

# UACM

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

*Nada humano me es ajeno*

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

**MAESTRÍA EN DINÁMICA NO LINEAL Y SISTEMAS COMPLEJOS**

***"Estudio de los efectos de perturbaciones a la estabilidad cultural en humanos mediante un modelo basado en agentes"***

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN DINÁMICA NO  
LINEAL Y SISTEMAS COMPLEJOS

PRESENTA:

**Josiane Jaime Rodríguez Suárez**

Director de tesis

**Dr. Felipe Humberto Contreras Alcalá**

México, D.F. Mayo 2014

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

#### DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

A mis hijas María Fernanda y Ana Paola.  
Con cariño.

# Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Autónoma de la Ciudad de México y a todos y cada uno de los profesores que integran la academia de Dinámica No Lineal y Sistemas Complejos por haberme formado en el nivel maestría en un ambiente de cordialidad, respeto, equidad y aprendizaje libre.

A cada uno de los lectores que anablemente y sin interés alguno que no fuese el camino de la verdad y del saber, leyeron el presente trabajo haciéndolo mejor con sus observaciones oportunas y precisas y por todo el apoyo mostrado.

A todos ustedes ¡muchas gracias!

Josiane Rodríguez

# Objetivos

## Objetivo general

Describir una propuesta de un modelo basado en agentes, que simule el intercambio cultural entre individuos en sociedad, utilizando una zona común para perturbar la dinámica de una comunidad virtual programada. El modelo está basado en una variante del modelo de intercambio culturas de Axelrod con confianza limitada, agregando una zona común y movimiento a los agentes.

## Objetivos particulares

- Confirmar la factibilidad de aplicar modelos basados en agentes para modelar comunidades habitacionales y en general a cualquier grupo social.
- Describir el comportamiento cultural global de una comunidad virtual en un régimen de total atracción bajo perturbaciones de una zona común.
- Describir el comportamiento cultural global de una comunidad virtual con límites de confianza diversos y bajo diferentes longitudes de perturbaciones de una zona común.

# Índice general

<b>I</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>6</b>
<b>1.</b>	<b>Introducción</b>	<b>7</b>
1.1.	Introducción a los modelos sociales . . . . .	7
1.1.1.	Grupos sociales y comunidad habitacional . . . . .	7
1.1.1.1.	Definición . . . . .	7
1.1.1.2.	Importancia de estudiar los grupos sociales . . . . .	8
1.1.2.	Estudios acerca de la transmisión cultural: Memética . . . . .	8
1.1.2.1.	Los replicadores . . . . .	8
1.1.2.2.	Replicadores parásito . . . . .	9
1.1.2.3.	Problemas culturales en una comunidad habitacional . . . . .	10
1.1.3.	Trabajos computacionales sobre el modelado de sociedades y la difusión cultural . . . . .	10
1.1.3.1.	Sociedades artificiales . . . . .	10
1.1.3.1.1.	¿Por qué es necesario utilizar la computadora para modelar sistemas sociales? . . . . .	10
1.1.3.1.2.	Sistema complejo . . . . .	11
1.2.	Introducción al modelo de Axelrod . . . . .	14
1.3.	Introducción al modelo de Axelrod con limitación de confianza de Flache y Macy . . . . .	16
<b>2.</b>	<b>Un modelo de Axelrod con limitación de confianza</b>	<b>18</b>
2.1.	Definición de los agentes . . . . .	18
2.2.	Definición de distancia cultural. . . . .	18
2.3.	Probabilidad de intercambio. . . . .	19
2.4.	Definición del espacio de influencia cultural. . . . .	19
2.5.	Reglas para el intercambio cultural. . . . .	20
2.6.	Comparación del modelo con los modelos de referencia . . . . .	23
2.6.1.	Comparación con el modelo de Axelrod . . . . .	23
2.6.2.	Comparación con el modelo de Flache y Macy . . . . .	24
<b>3.</b>	<b>El modelo propuesto con movimiento y zona común</b>	<b>27</b>
3.1.	Experimentos . . . . .	29
3.1.1.	Experimento 1 (Cambios de cultura en los hogares) . . . . .	30

3.1.1.1.	Resultados heurísticos . . . . .	30
3.1.1.2.	Resultados gráficos . . . . .	31
3.1.1.3.	Interpretación de resultados . . . . .	32
3.1.2.	Experimento 2 (Tiempos de monoculturalización global) . . . . .	34
3.1.2.1.	Resultados heurísticos . . . . .	34
3.1.2.2.	Resultados gráficos . . . . .	35
3.1.2.3.	Interpretación de resultados . . . . .	36
3.1.3.	Experimento 3 (Influencia de la zona común como perturbación en un régimen no totalmente atractivo) . . . . .	37
3.1.3.1.	Experimento 3.1 (Zonas de multiculturalidad y monoculturalidad en el modelo con movimiento) . . . . .	37
3.1.3.2.	Resultados gráficos del experimento 3.1 . . . . .	37
3.1.3.3.	Experimento 3.2 (Zonas de multiculturalidad y monoculturalidad en el modelo con movimiento con valores fijos) . . . . .	38
3.1.3.4.	Resultados gráficos del experimento 3.2 . . . . .	38
3.1.3.5.	Interpretación de resultados . . . . .	38
<b>4.</b>	<b>Parte final</b> . . . . .	<b>39</b>
4.1.	Conclusiones . . . . .	39
4.2.	Trabajos futuros . . . . .	41
<b>II</b>	<b>Anexos</b> . . . . .	<b>42</b>
<b>A.</b>	<b>Interfaz gráfica del programa</b> . . . . .	<b>43</b>
A.1.	La interfaz . . . . .	43
A.2.	Los agentes . . . . .	47
A.3.	La simulación . . . . .	49
A.4.	Ejemplo de ejecución . . . . .	54
<b>B.</b>	<b>Código en Netlogo del programa de intercambio cultural</b> . . . . .	<b>57</b>
<b>III</b>	<b>Bibliografía</b> . . . . .	<b>74</b>

Parte I  
Desarrollo

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Introducción a los modelos sociales

#### 1.1.1. Grupos sociales y comunidad habitacional

##### 1.1.1.1. Definición

La finalidad de éste trabajo es presentar un modelo que describa un nuevo mecanismo de difusión cultural en una *comunidad habitacional*, y confrontarlo con los resultados que arrojan otros modelos aceptados para el mismo fin. Posteriormente se utilizará para obtener algunos resultados interesantes sobre el comportamiento global de la cultura en grupos sociales en función de diversas longitudes de perturbaciones. Para ello necesitamos definir al objeto con el cual trabajaremos.

Una *comunidad habitacional* es un *grupo social*. Un *grupo social* es un sistema formado por un conjunto de personas que desempeñan roles recíprocos dentro de la sociedad. Se define a partir de una serie de variables, como el salario promedio, el nivel educativo, la ocupación, etc. Este conjunto puede ser fácilmente identificable debido a que las personas dentro de él actúan de acuerdo con mismas normas, valores y objetivos acordados [8].

Como ejemplos de grupos sociales tenemos a las asociaciones civiles, partidos políticos, universidades, clubes y comunidades habitacionales.

Como grupo social, podemos definir a la *comunidad habitacional* como aquel grupo de personas que viven en hogares contiguos, e interaccionan entre ellas debido a su cercanía. Los gobiernos utilizan el concepto de comunidad habitacional como un instrumento utilizado para minimizar el problema de espacios en las grandes ciudades, resultado de la alta demanda de sus habitantes por un espacio para vivir [8].

### 1.1.1.2. Importancia de estudiar los grupos sociales

Las personas son los componentes y esencia de los grupos sociales [15], sus actividades que realizan en conjunto definen el comportamiento de estos mediante una interrelación que, como lo afirma Philip J. Farmer: *Todos los acontecimientos, y por tanto, todos los hombres, están interconectados en una tela de araña irrompible. Lo que un hombre hace, no importa cuán insignificante parezca, vibra por las hebras y afecta a todos los demás hombres*[5].

Es importante estudiar grupos sociales mediante modelos debido a que *el cambio cultural en sociedades es una forma de evolución*[42]. Es de interés el poder recrear las situaciones a imitar, para posteriormente predecir comportamientos grupales en dichos grupos sociales. Por ejemplo, el conocer la manera en cómo se difunde una idea, cómo se propaga un rumor, cómo se disemina un mal hábito, etc. Sería de mucha utilidad conocer éstos mecanismos para predecir la evolución del grupo social a tiempos próximos.

### 1.1.2. Estudios acerca de la transmisión cultural: Memética

En 1976, Richard Dawkins publicó su libro llamado *El gen egoísta*<sup>1</sup>, en cuyo prefacio el mismo Dawkins afirma que *el libro debe ser leído casi como si se tratase de ciencia ficción*[13, página 3] debido a los novedosos puntos de vista con los que Dawkins abstraigo a la cultura.

#### 1.1.2.1. Los replicadores

En *El gen egoísta* Dawkins abstrae por primera vez al *meme*. Un *meme* es definido como la *mínima unidad cultural transmisible de persona a persona*.

El concepto de *meme* de Dawkins fue basado en el de *replicador*, éste último *es un sistema capaz de hacer copias de él mismo con la ayuda de algún otro sistema* cfr.[41], debido a esto Dawkins concibe al *meme* como un *nuevo tipo de replicador* y actualmente también es llamado *replicador cultural*.

La palabra *meme* la propuso Dawkins por la semejanza que tiene con un *gene* y por su característica de *imitar* el rasgo cultural entre personas: *mimetics*.

Una tesis que maneja Dawkins en su libro es que *una habilidad típica en los humanos es la imitación, por ejemplo aprendiendo nuevas ideas o conocimientos mediante la copia de esas ideas a otras personas que las aprendieron previamente* cfr.[41]. De esto último, Dawkins reconoce que debe existir una cantidad mínima de información cultural

---

<sup>1</sup>The selfish gene.

que debe transmitirse de persona a persona, para que el conocimiento sea transmitible *sin pérdida de información*, precisamente ésta cantidad mínima de información es el *meme*.

Desde la aparición del *meme* en 1976, la teoría de la transmisión cultural no se ha detenido. Actualmente se denomina *memética* a la ciencia que estudia modelos de transmisión y difusión culturales.

Dentro de ella se distingue que cualquier replicador cultural tiene 3 características:

- *Longevidad*: Número de copias hechas durante su vida.
- *Fecundidad*: Velocidad de transmisión del meme de persona a persona.
- *Copia-fiel*: La transmisión debe tener la menor cantidad de pérdida de información posible.

Cuando una persona transmite a otra parte de su cultura, precisamente se está transfiriendo un meme cultural del emisor al receptor y es cuando decimos que el meme se difundió. De esta manera la difusión cultural puede estudiarse como transmisión de memes.

Desde el punto de vista memético, la difusión cultural pasa por las siguientes fases:

- *Asimilación*: El meme es aprendido por alguna persona (portador del meme).
- *Retención*: El meme se mantiene en la memoria del portador.
- *Expresión*: El meme se manifiesta mediante alguna manera: visual, lingüística, etc.
- *Transmisión*: El meme se transmite a otra persona por algún medio.

### 1.1.2.2. Replicadores parásito

Para la difusión cultural no es importante la *calidad* del replicador cultural, esto es, la difusión del meme se dará independientemente si el mismo contiene información verídica o falsa, sin embargo para fines de estudios sociales es importante distinguir a la información correcta, verídica e importante tal y como lo es el descubrimiento de una vacuna, una nueva fórmula matemática ó incluso de buenos hábitos y costumbres sociales, de la información incorrecta y engañosa tal y como lo son las mentiras, rumores, hábitos adictivos, etc.

Se conocen como *memes parásito* o *memes virus* a aquellos replicadores culturales que difunden información nociva en un grupo de personas. Precisamente es de interés estudiar éste tipo de replicadores debido al impacto cultural nocivo que ejercen sobre las sociedades.

### 1.1.2.3. Problemas culturales en una comunidad habitacional

En una comunidad habitacional no solo surgen comportamientos como los malos hábitos, sino que además, en muchos grupos surgen problemas mayores tales como drogadicción, prostitución, alcoholismo, violencia intrafamiliar, robo, etc. Es importante entonces saber los mecanismos por los cuales las modas o tendencias (o memes) se difunden en una comunidad habitacional, debido a que ello tiene implicaciones en la calidad de vida de las personas que habitan dicha comunidad, y además, en base a conocer la evolución de la tendencia en el grupo, los gobiernos pueden aplicar políticas de prevención, contención y corrección en el grupo con problemas culturales [25].

## 1.1.3. Trabajos computacionales sobre el modelado de sociedades y la difusión cultural

### 1.1.3.1. Sociedades artificiales

A partir de su invención, la computadora nos ha ahorrado tiempo en el procesamiento de datos en nuestras actividades diarias, y en el análisis y simulación de modelos de difusión cultural no es la excepción.

Teniendo como herramienta a la computadora, podemos crear simulaciones de sociedades y ver el comportamiento que tienen bajo ciertas condiciones definidas, a este tipo de simulaciones se les conoce como *sociedades artificiales ó virtuales*[41].

Para modelar *sociedades artificiales* actualmente se hace uso de una técnica de modelado de sistemas llamado *programación basada en agentes (PBA)*[22].

En el paradigma de la *PBA*, cada elemento a modelar es un *agente*. Un *agente* es una entidad capaz de percibir su entorno, procesar tales percepciones y responder o actuar en su entorno de manera racional, es decir, de manera correcta y tendiendo a maximizar un resultado esperado [12]. Es capaz de percibir su medio ambiente con la ayuda de sensores y actuar en ese medio utilizando actuadores (elementos que reaccionan a un estímulo realizando una acción)(véase figura 1.1).

1.1.3.1.1. ¿Por qué es necesario utilizar la computadora para modelar sistemas sociales? Imaginemos el simular la difusión de un rumor en un vecindario.

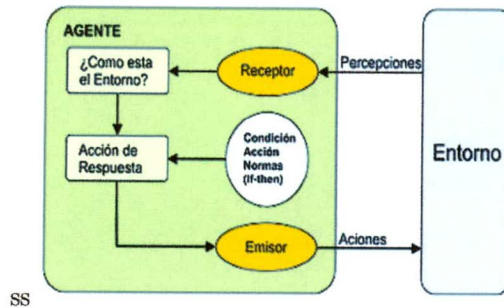


Figura 1.1: Generalización de un agente

Imaginemos que una persona inicia un rumor y se lo cuenta a otras 4, y esas mismas a otras 4 personas y así sucesivamente unas 5 veces, tendríamos entonces  $4^6 = 4096$  veces en las que se ha transmitido el rumor. Ahora imaginemos que el rumor se difunde  $n$  veces en cada etapa de difusión. El manejar una gran cantidad de variables y posteriormente observar los resultados globales hacen que en la práctica sea imposible modelarlo salvo con el uso de la computadora.

Además, es necesario precisar que la metodología de la PBA es ampliamente aplicada en el estudio de *Sistemas Complejos*. Precisamente la PBA se usa en el estudio de sistemas sociales debido a que éstos últimos son *sistemas complejos*.

