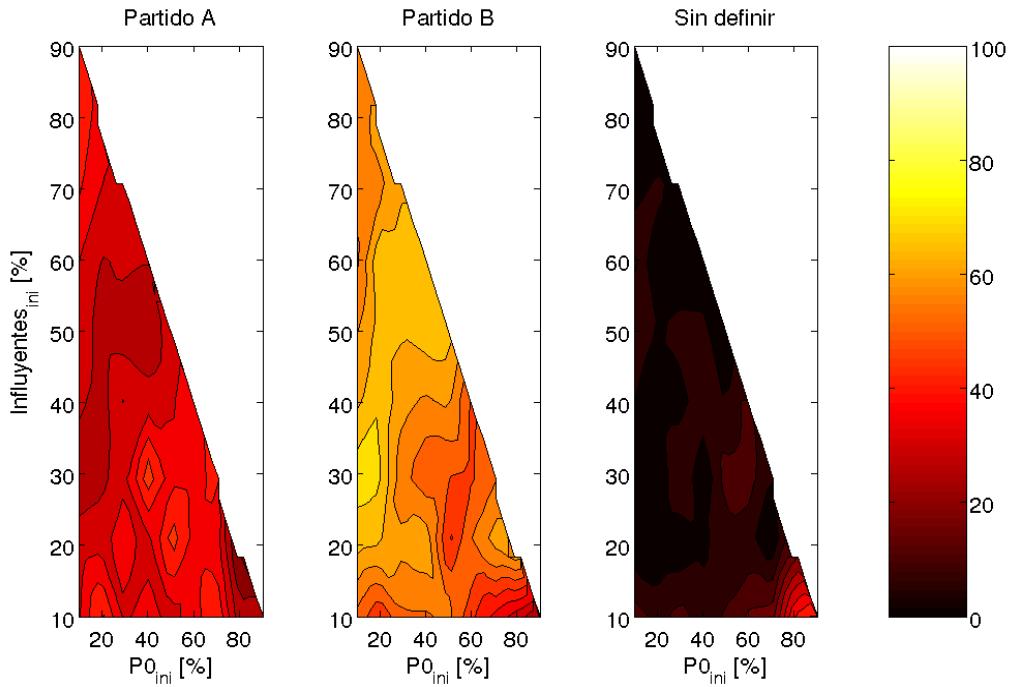
En el modelo, las reglas para los sujetos con  $|C_i| \geq 2,8$  se expresan como:

1. Si  $|C_{i,j}| \geq 2,8$  y  $C_i * C_j > 0$ , su estado no cambia. Si  $C_i * C_j < 0$ , entonces  $C_i \rightarrow C_i + \Delta$  y  $C_j \rightarrow C_j - \Delta$  ( $C_i < 0$ ).
2. Si  $C_i \geq 2,8$  y  $1 < C_j < 2,8$ , entonces  $C_i \rightarrow C_i$ ,  $C_j \rightarrow C_j + \Delta$  (idem para el otro partido).
3. Si  $C_i \geq 2,8$  y  $-1 > C_j > -2,8$ , entonces  $C_i \rightarrow C_i$ ,  $C_j \rightarrow C_j + q * \Delta$  (idem para el otro partido).
4. Si  $C_i \geq 2,8$  y  $|C_j| \leq 1$ , entonces  $C_i \rightarrow C_i - \Delta$ ,  $C_j \rightarrow C_j + q * \Delta$  (idem para el otro partido).

Se observa la aparición de un factor “q” el cual denota la intensidad de interacción de los influyentes frente a los indecisos y votantes pasivos del partido contrario. En las simulaciones se tomó el valor  $q=2$ .