**1.1.3.1.2. Sistema complejo** Sería inverosímil afirmar que el modelar una sociedad artificial utilizando herramientas computacionales es fácil, esto se debe al carácter *complejo* de la misma.

¿Qué significa que una sociedad sea *compleja* ó que un sistema sea *complejo*?

Sería contradictorio afirmar una definición exacta de lo que es un *sistema complejo*. Cada autor que los estudia los concibe de una manera diferente adecuando su definición al problema que está estudiando, sin embargo podemos concebir a un sistema complejo de acuerdo a sus características generales [35]:

Un sistema complejo:

- Está compuesto por un conjunto de elementos que interaccionan entre sí.
- Las partes interconectadas están unidas por vínculos que contienen información adicional. Estos vínculos hacen que surjan propiedades nuevas que no pueden explicarse

a partir de las propiedades de los elementos aislados. Estas propiedades son conocidas como *propiedades emergentes*.

- El comportamiento del sistema es auto-organizativo, es decir, el comportamiento del sistema se da sin la necesidad de una autoridad central que lo gobierne.

- Para describirlo, es necesario conocer las partes que lo integran y su relación entre sí.

- Sus elementos son *autónomos*, perciben su entorno y responden a cambios del mismo de forma potencialmente diferente.

- Es *adaptativo*, esto es, el comportamiento del sistema evoluciona con el tiempo.

- Las propiedades emergentes del sistema surgen cuando interactúan una *gran* cantidad de elementos en el sistema. Si se separan del mismo una cantidad *pequeña* de elementos del mismo la propiedad emergente persiste, sin embargo al eliminar consecutivamente elementos del sistema, se llegará a un instante en el que la propiedad emergente desaparece, en éste momento se dice que el sistema es *destruido*.

Veamos un ejemplo: *El flujo vehicular en grandes urbes* es un sistema complejo debido a que cumple las características mencionadas en líneas arriba. Como resultado de las interacciones entre una gran cantidad de automóviles que circulan por cierta avenida al mismo tiempo, dentro del flujo vehicular de automóviles surgirá un patron emergente llamado *tráfico vehicular*. El tráfico no puede ser estudiado mediante el análisis de un automóvil. Además el tráfico no desaparece eliminando uno, dos o tres automóviles, sin embargo al eliminar cierta cantidad de autos, el mismo desaparece.

Así mismo en los grupos sociales, cualquier comportamiento global que surja en un grupo social no podrá ser analizado mediante el estudio una persona perteneciente al grupo. Es necesario observar el comportamiento de todos sus integrantes y a partir de ahí se realicen caracterizaciones, conclusiones y posiblemente pronósticos sobre el grupo.

Para trabajar con sistemas complejos, se sugiere utilizar autómatas celulares. Un autómata celular es una matriz de lugares o células. En cada célula se localiza un agente que interactúa por lo general con sus vecinos próximos de acuerdo a ciertas reglas de interacción (véase 1.2).

Por lo general un agente siempre interactuará con sus vecinos próximos. De la teoría de autómatas celulares podemos distinguir 2 tipos de *vecindades* para cierta célula *a*: La vecindad de Newman y la vecindad de Moore:

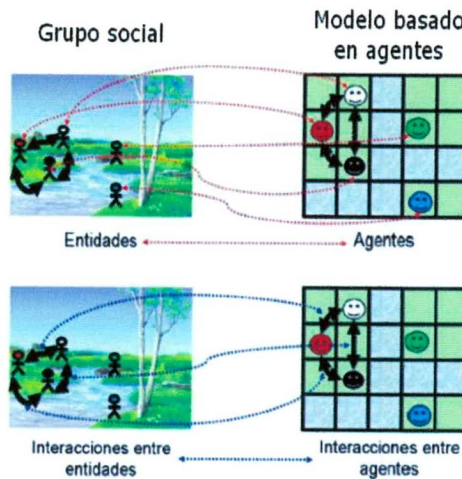


Figura 1.2: Equivalencia entre agentes y personas y sus relaciones en un modelo basado en agentes (figura tomada de [20]).

	v				v	v	v
v	a	v			v	a	v
	v				v	v	v

Vecindad de Newman (izquierda) y vecindad de Moore (derecha).

La vecindad de Newman considera únicamente como vecinos de cualquier agente  $a$  a los cuatro agentes ubicados en los puntos cardinales del agente.

La vecindad de Moore considera como vecinos de cada agente a los 8 agentes que lo rodean.

El modelado de sociedades artificiales es una rama de estudio perteneciente al de *Estudios en Dinámica de opinión*, el cual se encarga de definir y estudiar modelos usando diversas herramientas tales como *ecuaciones diferenciales*, *ecuaciones en diferencias* y los *modelos basados en agentes*[48]. Aunque este no es un tema nuevo, el modelado de dinámicas sociales no ha tenido un desarrollo tan vertiginoso como otras ramas de estudio, sin embargo se han hecho trabajos de diversos fenómenos sociales tales como *The mathematics of marriage* de John Gottman [6], ó *Laura and Petrarch: an intriguing case of cyclical love dynamics* de Sergio Rinaldi[28], ambos nos muestran aproximaciones mediante ecuaciones diferenciales y en diferencias acerca de la dinámica en los sentimientos de las parejas, incluso libros como *La evolución de la Cooperación* de Axelrod, son muestra de que el modelado matemático puede ser utilizado para describir aproxi-

maciones a dinámicas sociales reales.

Un objetivo de la presente tesis es el definir nuevo mecanismo de difusión cultural. Para ello a continuación presentaremos uno de los trabajos pioneros en éste campo de estudio, el cual ha sido tomado como punto de partida para el desarrollo del presente trabajo y de muchos otros: El modelo de difusión cultural de Axelrod.

## 1.2. Introducción al modelo de Axelrod

En 1997, Robert Axelrod, profesor de ciencias políticas y políticas públicas de la Universidad de Michigan, propuso un modelo de difusión cultural el cual publicó en su artículo *The Dissemination of Culture, a model with local convergence and global polarization*.

Para Axelrod *la cultura es algo que la gente aprende de cada una* cfr.[36]. Además puede representarse mediante vectores de dimensión  $F$  definidos en  $U \subset \mathbf{N} \cup \{0\}$ . Además cada agente lo representa mediante su vector cultural definido como:

$$V_i = \begin{pmatrix} \sigma_{i1} \\ \sigma_{i2} \\ \vdots \\ \sigma_{if} \\ \vdots \\ \sigma_{iF} \end{pmatrix}$$

Las  $F$  entradas del vector anterior son conocidas como *características culturales*, éstas representan cada conocimiento que el agente *conoce*. Los valores  $\sigma_{i,f} \in \{1, 2, 3, \dots, q\}$  son conocidos como *rasgos culturales*. Este vector así definido es conocido como *vector cultural*.

Por ejemplo, pensemos en un vector cultural con 4 entradas:

$$V_i = \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \end{pmatrix}$$

La entrada  $\sigma_1$  podría representar el gusto por la comida del agente  $i$ , la entrada  $\sigma_2$  por la música,  $\sigma_3$  por los autos y la  $\sigma_4$  por algún deporte.

De esta manera si dos agentes  $i$  y  $j$  tienen alguna entrada idéntica en sus vectores culturales respectivos, entonces comparten el mismo gusto en esa misma entrada cultural. Si ambos tienen el valor de 3 en la primera entrada  $\sigma_1$ , significa que tienen afición por el mismo tipo de comida.

El modelo de Axelrod original considera un autómata celular de  $10 \times 10$  células, cada una ocupada por un agente representado por su vector cultural. Cada característica cultural es elegida aleatoriamente entre los valores enteros  $\{0, 1, 2, \dots, q-1\}$ .

El modelo de Axelrod es un modelo *homofílico*, esto es, los agentes siempre desean saber lo que el otro agente conoce, de tal manera que las interacciones en éste modelo se caracterizan por la copia de alguna entrada del agente *pasivo* (agente que no modifica su acervo cultural) en la entrada del agente *activo* (agente que modifica su acervo cultural), dándose un tipo de *atracción cultural* entre los agentes. La interacción dependerá de la *afinidad* cultural entre los agentes a interactuar, esto es, será más probable que 2 agentes interactúen siempre y cuando tengan *culturas parecidas*, o sea, que sus vectores culturales tengan varias entradas idénticas. En varios artículos podemos encontrar definida a la métrica anterior como el *overlap* de los vectores de los agentes  $i$  y  $j$  como:

$$o_{i,j} = \frac{1}{F} \sum_{k=1}^F \delta(\sigma_{ik}, \sigma_{jk}) \quad (1.1)$$

Donde  $\delta(x, y)$  representa a la función *delta* de Kronecker.

Por último, Axelrod afirma que la probabilidad de interacción entre los agentes  $i$  y  $j$  depende del *overlap* de sus vectores culturales, por lo tanto:

$$p_{i,j} = o_{i,j} \quad (1.2)$$

Por ejemplo, es más probable que dos agentes con 5 entradas en común interactúen que dos agentes con 2 entradas en común.

Entre los resultados importantes del modelo de Axelrod, podemos mencionar que, aún y cuando se esperaría que todos los agentes pudiesen tener a la larga el mismo vector cultural por el factor *imitación* (llegando a un estado monocultural global), esto no ocurre, sino que la matriz se divide en zonas con culturas diversas (figura 1.3) (régimen multicultural).

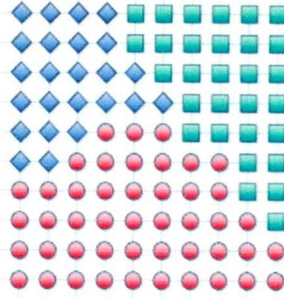


Figura 1.3: Multiculturas que se forman en la rejilla aplicando el modelo de Axelrod, figura tomada de [21].

### 1.3. Introducción al modelo de Axelrod con limitación de confianza de Flache y Macy

Debido a su sencillez el modelo de Axelrod ha sido objeto de inspiración y uso en muchos otros modelos de difusión cultural, uno de ellos considera una limitación fija sobre el porcentaje de entradas en común de los agentes. A éste tipo de modelos se les conoce como *modelos de limitación de confianza ó bounding confidence*.

En el artículo *What sustains stable cultural diversity and what undermines it? Axelrod and Beyond*[47], Andreas Flache y Michael W. Macy del departamento de Sociología de las universidades de Groningen y Cornell respectivamente, proponen un modelo de Axelrod limitando el porcentaje de empalmes en las entradas culturales de los agentes que interactúen, implementando así un modelo de Axelrod con limitación de confianza.

En su modelo Flache y Mace adoptan el mismo autómata de Axelrod, considerando la función de *overlap* para la entrada cultural  $f$  de los agentes  $i$  y  $j$  como:

$$o_{ijf} = \begin{cases} 1 - \frac{|s_{if} - s_{jf}|}{q-1}, & \text{si } f > F_n \\ 0, & \text{si } f \leq F_n \text{ y } s_{if} \neq s_{jf} \\ 1, & \text{si } f \leq F_n \text{ y } s_{if} = s_{jf} \end{cases} \quad (1.3)$$

Una vez encontrado los *overlap* de las entradas en los vectores culturales, Flache y Macy proceden a sumarlos y normalizarlos, definiendo el *overlap* entre los agentes  $i$  y  $j$  como:

$$o_{ij} = \frac{1}{F} \sum_{f=1}^F o_{ijf} \quad (1.4)$$

Y por último, tomando el  $o_{ij}$ , definen la probabilidad de interacción de los agentes  $i$  y  $j$  como:

$$p_{ij} = \begin{cases} r' & o_{ij} \leq \tau \\ o_{ij}, & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (1.5)$$

Donde  $r'$  es una probabilidad fija que se aplicará como probabilidad de interacción siempre y cuando el *overlap*  $o_{ij} \leq \tau$ , la  $\tau$  es el valor límite de la confianza en el modelo.

Es de notar que si  $F_n = F$  y  $o_{ij} > \tau$ , el modelo de Flache y Macy se reduce a un modelo de Axelrod con confianza limitada.

## Capítulo 2

# Un modelo de Axelrod con limitación de confianza

### 2.1. Definición de los agentes

Cada persona en nuestro modelo será un agente  $i$  representado por su *vector cultural* con  $F$  entradas, cada entrada representará una característica cultural ordinal:

$$i = \begin{pmatrix} \sigma_{i1} \\ \sigma_{i2} \\ \vdots \\ \sigma_{if} \\ \vdots \\ \sigma_{iF} \end{pmatrix}$$

Con  $\sigma_{i,f} \in \{0, 1, 2, 3, \dots, q-1\}$  asignado de forma aleatoria.

En cada entrada existirá un número entero entre 0 y  $q-1$ , teniendo  $q$  posibilidades en cada entrada del vector cultural.

### 2.2. Definición de distancia cultural.

Usando el hecho de que la *cultura* la representamos mediante un vector, podemos definir a la *distancia cultural* entre los agentes  $i$  &  $j$ ,  $D_c(i, j)$  en base a la norma 1 en  $R^n$  como:

$$D_c(i, j) = \frac{1}{(q-1)F} \sum_{f=1}^F |\sigma_{if} - \sigma_{jf}| \in [0, 1] \quad (2.1)$$

Donde el término  $\frac{1}{(q-1)F}$  es un término de normalización.

La variación mínima de  $D_c(i, j)$  se presenta cuando solo hay una entrada diferente entre los agentes y cuya diferencia sea  $\pm 1$ . Esta variación mínima la llamaremos  $D_c(i, j)_{\text{mínima}}$ :

$$D_c(i, j)_{\text{mínima}} = \frac{1}{(q-1)F} \quad (2.2)$$

### 2.3. Probabilidad de intercambio.

Los agentes  $i$  y  $j$  intercambiarán características culturales con una probabilidad de intercambio  $P_i(i, j)$  igual a:

$$P_i(i, j) = 1 - D_c(i, j) \quad (2.3)$$

La cual satisface las siguientes propiedades:

$$\text{Si } D_c(i, j) \rightarrow 0 \Rightarrow P_i(i, j) \rightarrow 1 \quad (2.4)$$

$$\text{Si } D_c(i, j) \rightarrow 1 \Rightarrow P_i(i, j) \rightarrow 0$$

Las propiedades 2.4 nos afirman lo siguiente:

- Si los agentes son culturalmente cercanos ( $D_c(i, j) \rightarrow 0$ ) entonces es muy probable que interactúen ( $P_i(i, j) \rightarrow 1$ ).

- Si los agentes son culturalmente lejanos ( $D_c(i, j) \rightarrow 1$ ) entonces muy probablemente no interactuarán ( $P_i(i, j) \rightarrow 0$ ).

### 2.4. Definición del espacio de influencia cultural.

Una vez que se ha definido una interacción, ¿cómo la caracterizamos?, ¿qué criterio nos ayudaría a definir la posible interacción?

Lo natural sería seguir utilizando la *distancia cultural* para definir a la interacción pero, ¿cómo hacerlo?

Una propuesta es dividir el segmento  $[0, 1]$  en el que esta definida la *distancia cultural* en 2 zonas como lo muestra la figura 2.1:

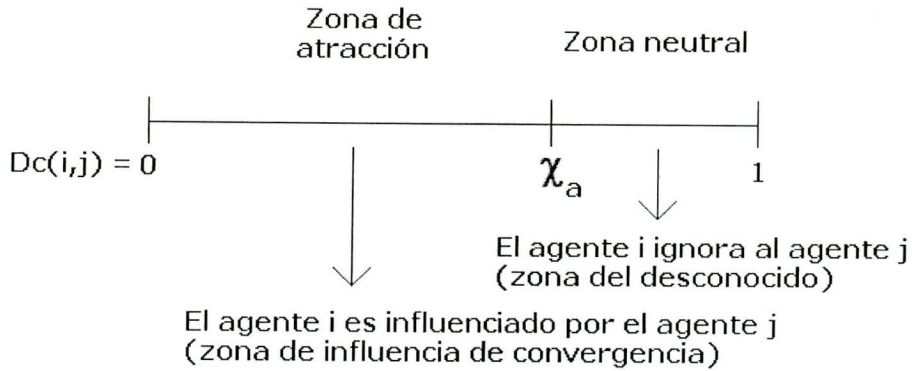


Figura 2.1: Zonas de influencia cultural

La *zona neutral* es aquella en la que los agentes mantienen su cultura aún y cuando son completamente afines, con ésta definición se trata de modelar el hecho de que personas afines culturalmente no desean ser completamente *idénticas* sino que desean mantener esas diferencias que las hace ser únicas entre el grupo al que pertenecen, a esto se le conoce como *individualidad*.

La *zona de atracción* es aquella en la que los agentes realizan los intercambios culturales del modelo. En ésta zona los agentes se acercarán uno al otro culturalmente.

## 2.5. Reglas para el intercambio cultural.

De acuerdo al *espacio de influencia cultural* definido en la sección anterior, solo resta definir las reglas de transición para cada interacción entre los agentes:

### 2. Atracción cultural.

Al definirse una atracción cultural entre los agentes  $i$  &  $j$ , el agente  $i$  seleccionará una entrada en el vector cultural y buscará la manera en disminuir en 1 unidad su distancia cultural con el agente  $j$ , esto lo hacemos mediante las reglas 2.5 y 2.6:

Si  $Dc(i,j) \in [0, \chi_a]$  entonces el agente  $i$  selecciona al azar un valor  $f$  y si:

$$\sigma_{i,f} - \sigma_{j,f} > 0 \Rightarrow \sigma_{i,f}(t+1) = \sigma_{i,f}(t) - 1 \quad (2.5)$$

$$\sigma_{i,f} - \sigma_{j,f} < 0 \Rightarrow \sigma_{i,f}(t+1) = \sigma_{i,f}(t) + 1 \quad (2.6)$$

## CAPÍTULO 2. UN MODELO DE AXELROD CON LIMITACIÓN DE CONFIANZA21

La ecuación 2.5 la definiremos como la *atracción izquierda* y a la ecuación 2.6 como *atracción derecha*.

Para visualizar el comportamiento de las ecuaciones anteriores las figuras 2.2 y 2.3 nos ayudan en tal propósito:

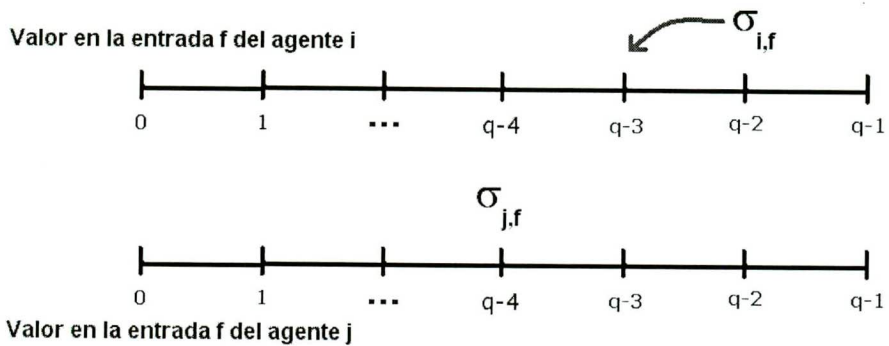


Figura 2.2: Comportamiento de la atracción izquierda

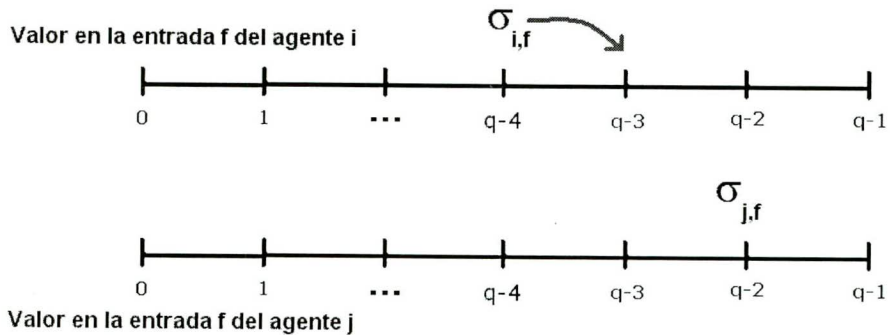


Figura 2.3: Comportamiento de la atracción derecha.

Si no se puede realizar la atracción, se buscará otra entrada para aumentar la  $D_c(i, j)$ , y en caso de no poder realizar el acercamiento cultural esperado entonces no se concretará la atracción, quedándose ambos agentes a la misma distancia cultural.

3. *Neutralidad cultural.*

Si  $D_c(i, j) \in [\chi_a, 1]$  entonces:

No se realiza cambio alguno en la cultura del agente  $i$ .

## 2.6. Comparación del modelo con los modelos de referencia

### 2.6.1. Comparación con el modelo de Axelrod

Para comprobar que el modelo produce resultados cualitativamente similares a los del modelo de Axelrod, se procedió a programar ambos modelos bajo las mismas condiciones de  $F=5$  y  $q=5$ . Se realizaron 2 experimentos, comparándose los resultados obtenidos gráficamente.

En el primero se midió la cantidad de culturas que surgen en función de valores de  $q$ , el tiempo de interacción en cada ejecución fué de 2000 unidades. La figura 2.4 muestra los resultados.



Figura 2.4: Comportamiento cultural de los agentes dependiendo de  $q=\{3,4,5,\dots,200\}$ .

En el segundo experimento ambos modelos miden la cantidad de culturas que se mantienen en función de un *límite de confianza*. Los resultados podemos observarlos en la figura 2.5.

Podemos observar que en ambos experimentos se tiene el mismo comportamiento cualitativo: Pasan de un estado multicultural a uno monocultural.

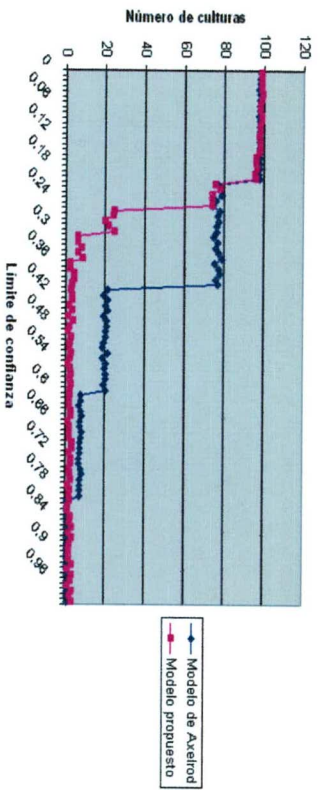


Figura 2.5: Comportamiento cultural de los agentes dependiendo del límite de confianza y  $F=5$  y  $q=5$  con 40 repeticiones por experimento.

## 2.6.2. Comparación con el modelo de Axelrod con limitación de confianza de Flache y Macy

Un resultado interesante que arroja el modelo de Flache y Macy es que para un conjunto de agentes ubicados en una rejilla, el sistema pasa de un estado multicultural a uno monocultural dependiendo del valor del límite de la confianza y la cantidad de características culturales  $F_n$  de los agentes (Véase figura 2.6).

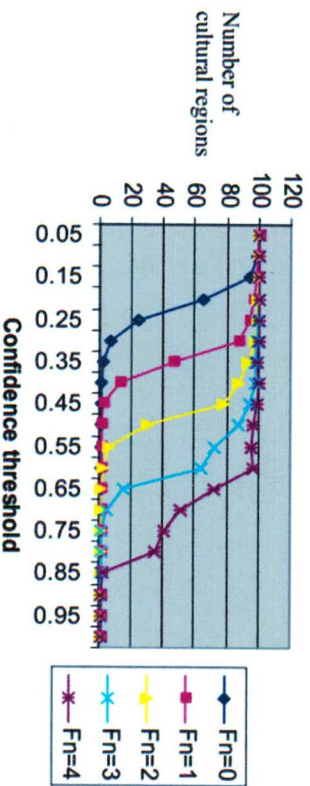


Figura 2.6: Comportamiento cultural de los agentes dependiendo del límite de confianza con  $F=5$ ,  $q=15$ ,  $r'=0$  y  $\tau=0$ , cada punto es el promedio de 20 simulaciones. Imagen tomada de [47].

Aplicamos el modelo para medir la cantidad de Culturas finales dependiendo del límite de confianza y del valor F en un autómata de Axelrod, los resultados se ven en la figura 2.8

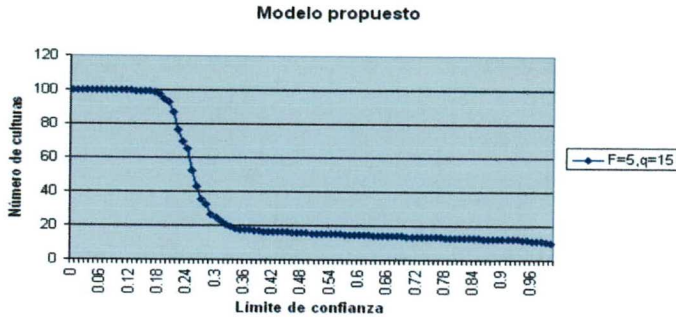


Figura 2.7: Comportamiento cultural de los agentes dependiendo del límite de confianza y  $F=5$  y  $q=15$  usando el modelo propuesto, cada punto es el promedio de 200 repeticiones del modelo.

Observemos que cualitativamente ambos modelos son semejantes, particularmente se asemeja mucho con el modelo de Flache y Macy con  $F_n = 0$ , sin embargo nuestro modelo no predice régimen monocultural alguno, incluso cuando el límite de confianza es igual a 1 la cantidad de culturas que se forman son en promedio 10.

Esto es de esperarse debido a que en nuestro modelo no realizamos una copia del razgo cultural como lo hace el modelo de Flache, recordemos que nuestro modelo propone un acercamiento paulatino de los razgos culturales de los agentes, ésto es factor para que una cantidad grande de razgos culturales por característica cultural haga que se formen multiculturas aún en un régimen de total atracción.

Para mostrar ésto, repitamos el mismo experimento anterior con una cantidad menor de razgos por característica cultural, digamos  $q = 3$ , los resultados se muestran a continuación:

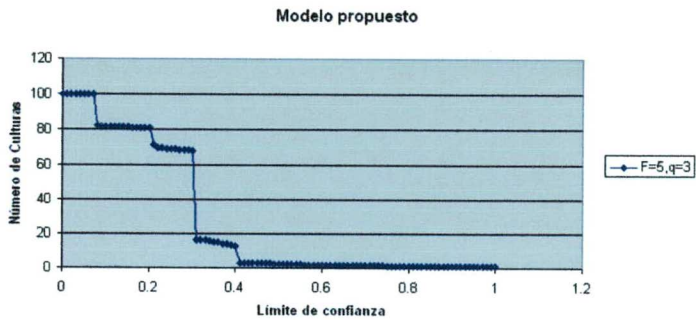


Figura 2.8: Comportamiento cultural de los agentes dependiendo del límite de confianza y  $F=5$  y  $q=3$  usando el modelo propuesto, cada punto es el promedio de 200 repeticiones del modelo.

## Capítulo 3

# El modelo propuesto con movimiento y zona común

Una vez verificado que el modelo reproduce algunos resultados cualitativos de los modelos en los que se basó su diseño, procedemos a aplicarlo a algo un poco más interesante. Apliquemos este modelo a la simulación de una comunidad habitacional.

Los habitantes de una comunidad habitacional no se encuentran estáticos interactuando en una rejilla. Se encuentran interactuando en zonas con regiones en donde pueden moverse. En una comunidad habitacional éstas zonas son en general de 2 tipos: Hogares y zonas comunes.

Por lo tanto, al modelo descrito en el capítulo anterior, agregaremos un par de consideraciones adicionales a las ya definidas: Movimiento de los agentes y Zona-común.

Debido a que los agentes ahora describirán movimientos, es conveniente agregar al modelo el concepto de *distancia euclidiana*. Los agentes ahora iniciarán una posible interacción cultural dada por nuestro modelo siempre y cuando se encuentren a una distancia euclidiana menor o igual que algún  $\delta$  fijo (ecuación 3.1).

$$\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \leq \delta \quad (3.1)$$

Donde  $x_i$  &  $y_i$  representan las coordenadas de un agente  $i$  en el plano cartesiano.

Considerando ahora que los agentes se van a mover, definamos las zonas en las que se desplazarán e interactuarán culturalmente con otros agentes, definamos al hogar y a la zona común.

Llamemos la zona A como la zona de los hogares y llamemos  $T_c$  al tiempo en que interactúan los agentes con otros pertenecientes a su mismo hogar. De la misma manera la zona B será aquella en la que los agentes interactúan todos con todos durante un

tiempo  $T_{zc}$  (Figura 3.1).

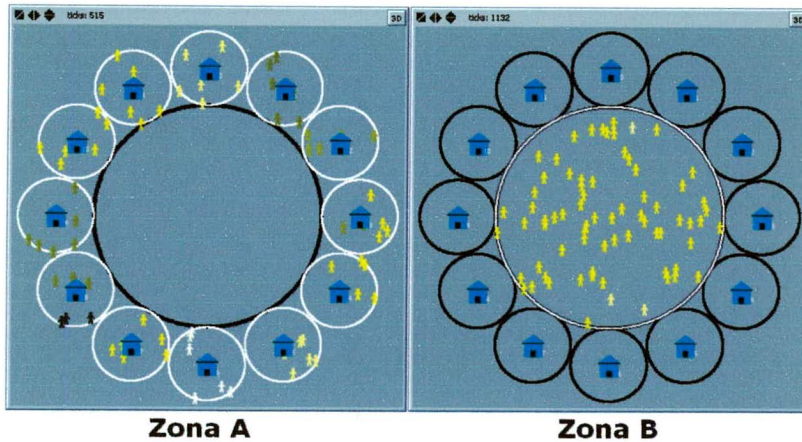


Figura 3.1: Zonas de interacción en nuestra comunidad habitacional virtual

Debido a que ambas zonas están acotadas, es necesario definir el comportamiento de los agentes cuando lleguen al borde de ambas. Para ello se ha establecido que cuando un agente llegue a la frontera de cualquier zona, tome una dirección aleatoria entre 0 y 360° para regresar hacia zonas centrales de las zonas A y B (Figura 3.2).