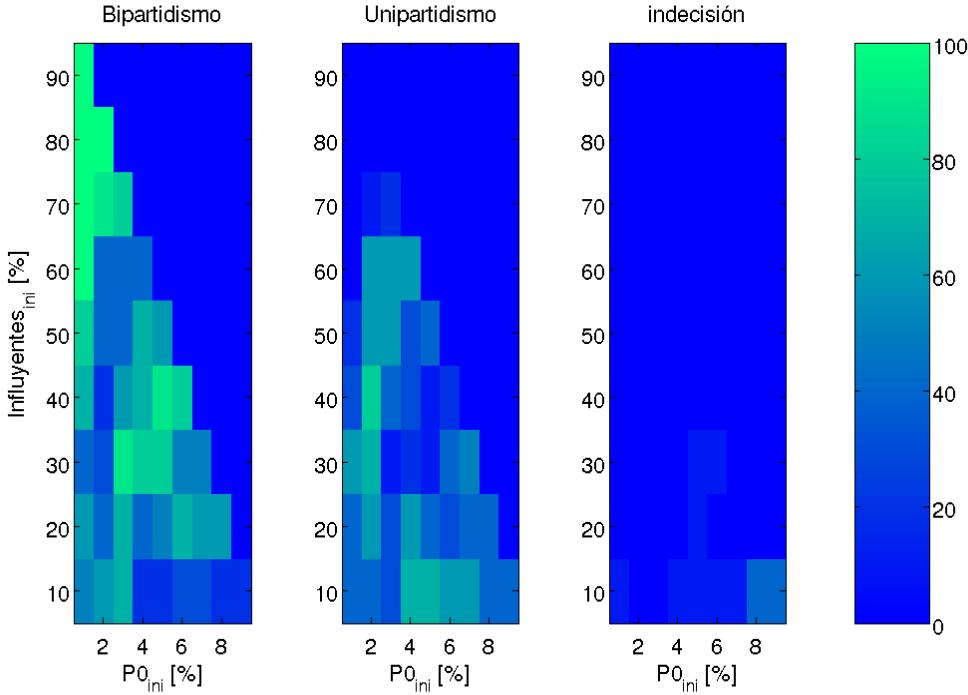
Habiéndose establecido las reglas del nuevo modelo, se volvieron a correr las simulaciones utilizando tanto los parámetros de los escenarios previos, como también respetando la manera de asignar la convicción a cada individuo.





**Figura 7** Promedio de individuos en cada estado realizado sobre todas las simulaciones, en el espacio de condiciones iniciales  $P_0$  e Influyentes. Representación discreta (superior) y representación mediante interpolación (inferior). La dinámica que rige a los influyentes es diferente al resto de los individuos.

La figura 7 vuelve a mostrar la desaparición de estados de indecisión global, independientemente de la condición inicial. Por otro lado, la distribución de sujetos, comparado con los resultados de la figura 4, marca -en promedio- una aparente tendencia al partido B. Tal como se hizo en el caso anterior, se analizó la distribución de victorias en cada simulación.



**Figura 8** Promedio de victorias realizado sobre todas las simulaciones, en el espacio de condiciones iniciales  $P_0$  e Influyentes. La dinámica que rige a los influyentes es diferente al resto de los individuos.

Se observa en la figura 8 un aumento en la región de condiciones iniciales en las que uno de los dos partidos obtiene la victoria (comparar con fig. 5). Esta zona, comprende principalmente los escenarios en donde el porcentaje de individuos indecisos oscila entre el 20% y el 40%, mientras que los influyentes no supera al 50%. Vale recalcar que esta región es particularmente sensible a las condiciones iniciales, por lo que la línea divisoria entre la victoria de un partido y el bipartidismo es muy tenue. Finalmente, tal como ocurría en el caso anterior, al predominar los influyentes en una población inicial (por arriba del 70%) y tenerlos distribuidos de igual forma entre las listas, el bipartidismo es un estado final razonablemente estable.

La introducción de una dinámica especial para los individuos influyentes, la cual refleje su ahínco por su partido, fue suficiente para generar una región la cual posibilita la victoria de su partido.

## 4.- Conclusiones

En este trabajo se estudió el rol de los individuos con más influencia dentro de un partido político, a la hora de definir una determinada votación electoral. Para ello se partió del modelo de Balenzuela [2] el cual no sólo plantea un abanico de convicciones frente a las dos listas políticas en disputa, si no que además otorga la posibilidad de mantenerse en un estado de indecisión. Mediante la formulación de reglas de interacción entre los participantes, se observó que el estado final de completa indiferencia podía ser aniquilado por completo simplemente introduciendo en la población individuos con más influencia de cada partido. Esto genera principalmente escenarios finales en donde ambos partidos tienen igualdad de

votos. Con el fin de romper esta simetría, se introdujo luego una dinámica particular para los sujetos influyentes de cada lista, la cual les permite convencer con mayor facilidad a los sujetos con los que interactúan. Esto fue suficiente para lograr una zona, en el espacio de condiciones iniciales, en la cual los partidos políticos pueden obtener su victoria.

En un anterior trabajo [1], el rol de las personas sin decisión definida jugaba un papel fundamental a la hora de dictaminar el estado final de una votación. Ahora, ante escenarios similares, es el poder de unos pocos sujetos influyentes son los que terminan inclinando la balanza. La suma de estos resultados lleva a reflexionar acerca de los pesos de los pequeños factores dentro de una escala global, los cuales pueden realmente marcar la diferencia.

## 5.- Bibliografía

[1] Dima. G., Sosa E. Trabajo Práctico 2 - Modelo de dinámica de opinión, Simulación de eventos discretos, 2C 2016,

[2] Balenzuela, P., Pinasco, J. P., & Semeshenko, V. (2015). The undecided have the key: Interaction-driven opinion dynamics in a three state model. *PloS one*, 10(10), e0139572.