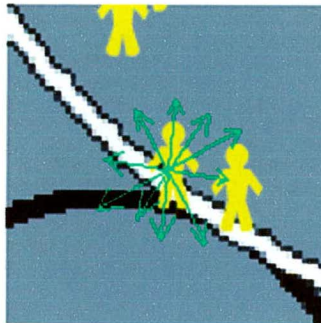


Figura 3.2: Direcciones que toma cualquiera agente al llegar a la frontera de las zonas A o B.

La última condición a considerar es el momento en el que los agentes ingresan a la zona B. Debido a que es necesario ubicar a los agentes en una posición tal que puedan

comenzar a interactuar con los vecinos de las casas contiguas, los agentes ingresarán a la zona común sobre una trayectoria radial que apunte a su hogar (3.3).

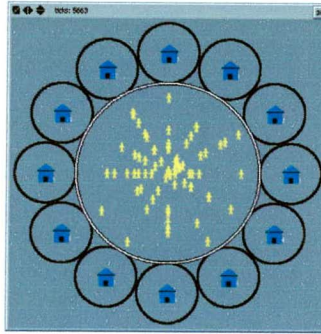


Figura 3.3: Ubicaciones de los agentes al ingresar a la zona B.

El regreso de los agentes a la zona A no es tan precisa como el ingreso a la zona B. Basta con ubicar a los agentes de forma aleatoria dentro de su hogar para iniciar las interacciones culturales.

### 3.1. Experimentos

A continuación describiremos 3 experimentos simulados con el modelo anterior, las condiciones indispensables en ellos son las siguientes:

1. Estudiar 12 casas con 6 agentes en cada una.
2. El conjunto de agentes se encuentra en un **régimen de total atracción** ( $X_a = 1$ ).
3. Los agentes pueden moverse y son caminantes aleatorios.
4. La probabilidad de movimiento de los agentes es del 0.5.
5. El ángulo de visión de cada agente:  $\theta = 45^\circ$ .
6. Cantidad de rasgos culturales  $F = 6$ .
7. El tiempo de interacción en la zona B varía de 1 a 5000 unidades.

En estricto sentido, los agentes definidos bajo las condiciones arriba planteadas no son puramente *caminantes aleatorios*, lo son en el sentido de que toman una dirección aleatoria comprendida entre  $-\theta/2$  y  $\theta/2$ , de esta manera no existe un movimiento Browniano en el sistema.

### 3.1.1. Experimento 1 (Cambios de cultura en los hogares)

Supongamos a nuestros agentes interactuando en la zona A. Como estamos trabajando en un régimen de total atracción como en un modelo de Axelrod puro, la cultura de todos los agentes deberá llegar a un solo estado cultural en la misma casa (no necesariamente el mismo en todas las casas). Al tener todas las casas con una sola cultura enviaremos en ese preciso instante a los agentes a interactuar un tiempo igual a  $T_{zc}$  en la zona B.

Una vez pasado el tiempo de interacción  $T_{zc}$ , regresaremos a los agentes a sus casas y dejaremos que cada casa vuelva a estar en un estado monocultural.

**Pregunta:** ¿Cuál es el comportamiento gráfico del promedio de casas que cambian de cultura debido a la duración de la perturbación  $T_{zc}$ ?

#### 3.1.1.1. Resultados heurísticos

Debido a que los agentes se encuentran en un régimen de total atracción y guiándonos por la forma de los resultados en los modelos de la primer parte del presente trabajo, se supuso que el comportamiento gráfico deberá una tendencia estrictamente creciente, esto es, el número de casas que cambian de cultura deberá aumentar conforme sus habitantes realicen más interacciones con habitantes de otras casas. Se considero que debería tener alguna forma como las que muestra la figura 3.4

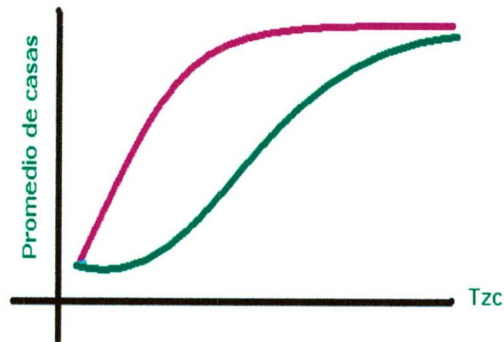


Figura 3.4: Posibles comportamientos gráficos del promedio de casas que cambian debido a  $T_{zc}$ .

¿Cuál de las 2 tendencias es la correcta?, para averiguarlo se procedió a realizar las simulaciones suficientes en el programa.

### 3.1.1.2. Resultados gráficos

Para éste experimento, se realizaron 3 pruebas diferentes definiendo a  $q = \{2, 3, 5\}$ , una corrida típica de éste experimento es la mostrada en las figuras 3.5 y 3.6.

Cada punto es el promedio normalizado de 1000 ejecuciones por  $T_{zc}$  respecto a la cantidad total de hogares (12), haciendo variar  $T_{zc}$  de 1 a 5000 como perturbación al sistema, obteniéndose los resultados siguientes:

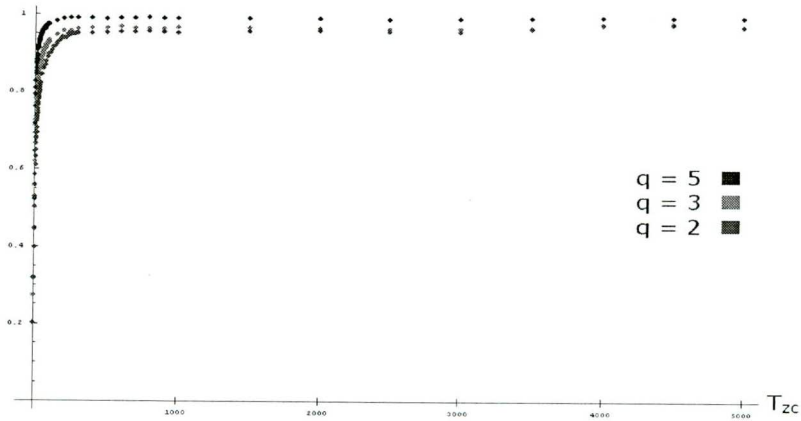


Figura 3.5: Promedios del número de hogares que cambiaron de cultura dependiendo de la duración de la perturbación  $T_{zc}$  con  $q=\{2,3,5\}$  y  $T_{zc}=\{1,2,3,\dots,5000\}$

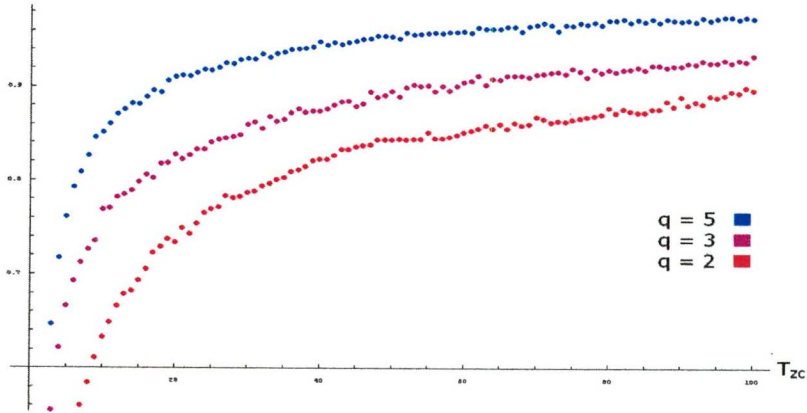


Figura 3.6: Resultados con  $q=\{2,3,5\}$  y  $T_{zc}=\{1,2,3,\dots,100\}$

### 3.1.1.3. Interpretación de resultados

De acuerdo a los resultados anteriores, el tiempo de interacción en zona común tiene efectos de cambio en las monoculturas locales de cada hogar no importando su duración, por muy poco que dure la perturbación  $T_{zc}$  siempre surge un porcentaje de hogares que cambia de cultura. Se observa que conforme aumenta la duración de la perturbación  $T_{zc}$  la gráfica se satura rápidamente.

Perturbación( $T_{zc}$ )	%cambios $q = 2$	%cambios $q = 3$	%cambios $q = 5$
1	20	27	32
5	50	67	72
10	61	77	85
20	74	82	90
50	82	88	96

Cuadro 3.1: Porcentajes de cambios en la cultura de los hogares dependiendo del tiempo  $T_{zc}$

Para un mismo valor  $T_{zc}$ , la dinámica con  $q = 2$  siempre se mantiene abajo de la dinámica con  $q = 3$  y ésta última por debajo de la respectiva  $q = 5$ . ¿Por qué ocurre esto?

Recordemos que el valor  $q$  indica la cantidad de posibles valores para una misma característica cultural en el vector de culturas del agente, de esta manera cada entrada en el vector cultural puede tener valores desde 0 a  $q - 1$ .

Supongamos un agente con  $F$  entradas en su vector cultural y cada entrada puede

tener  $q$  valores, entonces por *regla del producto*<sup>1</sup> se tienen  $q^F$  posibles culturas diferentes para el agente. La tabla 7 muestra la cantidad de culturas diferente que podría tener un agente con 6 entradas en su vector cultura ( $F = 6$ ):

q	$q^F$	Culturas diferentes
1	$1^6$	1
2	$2^6$	64
3	$3^6$	729
4	$4^6$	4096
5	$5^6$	15625

Cuadro 3.2: Cantidad de culturas que se formarían con un agente con  $F$  entradas

Es de esperarse que entre menos culturas diferentes pueda tener un agente, mayor es la probabilidad de que regrese a su cultura anterior posterior a una perturbación en la zona común y por otro lado, si hay una gran cantidad de posibles culturas la probabilidad de cambio aumenta considerablemente.

---

<sup>1</sup>Técnica de conteo en Combinatoria, véase [10], pg. 25.

### 3.1.2. Experimento 2 (Tiempos de monoculturalización global)

Al igual que en el experimento 1, tenemos a nuestros agentes interactuando en la zona A e igualmente se encuentran en un régimen de total atracción.

Supongamos que toda vez que los agentes han llegado a un estado monocultural en cada hogar, perturbamos esa estabilidad enviándolos un tiempo  $T_{zc}$  a la zona B y posteriormente vuelven al hogar. Repetimos el proceso una cantidad suficiente de veces hasta que se obtenga un estado monocultural **global**, o sea, un estado en el que todos los hogares tienen *la misma* cultura<sup>2</sup>.

**Pregunta:** Si definimos que el tiempo de interacción en el hogar A se considera como **tarde-noche** y el tiempo de interacción en la zona común B es **día**, ¿Cuál es el promedio de *días completos*<sup>3</sup> que tarda el sistema en monoculturalizarse globalmente por duración de la perturbación  $T_{zc}$ ?

#### 3.1.2.1. Resultados heurísticos

Debido a que los agentes se encuentran en un régimen de total atracción, se supuso como en el experimento anterior, que el comportamiento gráfico debe tener una tendencia estrictamente decreciente y se considero que debería tener alguna forma como las que muestra la figura 3.7

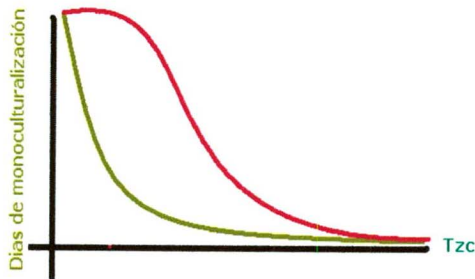


Figura 3.7: Posibles comportamientos gráficos de los días que tarda el sistema en llegar a un régimen monocultural debido a  $T_{zc}$ .

<sup>2</sup>Esto podemos asegurarlo porque en éste experimento se sigue trabajando en un régimen de total atracción.

<sup>3</sup>Día completo = día + tarde-noche

### 3.1.2.2. Resultados gráficos

Para comprobar la heurística anterior, en éste experimento se realizaron únicamente 2 pruebas con  $q = \{3, 5\}$ , se excluyó el valor  $q = 2$  debido a que al realizar el experimento 1, nos dimos cuenta que existen valores iniciales en el programa que generan multicultras en los hogares debido a la definición de nuestra probabilidad de interacción. Una corrida típica de éste experimento es la mostrada a continuación:

Los resultados gráficos fueron los siguientes:

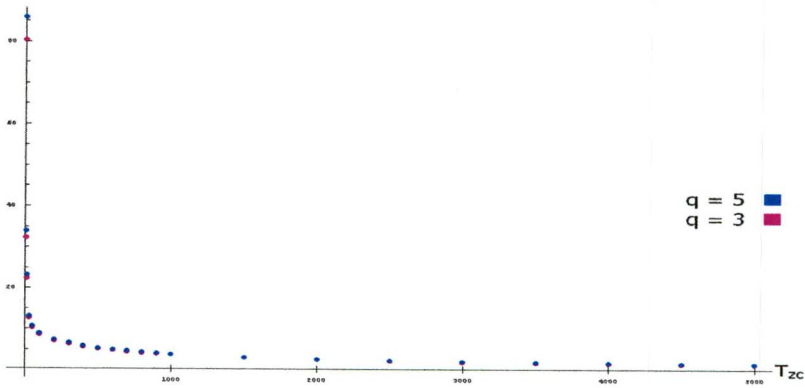


Figura 3.8: Dias que tarda el sistema en situarse en un estado de monoculturalidad global, con  $q = \{3, 5\}$  y  $T_{zc} = \{1, 2, 3, \dots, 5000\}$

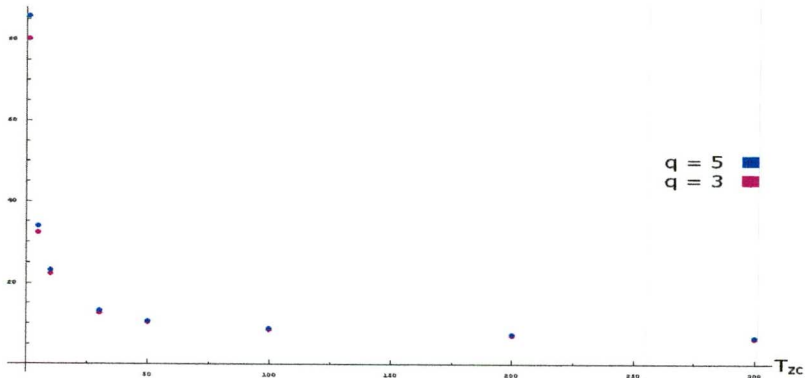


Figura 3.9: Dias que tarda el sistema en situarse en un estado de monoculturalidad global, con  $q = \{3, 5\}$  y  $T_{zc} = \{1, 2, 3, \dots, 300\}$

**3.1.2.3. Interpretación de resultados**

Para éste experimento no se consideró el valor  $q = 2$  debido a que en el experimento 1, surgían multiculturas en la dinámica de la zona A, esto se debía a la definición de la probabilidad de interacción  $P_i(i, j) = 1 - D_c(i, j)$ .

Observamos que en ocasiones algunos agentes del mismo hogar, en su transición a su estado monocultural local adquirirían valores en sus entradas culturales que hacían que su  $D_c(i, j)$  fuese 1, haciendo que la  $P_i(i, j)$  fuese 0. Por ejemplo si el agente  $i$  adquiría valores de 1, 0, 0, 0, 1, 0 y el agente  $j = 0, 1, 1, 1, 0, 1$ , su  $D_c$  da como resultado 1 y por lo tanto su probabilidad de interactuar es nula.

Para el segundo experimento se decidió descartar el valor  $q = 2$  y trabajar únicamente con los valores  $q = \{3, 5\}$ , porque nuestro interés radica en estudiar el proceso de homogeneización.

En el segundo experimento observamos un fenómeno parecido al del experimento 1, los valores convergen rápidamente y tendiendo asintóticamente al valor 1 por arriba de  $y = 1$ .

En éste experimento no hay diferencias tan marcadas en los resultados para  $q = 3$  con  $q = 5$  salvo en el valor  $T_{zc} = 1$ , en los demás los resultados son muy similares como podemos observarlo en la tabla 3.3:

Perturbación (Tzc)	Días con $q = 3$	Días con $q = 5$
1	80.278999	85.925003
5	32.368999	33.915001
10	22.402	23.285999
30	12.617	13.165
50	10.349	10.707
100	8.673	8.93
200	7.201	7.439
300	6.373	6.63
1000	3.815	3.907
2000	2.606	2.719
5000	1.434	1.517

Cuadro 3.3: Días que tarda el sistema en llegar a un estado monocultural global con  $q = \{3, 5\}$

La gráfica con  $q = 3$  permanece siempre por debajo de la gráfica con  $q = 5$ , esto es, sistemas con  $q = 3$  se monoculturaliza globalmente más rápido que aquellos con  $q > 3$  debido al mismo factor de cantidad de culturas posibles en los agentes del experimento 1.

### 3.1.3. Experimento 3 (Influencia de la zona común como perturbación en un régimen no totalmente atractivo)

En los experimentos anteriores vimos que la duración de la zona común es factor para que existan cambios en las culturas de los hogares, y además es una variable que afecta el tiempo de monoculturalización global de todo el sistema.

Sin embargo, ¿cómo afecta el tiempo en la zona común en un sistema que no está en un régimen de total atracción?, esto es, ¿qué ocurre cuando existe una zona de neutralidad generada por un límite de confianza estrictamente menor a 1?. Para responder a ésto se diseñaron 2 experimentos que nos ayudarán a comprender el fenómeno.

#### 3.1.3.1. Experimento 3.1 (Zonas de multiculturalidad y monoculturalidad en el modelo con movimiento)

En ésta simulación, se busca obtener un comportamiento similar al de la figura 2.8, en la cual claramente se muestran zonas de multiculturalidad y monoculturalidad de acuerdo al valor del límite de confianza. Para ello se tomarán las hipótesis de los experimentos 1 y 2, cambiando la  $F$  y  $q$  tomando las de la figura 2.8, con límite de confianza en  $[0,0.5]$ .

#### 3.1.3.2. Resultados gráficos del experimento 3.1

Los resultados pueden verse en la gráfica 3.10



Figura 3.10: Comportamiento cultural de los agentes dependiendo del límite de confianza y  $F=5$  y  $q=3$  usando el modelo propuesto con movimiento y zona común fija,  $T_c=200$  y  $T_{z_c}=500$ , cada punto es el promedio de 40 repeticiones del modelo.

Es de notar que se tiene el comportamiento buscado, mostrando zonas de multiculturalidad en el intervalo  $[0, 0,4]$  y monoculturalidad en el  $(0,4,0,5]$ .

**3.1.3.3. Experimento 3.2 (Zonas de multiculturalidad y monoculturalidad en el modelo con movimiento con valores fijos)**

Con los resultados del experimento anterior, podemos seleccionar un par de valores del límite de confianza que hayan generado una multiculturalidad y una monocultura, digamos 0.1, y 0.5 respectivamente. Una vez seleccionado procedamos a verificar el efecto de la zona común para el valor multicultural del límite de confianza 0.1 y para el monocultural 0.5.

**3.1.3.4. Resultados gráficos del experimento 3.2**

Los resultados pueden verse en el gráfico 3.11

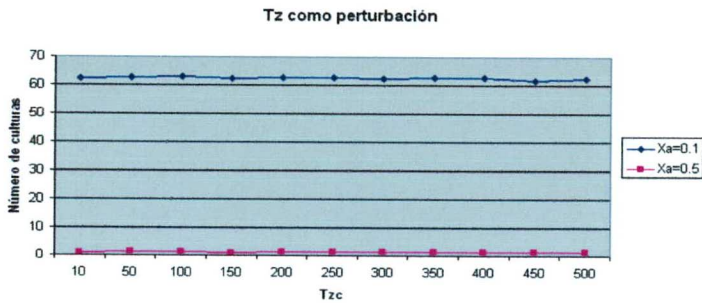


Figura 3.11: Comportamiento cultural de los agentes dependiendo del límite de confianza  $X_a = 0.1$  y  $X_a = 0.5$ ,  $F=5$  y  $q=3$  usando el modelo propuesto con movimiento y zona común variable en  $[10,500]$ , cada punto es el promedio de 40 repeticiones del modelo.

**3.1.3.5. Interpretación de resultados**

Es interesante observar que, contrario a los experimentos 1 y 2, en éste tercer experimento la perturbación de la zona común no cambia el régimen monocultural ni multicultural del sistema.

Esto se debe a que la variable  $X_a$  que define la atracción, mantiene control sobre la cantidad de agentes que se atraen ubicándolos en un régimen mono o multicultural.

# Capítulo 4

## Parte final

### 4.1. Conclusiones

Después de casi un año en el desarrollo de éste trabajo y desde la primera versión del programa, se generó más conocimiento del que pensábamos iba a dar por resultado.

De acuerdo al desarrollo y resultados obtenidos, concluyo que:

**1. La perturbación  $T_{zc}$  genera cambios en las monoculturas locales de cada hogar** en comunidades con regimen total de atracción y la probabilidad de cambio aumenta conforme aumenta el valor  $q$ .

Es de esperar este resultado. Al enviar a los agentes a interactuar en la zona común una vez que han llegado a un régimen monocultural en sus hogares, la perturbación  $T_{zc}$  genera diferencias de longitud igual a  $D_c(i, j)_{minima}$ . Con lo cual es muy probable que al estar en un régimen de total atracción recuperen la cultura que tenían antes de salir de sus hogares

Cuando se envían a los agentes a interactuar un tiempo  $T_{zc} = 1$ , todos los agentes únicamente interactúan 1 vez, dándose una diferencia cultural máxima en una unidad en comparación con la cultura que tenían un instante antes, por lo tanto es muy probable que al estar en un régimen de total atracción recuperen la cultura que tenían antes de salir de sus hogares. Sin embargo, conforme aumenta el tiempo  $T_{zc}$ , las interacciones acumulan diferencias de tamaño  $D_c(i, j)_{minima}$ , por lo que al regresar a sus hogares, es más probable que cambien de cultura que regresar al estado que se tenía antes del ingreso a la zona común.

2. La perturbación  $T_{zc}$  promueve estados de monoculturalidad global de comunidades habitacionales en regimen de atracción en movimiento, además la monoculturalización global de la comunidad se dará rápidamente siempre y cuando  $T_{zc}$  sea grande, debido a las continuas interacciones de los agentes.

Esto también es de esperarse, al encontrarse en un regimen de total atracción, los agentes que interactúan en la zona común llegarán a un régimen monocultural en un tiempo finito tal cual lo hacen en sus casas, sin embargo tomará una cantidad mayor de interacciones debido a la cantidad de agentes en la zona común.

3. La cardinalidad en la diversidad cultural  $q$  tiene efectos en los tiempos medidos de los experimentos dada una cantidad fija  $F$  en las entradas del vector cultural de los agentes.

Por supuesto, entre más diversidad cultural tengan los agentes, se podrían formar una mayor cantidad de vectores culturales a los que converjan los agentes y por lo tanto los tiempos de convergencia aumentarían, esto lo observamos en la gráficas 3.6 y 3.9.

4. Valores cercanos a 0 del límite de confianza  $X_a$  de un modelo en movimiento generan multiculturas en el sistema y valores cercanos a 1 generan monoculturas globales en sistemas con movimiento.

5. La perturbación  $T_{zc}$  no genera cambio en los estados multiculturales ni monoculturales de sistemas en movimiento.

## 4.2. Trabajos futuros

Este trabajo provee de muchos temas de investigación para generar tesis de licenciatura y maestría en temas a desarrollar tales como:

- Realizar pruebas del mismo fenómeno con un ángulo aleatorio  $\theta = 360^\circ$  y de otros más con  $\theta < 360^\circ$ .
- Caracterizar el efecto de comunidades habitacionales en regimen de repulsión total.
- Formación de monoculturas en comunidades habitacionales en régimen de repulsión total.
- Estudiar la posible existencia de ciclos límite en modelos similares aplicando atracción y repulsión mezcladas.
- Estudiar las condiciones necesarias y/o suficientes para que en un regimen de total atracción se formen multiculturas locales en los hogares.
- Estudiar el efecto de la cantidad de agentes en comunidades habitacionales en régimen de atracción total, repulsión total y atracción-repulsión.
- Estudiar y modelar la formación de amistades, propagación de rumores, epidemias, formación de normas de convivencia.
- Modelar la dinámicas de cooperación entre comunidades.
- Estudiar la propagación de hábitos dañinos para la salud.
- Confrontar resultados reales con modelos simulados *ad hoc* a comunidades habitacionales específicas.
- Otras que surjan con la misma temática y puedan abordarse desde la perspectiva de la programación multiagente.

## Parte II

## Anexos

# Apéndice A

## Interfaz gráfica del programa

De acuerdo al modelo de la sección anterior, se desarrolló un programa en Netlogo cuyo código fuente puede consultarse en la parte de anexos, a continuación explicamos la interfaz gráfica con la que cuenta el programa: controles, gráficos, monitores, universo y los agentes que intervienen en la simulación tales como las personas y los hogares.

### A.1. La interfaz

Las zonas de interacción A y B que están marcadas en el universo de Netlogo representan la zona de los hogares y zona común respectivamente.

El programa consta de 17 controles que definen las condiciones iniciales de nuestro sistema (figura A.4) y los cuales se describen en la tabla A.2.

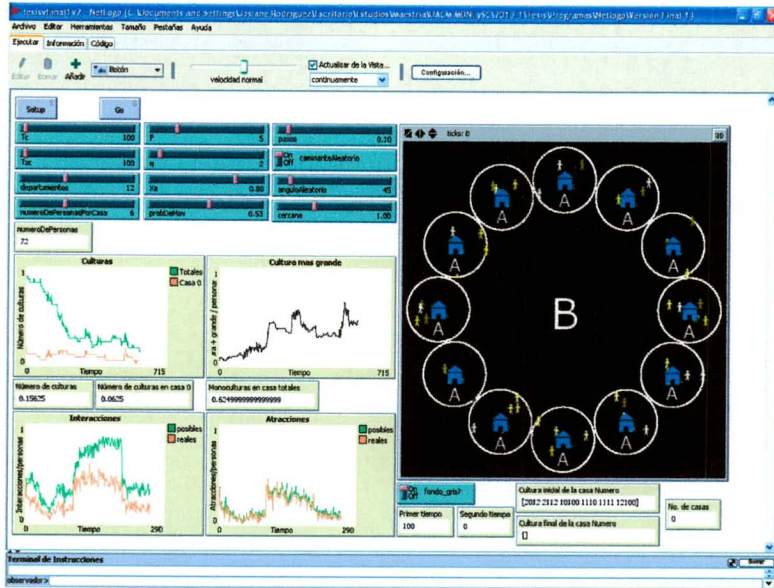


Figura A.1: Interfaz gráfica del programa

El programa además cuenta con una serie de gráficos que muestran el comportamiento de datos relevantes en el modelo:

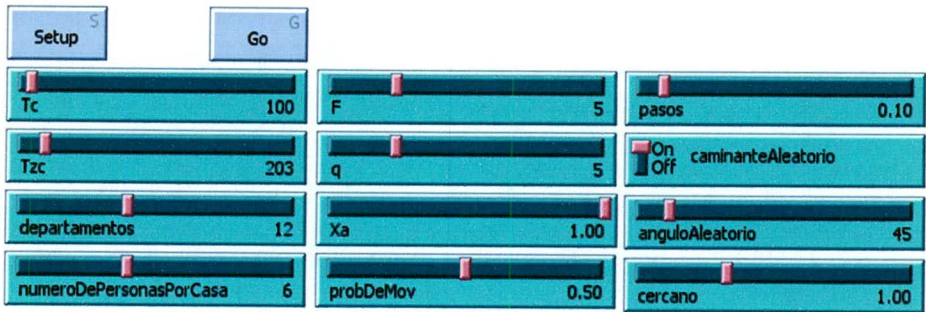


Figura A.2: Controles del programa

Control	Función
Setup	Inicializa variables y agentes
Go	Activa la simulación
Tc	Tiempo en hogares
Tzc	Tiempo en zona común
departamentos	Inicializa la cantidad de hogares marcada
numeroDePersonasPorCasa	Inicializa la cantidad de personas que habitan cada hogar
F	Cantidad de características culturales de cada agente

Cuadro A.1: Descripción de las funciones de los controles de la interfaz gráfica del programa

Como última parte de la interfaz, describimos los monitores:

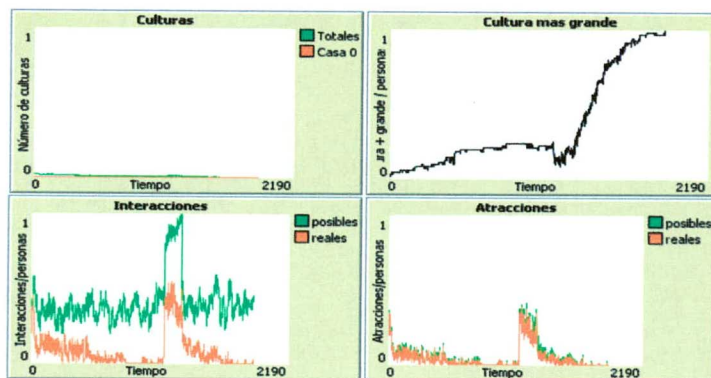


Figura A.3: Gráficos del programa

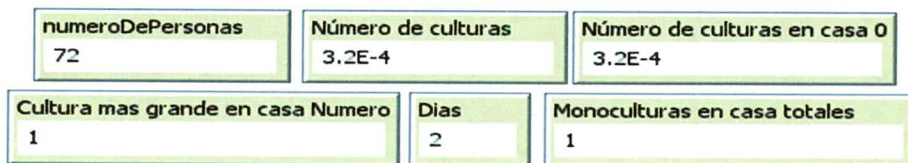


Figura A.4: Monitores del programa

Control	Función
q	Cantidad de rasgos culturales de cada característica cultural
Xa	Longitud de la zona de atracción
pasos	Longitud del paso de cada agente por tick
caminanteAleatorio	Control booleano que activa el caminante aleatorio en los agentes
anguloAleatorio	Define el angulo frontal de cada agente para su desplazamiento
cercano	Es la $\delta$ de la métrica de interacción de agentes
probDeMov	Probabilidad de movimiento de los agentes
Número	Número del hogar del que se requiere información
fondoGris?	Control booleano que activa un fondo gris en el universo

Cuadro A.2: Descripción de las funciones de los controles de la interfaz gráfica del programa

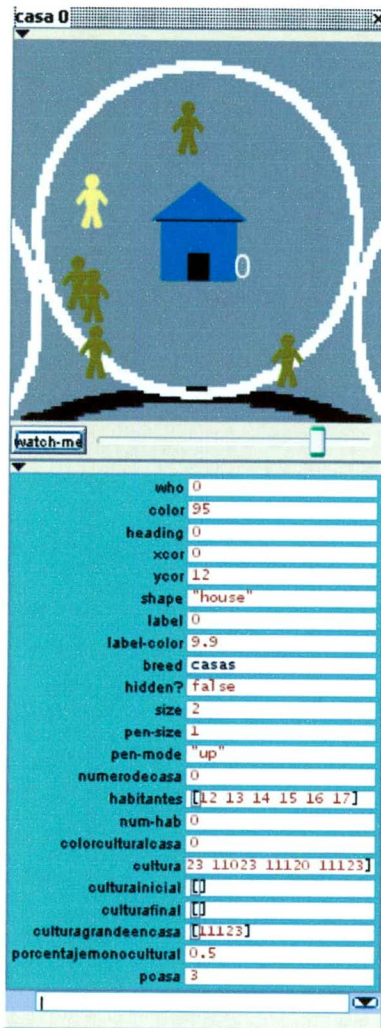
## A.2. Los agentes

En nuestro programa tenemos 2 tipos de agentes: *personas* y *casas*.

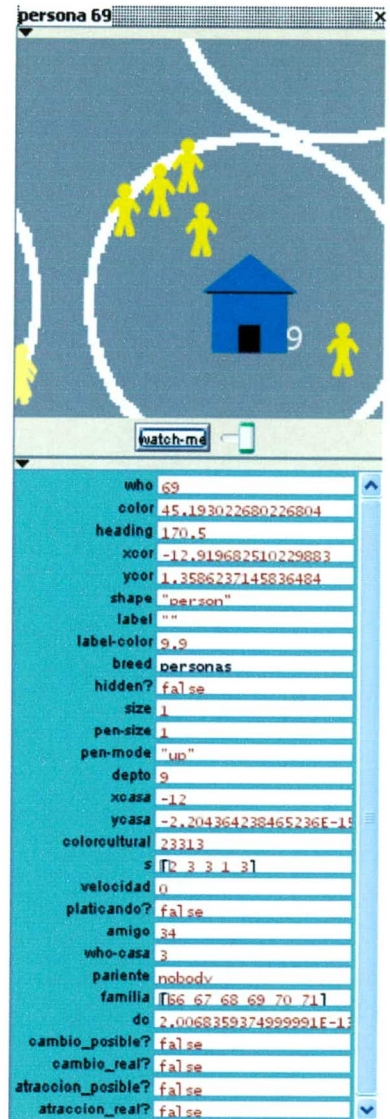
Los agentes *casas* únicamente tienen el propósito de ser referencia para los agentes *personas* y mostrar una figura alusiva al hogar, son agentes estáticos cuyos valores internos de sus variables se mantienen constantes, en la siguiente tabla describimos los componentes de un agente de este tipo.

El segundo tipo de agente es el que es parte de la dinámica de nuestro sistema y es el agente *persona*.

A diferencia de los agentes *casas*, los agentes *persona* tienen más variables internas que son necesarias para que se desarrolle la dinámica estudiada, a continuación muestro a un agente con sus variables internas, por razones obvias no incluyo la descripción de las variables que comparte con los agentes casa tales como who, color, heading, etc.:



Agente casa



Agente Persona

Figura A.5: Vistas de los agentes *casa* y *persona*

Gráfico	Descripción
Culturas	Número de culturas totales
Cultura más grande	Cantidad de agentes en la cultura más grande
Cultura más grande en cada casa	Cantidad de agentes en la cultura más grande por hogar
Interacciones	Cantidad total de interacciones (atracciones+repulsiones)
Atracciones	Cantidad total de atracciones

Cuadro A.3: Descripción de los gráficos de la interfaz

Monitor	Descripción
numeroDePersonas	Cantidad de personas en nuestro modelo
Número de culturas	Cantidad de culturas totales normalizadas
Número de culturas en casa	Cantidad normalizada de culturas en la primer casa
Cultura más grande en casa número	Cantidad de culturas normalizada en una casa en particular
Primer tiempo	Tiempo en la zona B en la primer corrida
Segundo tiempo	Tiempo en la zona A en la primer corrida
Cultura inicial de la casa número	Vector de cultura inicial en la primera monoculturalización en un hogar en particular
Cultura final de la casa número	Vector de culturas final en la segunda monoculturalización en un hogar en particular

Cuadro A.4: Descripción de los monitores de la interfaz

### A.3. La simulación

Al pulsar el botón *setup* se inicializan los agentes y variables internas del programa, posteriormente se debe pulsar el botón **go** para iniciar la ejecución del programa y de este modo los agentes iniciarán sus interacciones en 2 zonas que describo a continuación.

#### 1. Zona A.

Este zona representa el lugar de interacción e intercambio cultural entre los miembros de un mismo hogar. Es aquí donde inicia la ejecución del programa después de haber pulsado el botón *setup*. Al inicio se colocan igual número de agentes en cada casa distribuidos aleatoriamente.

Característica	Descripción
who	Identificador interno de agente
color	Color del agente
heading	Ángulo de orientación del agente respecto a la vertical
xcor	Coordenada X del agente
ycor	Coordenada Y del agente
shape	Forma del agente casa (house)
label	Etiqueta del agente
label-color	Color de la etiqueta
breed	Raza del agente
hidden?	Variable de visibilidad del agente
Size	Tamaño del agente
pen-zise	Activación de la estela de movimiento
pen-mode	Lápiz desactivado
numeroDeCasa	Número de casa en el universo
habitantes	Vector con el who de los habitantes de esa casa
num-hab	Cantidad de habitantes en el hogar
colorculturalcasa	Promedio de los colores de los habitantes
cultura	Vector de culturas de los habitantes
culturainicial	Primera monoculturalización de la casa
cultura final	Seguna monoculturalización de la casa
porcentajemonocultural	Porcentaje de habitantes con la misma cultura en la misma casa
pcasa	Cantidad de personas en la cultura más grande de la casa

Cuadro A.5: Descripción de los atributos de los agentes casa

## 2. Zona B.

Es la *zona común*, en ella los agentes interactúan todos con todos sin restricción alguna. Toda vez que los agentes ingresan a esta zona, se distribuyen en radios que apuntan a sus hogares, esto se programó con el fin de simular la interacción pronta con vecinos antes que con cualquier otro agente (figura A.7).

Característica	Descripción
depto	Hogar del agente
xcasa	Coordenada x del hogar del agente
ycasa	Coordenada y del hogar del agente
colorcultural	Color del agente definido como la concatenación de su cultura
<b>s</b>	<b>Vector de cultura del agente</b>
velocidad	velocidad instantánea del agente
platicando?	Indicador de la disponibilidad del agente para platicar
amigo	Agente j con el que interacciona el agente i
who-casa	Identificador del hogar del agente
pariente	Agente con el que interactúa en la zona A
distancia-amigo	Distancia euclidiana al agente amigo
familia	Vector de identificadores de los agentes que viven en la misma casa que el agente
distancia-demas	Arreglo que contiene la distancia a <b>todos</b> los demás agentes
dc	Distancia cultural entre el agente y el agente de interacción
cambio-posible?	Indicador de una posible interacción
cambio-real	Indicador de una interacción realmente hecha
atraccion-posible?	Indicador de una posible atracción
atraccion-real?	Indicador de una atracción hecha

Cuadro A.6: Descripción de los atributos de los agentes persona

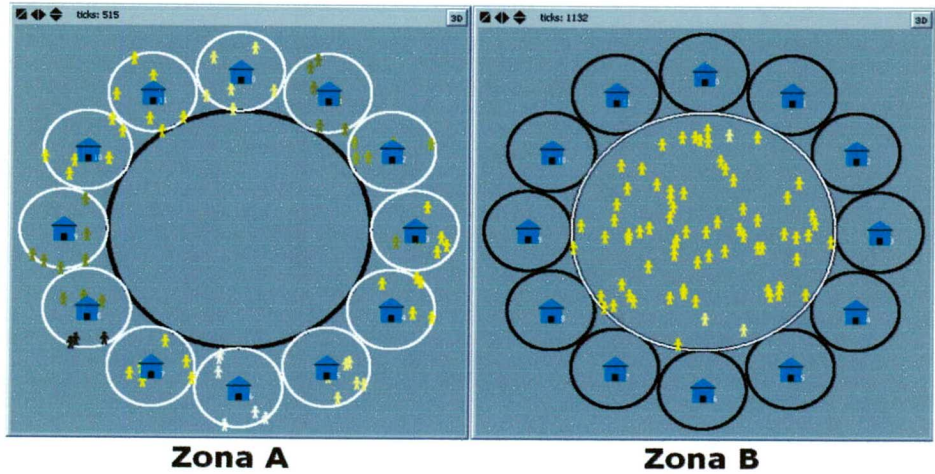


Figura A.6: Zonas de interacción

Mientras el programa se ejecute, estaremos observando cambios de color en los agentes, esto indicará que realizan intercambio cultural. Agentes del mismo color indicarán que pertenecen a la misma cultura.

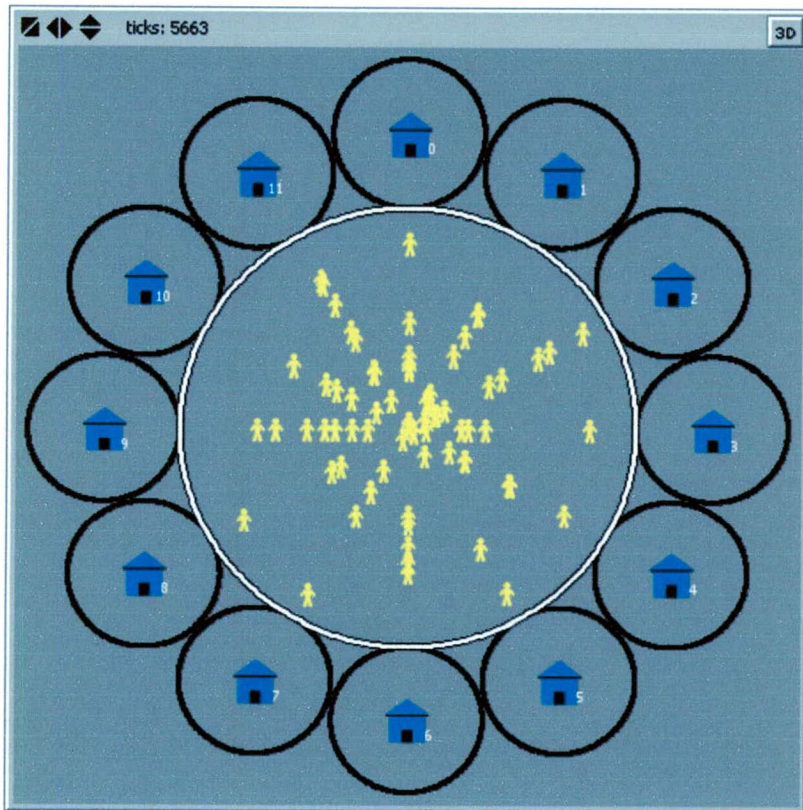


Figura A.7: Distribución de los agentes al ingresar a la zona B

## A.4. Ejemplo de ejecución

La figura A.8 muestra los resultados de una corrida típica del programa, las condiciones iniciales con las que se ejecutó el programa son:

- Tiempo en casa ( $T_c$ ): 200 interacciones.
- Tiempo en zona común ( $T_{zc}$ ): 500 interacciones.
- Cantidad de casas: 11.
- Habitantes por casa: 4.
- Tamaño del vector cultural ( $F$ ): 4 entradas (de  $\sigma_1$  a  $\sigma_4$ ).
- Diversidad cultural en cada entrada del vector ( $q$ ): 3 (del 0 al 2).
- Zona de atracción ( $Xa$ ): (0.2, 0.7).
- Zona neutral: [0.7, 1].
- Tamaño de pasos: 0.1 patche.
- Caminante aleatorio: Activado.
- Angulo aleatorio: 90°.
- Delta de interacción (cercano =  $\delta$ ): 1 patche.
- Probabilidad de movimiento de los agentes ( $probDeMov$ ): 1.



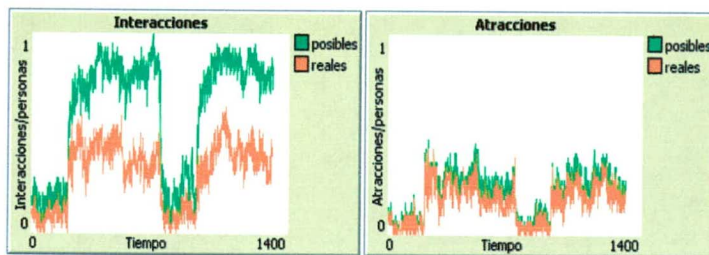


Figura A.9: Atracciones en el ejemplo de ejecución.

La figura A.9 observamos el comportamiento del total de interacciones ocurridas durante la ejecución del programa, los gráficos muestran la cantidad de interacciones totales y por separado, la cantidad de atracciones y repulsiones.

Cada gráfico tiene 2 tipos de líneas: verdes y rojas. Las verdes indican la cantidad de posibles interacciones, y las rojas la cantidad de interacciones que realmente se concretaron.

Es de notar que las interacciones aumentan de forma súbita al ingresar a la zona común.

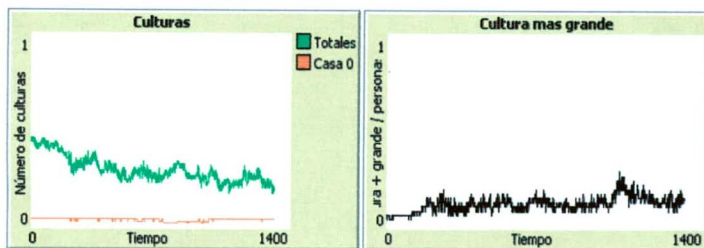


Figura A.10: Comportamiento de la cantidad de culturas en el sistema.

Además en la figura A.10 observamos el comportamiento del total de culturas que se generan en el programa.

El gráfico *Culturas* muestra en color verde la cantidad total de culturas normalizada que se han formado durante la ejecución del programa.

# Apéndice B

## Código en Netlogo del programa de intercambio cultural

```
;;;;;;;;;;;;;
;;; VARIABLES ;;;
;;;;;;;;;;;;;

globals [radio radiop angulo veces theta phi tiempo distanciaCentro x y FAM hola i p criterio traslape
          probabilidad DcMinima colorCulturalMaximo control1 control2 interacciones_posibles
          interacciones_reales atracciones_posibles atracciones_reales repulsiones_posibles
          repulsiones_reales culturasCasa culturasTotales v1 v2 entera culturaGrande numeroDePersonas
          monoculturalidadLocal T tics controlGo tics1 tics2 finales M]

breed [personas persona]
breed [casas casa]
breed [flechas flecha]

personas-own[depto xcasa ycasa colorCultural s velocidad platicando? amigo who-casa pariente familia Dc
             cambio_posible? cambio_real? atraccion_posible? atraccion_real? repulsion_posible?
             repulsion_real?]
casas-own[numeroDeCasa habitantes num-hab colorCulturalCasa cultura culturaInicial culturaFinal
           culturaGrandeEnCasa porcentajeMonocultural pCasa]

;;;;;;;;;;;;;
;;; MÓDULO DE INICIALIZACIÓN ;;;
;;;;;;;;;;;;;

;El módulo "setup" inicializa la cantidad de casas y la cantidad de personas por casa, además de sus
;posiciones en el hogar, vectores culturales, color cultural, etc.

to setup
  set DcMinima 1 / ((q - 1) * F)
  let integrante 0
  ca
  reset-ticks
  set tics 0
  set Numero 0
  set veces 0
  set numeroDePersonas numeroDePersonasPorCasa * departamentos ;Defino la cantidad de personas totales
  ifelse departamentos <= 10 ;Defino la dimensión del espacio
  [
    set radio 10
    resize-world -14 14 -14 14
  ]
  [
```

# APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL58

```

set radio departamentos
resize-world (-1 * departamentos - 3) (departamentos + 3) (-1 * departamentos - 3) (departamentos + 3)
]
set-default-shape personas "person"
set-default-shape casas "house"
create-ordered-casas departamentos
[
  fd radio
]
ask casas ;Defino las propiedades de las casas
[
  set size 2
  set numeroDeCasa who
  set color 95
  set label who
  set habitantes []
  set cultura []
  set culturaInicial []
  set culturaFinal []
]
ask patch 0 0 [sprout-personas numeroDePersonas] ;Creación de personas
set entera int (numeroDePersonas / departamentos) ; Número de habitantes por casa
set v1 0
set i departamentos
while[v1 < departamentos] ; Distribuyo las personas en los hogares
[
  set v2 0
  while[v2 < entera]
  [
    ask persona i
    [
      set depto v1
    ]
    set i i + 1
    set v2 v2 + 1
  ]
  set v1 v1 + 1
]
ask personas ;Defino un vector cultural a cada persona
[
  set Dc 0
  set platicando? false
  set s []
  set colorCultural 0
  set veces 0
  while [veces < F]
  [
    set s (lput random q s)
    set veces veces + 1
  ]
  set familia []
]
ask personas ;Defino un amigo inicial a cada persona
[
  set amigo one-of other personas in-radius cercano
  if amigo != NOBODY
  [
    set amigo ([who] of amigo)
  ]
]
]
ifelse departamentos != 0
[
  set theta 360 / departamentos
]
[

```

APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL59

```

    set theta 360
]
set veces 0
while [veces < departamentos]
[
    ask personas with [depto = veces]
    [
        set phi veces * theta
        set xcasa radio * sin phi
        set ycasa radio * cos phi
    ]
    set veces veces + 1
]
set veces 0
while [veces < departamentos]
[
    set i 0
    set integrante 0
    repeat numeroDePersonas
    [
        ask persona (i + departamentos)
        [
            if depto = veces
            [
                set who-casa integrante
                set integrante integrante + 1
            ]
            set i i + 1
        ]
    ]
    set veces veces + 1
]
set FAM []
set veces 0
while [veces < departamentos]
[
    ;Defino a la familia en cada hogar
    set i 0
    repeat numeroDePersonas
    [
        ask persona (i + departamentos)
        [
            if depto = veces
            [
                set FAM (lput ([who] of persona (i + departamentos)) FAM)
            ]
            set i i + 1
        ]
    ]
    set i 0
    repeat numeroDePersonas
    [
        ask persona (i + departamentos)
        [
            if depto = veces
            [
                set familia FAM
                ask casa veces
                [
                    set habitantes FAM
                ]
            ]
        ]
        set i i + 1
    ]
]
repeat (length FAM)

```

APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL60

```

[
  set FAM (remove-item 0 FAM)
]
set veces veces + 1
]
ask personas
[
  set pariente one-of other personas in-radius cercano with [depto = [depto] of myself]
  if pariente != NOBODY
  [
    set pariente ([who] of pariente)
  ]
]
set veces 0
set colorCulturalMaximo 0
while[veces < F]
[
  set colorCulturalMaximo (colorCulturalMaximo + ((q - 1) * (10 ^ veces)))
  set veces veces + 1
]
ask personas
[
  set veces 0
  repeat (length s)
  [
    set colorCultural ((item veces s) * (10 ^ (length s - veces - 1)) + colorCultural)
    set veces veces + 1
  ]
  set color (40 + 9.9 * colorCultural / colorCulturalMaximo)
]
ask casas
[
  set veces 0
  set colorCulturalCasa 0
  repeat length habitantes
  [
    set cultura (lput [colorCultural] of persona item veces habitantes cultura)
    set veces veces + 1
  ]
  if length habitantes != 0
  [
    set color 95
  ]
  if length habitantes = 0
  [
    set color red
  ]
]
ask personas
[
  set cambio_posible? false
  set cambio_real? false
  set atraccion_posible? false
  set atraccion_real? false
]
set culturasCasa []
set culturasTotales []
set veces 0
while[veces < numeroDePersonas]
[
  ask persona (veces + departamentos)
  [
    if depto = Numero
    [
      set culturasCasa (lput (colorCultural) culturasCasa)
    ]
  ]
]

```

# APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL61

```

    ]
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
while[veces < numeroDePersonas]
[
  ask persona (veces + departamentos)
  [
    set culturasTotales (lput (colorCultural) culturasTotales)
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
while[veces < departamentos]
[
  ask casa veces
  [
    set culturaGrandeEnCasa modes cultura
    set pCasa 0
    set i 0
    while[i < length habitantes]
    [
      if item i cultura = item 0 culturaGrandeEnCasa
      [
        set pCasa pCasa + 1
      ]
      set i i + 1
    ]
    set porcentajeMonocultural ( pCasa / length habitantes)
  ]
  set veces veces + 1
]
set monoculturalidadLocal 0
set veces 0
while[veces < departamentos]
[
  ask casa veces
  [
    set monoculturalidadLocal monoculturalidadLocal + porcentajeMonocultural
  ]
  set veces veces + 1
]
set monoculturalidadLocal monoculturalidadLocal / departamentos
pintarPasillo ;Dibujo el pasillo
pintarCasas ;Dibujo los hogares
end

```

;El método "pintarPasillo" dibuja el círculo limitrofe de la zona común

```

to pintarPasillo
  set veces 0
  create-ordered-flechas 1
  [
    fd radio - 3
    rt 90
    set size 0
    set pen-size 3
    set color 9.9
    pen-down
    while [veces <= 360]
    [
      rt 1 / 2
      fd 2 * (radio - 3) * sin (1 / 2)
      rt 1 / 2
      set veces veces + 1
    ]
  ]

```

## APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL62

```
    ]
  die
]
end
```

;;El método "borrarPasillo" borra el círculo limítrofe de la zona común.

```
to borrarPasillo
  set veces 0
  create-ordered-flechas 1
  [
    fd radio - 3
    rt 90
    set size 0
    set pen-size 4
    set color 0
    pen-down
    while [veces <= 360]
      [ rt 1 / 2
        fd 2 * (radio - 3) * sin (1 / 2)
        rt 1 / 2
        set veces veces + 1
      ]
    die
  ]
end
```

;;El método "pintarCasas" despliega todos los hogares

```
to pintarCasas
  create-ordered-flechas departamentos
  [
    fd radio
    set heading 0
    set size 0
    set pen-size 3
  ]
  ask flechas
  [
    set color white
    set veces 0
    fd 3
    set heading 90
    pen-down
    while [veces <= 360]
      [ rt 1 / 2
        fd 2 * 3 * sin (1 / 2)
        rt 1 / 2
        set veces veces + 1
      ]
    die
  ]
end
```

;;El método "borrarCasas" borra los hogares

```
to borrarCasas
  create-ordered-flechas departamentos
  [
    fd radio
    set heading 0
    set size 0
    set pen-size 3
    set color 0
  ]
end
```

# APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL63

```

ask flechas
[
  set veces 0
  fd 3
  set heading 90
  pen-down
  while [veces <= 360]
  [
    rt 1 / 2
    fd 2 * 3 * sin (1 / 2)
    rt 1 / 2
    set veces veces + 1
  ]
  die
]
end

;;El método "irAzonaComun" envía a los agentes en los hogares a la zona común y controla
;;la dinámica cultural de los agentes en sus interacciones en dicha zona.

to irAzonaComun
  borrarCasas
  pintarPasillo
  ask personas
  [
    set angulo atan ycasa xcasa
    set radiop random-float radio - 4
    setxy radiop * cos angulo radiop * sin angulo
  ]
  set tiempo 0
  while [tiempo < Tzc]
  [
    tick
    set tics ticks
    ifelse fondo_gris? = true
    [
      ask patches [set pcolor gray]
    ]
    [
      ask patches [set pcolor black]
    ]
  ]
  ask personas
  [
    if random-float 1 < probDeMov
    [
      if caminanteAleatorio [rt random anguloAleatorio - (anguloAleatorio / 2)]
      fd pasos
      set distanciaCentro sqrt (xcor * xcor + ycor * ycor)
      if distanciaCentro >= radio - 3
      [
        fd (-1 * pasos)
        set heading random 360
      ]
    ]
  ]
  ask personas
  [
    set amigo one-of other personas in-radius cercano ;Se selecciona una persona para interactuar
    if amigo != NOBODY
    [
      set amigo ([who] of amigo)
    ]
    if amigo != NOBODY
    [
      if [platicando? = false] of persona amigo
      [

```

APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL64

```

set platicando? true
set cambio_posible? false
set cambio_real? false
set atraccion_posible? false
set atraccion_real? false
ask persona amigo
[
  set platicando? true
]
set veces 0
while [veces < F]
[
  set Dc Dc + abs (item veces s - [item veces s] of persona amigo)
  set veces veces + 1
]
set Dc Dc / ((q - 1) * F)
if random-float 1 < 1 - Dc
[
  set cambio_posible? true
  let caracteristica 0
  set control1 0
  if (Dc >= Xr + 2 * DcMinima) and (Dc < Xa) ;; Condición para la atracción cultural
  [
    set veces 1
    set atraccion_posible? true
    set caracteristica random F
    while[control1 = 0]
    [
      ifelse (item caracteristica s - [item caracteristica s] of persona amigo) > 0
      [
        set s (replace-item caracteristica s ((item caracteristica s) - 1))
        set cambio_real? true
        set atraccion_real? true
        set control1 1
      ];cierro parte verdadera de ifelse siF > sjF
      [
        ifelse (item caracteristica s - [item caracteristica s] of persona amigo) < 0
        [
          set s (replace-item caracteristica s ((item caracteristica s) + 1))
          set cambio_real? true
          set atraccion_real? true
          set control1 1
        ];cierro parte verdadera de ifelse siF < sjF
        [
          if (item caracteristica s - [item caracteristica s] of persona amigo = 0)
          [
            set caracteristica (caracteristica + 1)
            if caracteristica = F
            [
              set caracteristica 0
            ]
            set veces veces + 1
          ]
          if veces = F
          [
            set control1 1
          ]
        ]
      ];cierro parte falsa de ifelse de siF > sjF
    ]
  ]; cierro if de atracción cultural
];;cierro if random-float
let mientras 0
set platicando? false
ask persona amigo

```

APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL65

```

    [
      set platicando? false
    ] ;;cierro ask persona amigo
  ];;cierro if platicando?
];;cierro if distancia-amigo
set colorCultural 0
set veces 0
repeat (length s)
[
  set colorCultural ((item veces s) * (10 ^ (length s - veces - 1)) + colorCultural)
  set veces veces + 1
]
set color (40 + 9.9 * colorCultural / colorCulturalMaximo)
];;cierro ask

set veces 0
while[veces < count personas]
[
  ;;Los siguientes ciclos controlan las variables
  ;;Para los monitores del programa
  if [cambio_posible?] of persona (veces + departamentos) = true
  [
    set interacciones_posibles interacciones_posibles + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
while[veces < count personas]
[
  if [cambio_real?] of persona (veces + departamentos) = true
  [
    set interacciones_reales interacciones_reales + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
while[veces < count personas]
[
  if [atraccion_posible?] of persona (veces + departamentos) = true
  [
    set atracciones_posibles atracciones_posibles + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
while[veces < count personas]
[
  if [atraccion_real?] of persona (veces + departamentos) = true
  [
    set atracciones_reales atracciones_reales + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
while[veces < count personas]
[
  if [repulsion_posible?] of persona (veces + departamentos) = true
  [
    set repulsiones_posibles repulsiones_posibles + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
while[veces < count personas]
[
  if [repulsion_real?] of persona (veces + departamentos) = true
  [

```

APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL66

```

    set repulsiones_reales repulsiones_reales + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
ask casa Numero
[
  while[veces < length habitantes]
  [
    ask persona item veces habitantes
    [
      set culturasCasa (replace-item veces culturasCasa colorCultural)
    ]
    set veces veces + 1
  ]
]
set veces 0
while[veces < numeroDePersonas]
[
  ask persona (veces + departamentos)
  [
    set culturasTotales (replace-item veces culturasTotales colorCultural)
  ]
  set veces veces + 1
]
set culturaGrande modes culturasTotales
set veces 0
set p 0
while[veces < numeroDePersonas]
[
  if item veces culturasTotales = item 0 culturaGrande
  [
    set p p + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
while[veces < departamentos]
[
  ask casa veces
  [
    set i 0
    repeat length habitantes
    [
      set cultura (replace-item i cultura [colorCultural] of persona item i habitantes)
      set i i + 1
    ]
    set veces veces + 1
  ]
]
set veces 0
while[veces < departamentos]
[
  ask casa veces
  [
    set culturaGrandeEnCasa modes cultura
    set pCasa 0
    set i 0
    while[i < length habitantes]
    [
      if item i cultura = item 0 culturaGrandeEnCasa
      [
        set pCasa pCasa + 1
      ]
      set i i + 1
    ]
  ]
]

```

APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL67

```

    ]
    set porcentajeMonocultural ( pCasa / length habitantes)
  ]
  set veces veces + 1
]
set monoculturalidadLocal 0
set veces 0
while[veces < departamentos]
[
  ask casa veces
  [
    set monoculturalidadLocal monoculturalidadLocal + porcentajeMonocultural
  ]
  set veces veces + 1
]
set monoculturalidadLocal monoculturalidadLocal / departamentos
grafica
set interacciones_posibles 0 ;;Reinicio los contadores de los monitores
set interacciones_reales 0
set atracciones_posibles 0
set atracciones_reales 0
set repulsiones_posibles 0
set repulsiones_reales 0
set tiempo tiempo + 1
];;cierro while
set tiempo 0
end

;;El módulo "irAcasa" controla la dinámica de los agentes en cada hogar
;;Tiene una acción parecida al módulo "irAzonaComun".

to irAcasa
  borrarPasillo
  pintarCasas
  ask personas
  [
    set angulo random-float 360
    set radiop random-float 3
    setxy xcasa + radiop * cos angulo ycasa + radiop * sin angulo
  ]
  set tiempo 0
  while [(monoculturalidadLocal < 1) and (tics <= 5000)];tiempo < Tc]
  [
    tick
    set tics tics
    ifelse fondo_gris? = true
    [
      ask patches [set pcolor gray]
    ]
    [
      ask patches [set pcolor black]
    ]
    ask personas
    [
      if random-float 1 < probDeMov
      [
        if caminanteAleatorio [rt random anguloAleatorio - (anguloAleatorio / 2)] ;; Caminante aleatorio
        fd pasos
        set distanciaCentro sqrt ((xcor - xcasa) * (xcor - xcasa) + (ycor - ycasa) * (ycor - ycasa))
        if distanciaCentro >= 3
        [
          fd (-1 * pasos)
          set heading random 360
        ]
      ]
    ]
  ]
]

```

APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL68

```

]
ask personas
[
  set pariente one-of other personas in-radius cercano with [depto = [depto] of myself]
  if pariente != NOBODY
  [
    set pariente ([who] of pariente)
  ]
  if pariente != NOBODY
  [
    if [platicando? = false] of persona pariente
    [
      set platicando? true
      set cambio_posible? false
      set cambio_real? false
      set atraccion_posible? false
      set atraccion_real? false
      set repulsion_posible? false
      set repulsion_real? false
      ask persona pariente
      [
        set platicando? true
      ]
      set veces 0
      while [veces < F] ;;Calculamos la distancia cultural con el pariente
      [
        set Dc Dc + abs (item veces s - [item veces s] of persona pariente)
        set veces veces + 1
      ]
      set Dc Dc / ((q - 1) * F)
      if random-float 1 <= 1 - Dc
      [
        set cambio_posible? true
        let caracteristica 0
        set control1 0
        if (Dc >= Xr + 2 * DcMinima) and (Dc < Xa) ;; Efectúo atracción cultural
        [
          set veces 1
          set atraccion_posible? true
          set caracteristica random F
          while[control1 = 0]
          [
            ifelse (item caracteristica s - [item caracteristica s] of persona pariente) > 0
            [
              set s (replace-item caracteristica s ((item caracteristica s) - 1))
              set cambio_real? true
              set atraccion_real? true
              set control1 1
            ];cierro parte verdadera de ifelse siF > sjF
            [
              ifelse (item caracteristica s - [item caracteristica s] of persona pariente) < 0
              [
                set s (replace-item caracteristica s ((item caracteristica s) + 1))
                set cambio_real? true
                set atraccion_real? true
                set control1 1
              ];cierro parte verdadera de ifelse siF < sjF
            [
              if (item caracteristica s - [item caracteristica s] of persona pariente = 0)
              [
                set caracteristica (caracteristica + 1)
                if caracteristica = F
                [
                  set caracteristica 0
                ]
              ]
            ]
          ]
        ]
      ]
    ]
  ]
]

```

APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL69

```

        set veces veces + 1
    ]
    if veces = F
    [
        set control1 1
    ]
    ]
];cierro parte falsa de ifelse de siF > sjF
]
];cierro if de atracción cultural
]
set platicando? false
ask persona pariente
[
    set platicando? false
]
]
]
set veces 0
set colorCultural 0
repeat (length s)
[
    set colorCultural ((item veces s) * (10 ^ (length s - veces - 1)) + colorCultural)
    set veces veces + 1
]
set color (40 + 9.9 * colorCultural / colorCulturalMaximo)
]
set veces 0
while[veces < count personas]
[
    if [cambio_posible?] of persona (veces + departamentos) = true
    [
        set interacciones_posibles interacciones_posibles + 1
    ]
    set veces veces + 1
]
]
set veces 0
while[veces < count personas]
[
    if [cambio_real?] of persona (veces + departamentos) = true
    [
        set interacciones_reales interacciones_reales + 1
    ]
    set veces veces + 1
]
]
set veces 0
while[veces < count personas]
[
    if [atraccion_posible?] of persona (veces + departamentos) = true
    [
        set atracciones_posibles atracciones_posibles + 1
    ]
    set veces veces + 1
]
]
set veces 0
while[veces < count personas]
[
    if [atraccion_real?] of persona (veces + departamentos) = true
    [
        set atracciones_reales atracciones_reales + 1
    ]
    set veces veces + 1
]
]
set veces 0
while[veces < count personas]

```

APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL70

```

[
  if [repulsion_posible?] of persona (veces + departamentos) = true
  [
    set repulsiones_posibles repulsiones_posibles + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
while[veces < count personas]
[
  if [repulsion_real?] of persona (veces + departamentos) = true
  [
    set repulsiones_reales repulsiones_reales + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
ask casa Numero
[
  while[veces < length habitantes]
  [
    ask persona item veces habitantes
    [
      set culturasCasa (replace-item veces culturasCasa colorCultural)
    ]
    set veces veces + 1
  ]
]
set veces 0
while[veces < numeroDePersonas]
[
  ask persona (veces + departamentos)
  [
    set culturasTotales (replace-item veces culturasTotales colorCultural)
  ]
  set veces veces + 1
]
set culturaGrande modes culturasTotales
set veces 0
set p 0
while[veces < numeroDePersonas]
[
  if item veces culturasTotales = item 0 culturaGrande
  [
    set p p + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
set veces 0
while[veces < departamentos]
[
  ask casa veces
  [
    set i 0
    repeat length habitantes
    [
      set cultura (replace-item i cultura [colorCultural] of persona item i habitantes)
      set i i + 1
    ]
    set veces veces + 1
  ]
]
set veces 0
while[veces < departamentos]
[

```

## APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL71

```

ask casa veces
[
  set culturaGrandeEnCasa modes cultura
  set pCasa 0
  set i 0
  while[i < length habitantes]
  [
    if item i cultura = item 0 culturaGrandeEnCasa
    [
      set pCasa pCasa + 1
    ]
    set i i + 1
  ]
  set porcentajeMonocultural ( pCasa / length habitantes)
]
set veces veces + 1
]
set monoculturalidadLocal 0
set veces 0
while[veces < departamentos]
[
  ask casa veces
  [
    set monoculturalidadLocal monoculturalidadLocal + porcentajeMonocultural
  ]
  set veces veces + 1
]
set monoculturalidadLocal monoculturalidadLocal / departamentos
grafica
ask personas
[
  set cambio_posible? false
  set cambio_real? false
  set atraccion_posible? false
  set atraccion_real? false
]
set interacciones_posibles 0
set interacciones_reales 0
set atracciones_posibles 0
set atracciones_reales 0
set tiempo tiempo + 1
]
if monoculturalidadLocal = 1
[
  set T ticks
]
end

;;El módulo "grafica" se encarga de actualizar las gráficas de los monitores del programa

to grafica
set-current-plot "Interacciones"
set-current-plot-pen "posibles"
plot (interacciones_posibles / numeroDePersonas)
set-current-plot-pen "reales"
plot (interacciones_reales / numeroDePersonas)
set-current-plot "Atracciones"
set-current-plot-pen "posibles"
plot (atracciones_posibles / numeroDePersonas)
set-current-plot-pen "reales"
plot (atracciones_reales / numeroDePersonas)
set-current-plot "Repulsiones"
set-current-plot "Culturas"
set-current-plot-pen "Casa 0"
plot (length (remove-duplicates culturasCasa) / q ^ F)

```

## APÉNDICE B. CÓDIGO EN NETLOGO DEL PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL72

```
set-current-plot-pen "Totales"
plot (length (remove-duplicates culturasTotales) / q ^ F)
set-current-plot "Cultura mas grande"
set-current-plot-pen "default"
plot p / numeroDePersonas
set-current-plot "Cultura mas grande en casa Numero"
set-current-plot-pen "default"
ifelse Numero mod 2 = 0
[
  set-plot-pen-color black
]
[
  set-plot-pen-color red
]
plot ([porcentajeMonocultural] of casa Numero)
set-current-plot "Plano fase a vs r"
set-current-plot-pen "default"
plotxy (atracciones_reales / numeroDePersonas) (repulsiones_reales / numeroDePersonas)
end
```

;;El método "go" controla las acciones a realizar del programa.

```
to go
set controlGo 0
while[controlGo < 3]
[
  irAcasa
  ifelse controlGo = 0
  [
    set tics1 tics
    ask casas
    [
      set culturaInicial cultura
    ]
  ]
  [
    set tics2 (tics - tics1 - 1)
    ask casas
    [
      set culturaFinal cultura
    ]
  ]
  set controlGo controlGo + 1
  set tics 0
  if controlGo < 3
  [
    irAzonaComun
  ]
  set controlGo controlGo + 1
]
set finales 0
set veces 0
while [veces < departamentos]
[
  if [culturaInicial] of casa veces != [culturaFinal] of casa veces
  [
    ask casa veces
    [
      set color green
    ]
    set finales finales + 1
  ]
  set veces veces + 1
]
end
```



Parte III  
Bibliografía

# Bibliografía

- [1] Gibbons Robert, *Un primer curso de Teoría de Juegos*, Editorial Antoni Bosch, Barcelona, 1992.
- [2] Mitchell Melanie, *Complexity a Guide Tour*, Editorial Oxford, New York 2009.
- [3] Strogatz Steven H., *Nonlinear Dynamics and Chaos*, Editorial Perseus Books, Massachusetts 1994.
- [4] Axelrod Robert , *La Evolución de la Cooperación*, Editorial Alianza, 1984.
- [5] Peñaloza Romero Ernesto, *Fundamentos de Programación*, Editorial UNAM, 1998.
- [6] Gottman John et. al., *The mathematics of marriage*, Editorial MIT, Massachusetts, 2002.
- [7] Zil Denis G., *Ecuaciones Diferenciales con aplicaciones de modelado*, Editorial Thompson, 1998.
- [8] Luhmann Niklas, *Sistemas Sociales*, Editorial Anthropos 1998.
- [9] Miller, John H. y Page Scott E., *Complex Adaptive Systems*, Princeton University Press, 2007.
- [10] Grimaldi, Ralph, *Matemática Discreta y Combinatoria*, Ed. Pearson, 2009.
- [11] Edmonds Bruce, et. al., *Social Simulation, Technologies, advances and new discoveries*, Ed. Hershey, 2008.
- [12] Gilbert Nigel, et. al., *Simulation for the social scientist*, Ed. Open University Press, 2005.
- [13] Dawkins Richard, *El gen egoísta*, Ed. Salvat, 1989.
- [14] Trajovski Goran, et. al., *Agent-Based Societies*, Ed. Hershey, 2009.
- [15] Castellani Brian, *Sociology and complexity science*, Ed. Springer, 2009.
- [16] Axelrod Robert, *The complexity of cooperation*, Ed. Princeton 1997.
- [17] Denaro D., et. al., *Cultural evolution in a population of neural networks*, Ed. Springer (1996).
- [18] Epstein J., et. al., *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*. Ed. MIT Press (1996).
- [19] Gabora Liane, *Cognitive Mecanisms Underlying the Origin and Evolution of Culture*, <http://www.vub.ac.be/CLEA/liane/thesisgabora.pdf> (2001).
- [20] Izquierdo L., et. al. *Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas*, Ed. Empiria (2008).
- [21] Pfau Jens, *Towards Computational Models of Cultural Dynamics Based on the Grounding Model of Cultural Transmission*, Doctoral Thesis, University of Melbourne, Australia (2012).
- [22] Gracia Lázaro Carlos, *Dynamics and Collective Phenomena of Social Systems*, Doctoral Thesis, Universidad de Zaragoza, España (2012).
- [23] A. Sutcliffe, Di Wang. *JASSS* **15**, 3 (2012).
- [24] T. Araujo, M. St. Aubyn, *Adv. Complex Systems* **11**, 99 (2008).

- [25] A. H. Rodríguez, Y. Moreno, *Phys. Rev. E* **82**, 016111 (2010).
- [26] B. Skyrms, R. Pemantle, *PNAS* **97**, 9340 (2000).
- [27] Nicholas A. Christakis, *N Engl J Med* **357**, 370 (2007).
- [28] S. Rinaldi, *SIAM J. Appl. Math* **58**, 1205 (1998).
- [29] Larry L. Bumpass, Teresa Castro Martin, James A. Sweet, *Journal of Family Issues* **12**, 22 (1991).
- [30] S. Meloni *et al*, *Phys. Rev. E* **79**, 067101 (2009).
- [31] Cardoso, Carolina, *et. al. Modelos basados en agentes: definición, alcances y limitaciones*, <http://www.iai.int/files/science/programs/idrc/Cardoso-et-al-Manual-ABM.pdf>.
- [32] ITAM, Estudios filosofía-historia-letras, <http://biblioteca.itam.mx/estudios/estudio/letras11/notas1/sec-2.html>.
- [33] UNESCO, <http://www.unesco.org/new/es/mexico/work-areas/culture/>.
- [34] Segunda convocatoria para proyectos de investigación científica y tecnología vinculados a la docencia y a la sociedad en la UACM, <http://www.uacm.edu.mx/portals/0/avisosyconvoca/Proyectos-aprobados-3.pdf>.
- [35] Complex Systems and Networks Lab, <http://cosnet.bifi.es/people/yamir-moreno/publications>
- [36] R. Axelrod, *J. Conflict Resolut.* **41**, 203 (1997).
- [37] A. Radillo-Díaz, M. del Castillo-Mussot, *Phys. Rev. E* **80**, 066107 (2009).
- [38] R. Axelrod, *J. Phys. Rev.* **80**, 066107 (2009).
- [39] De Sanctis Luca, *et. al.*, *J. Phys. Rev.* **79**, 066107 (2009).
- [40] Castsellano Claudio, *et. al.*, *J. Phys. Rev.* Vol. 85, number 16 (2000).
- [41] Heyleghe Francis, *et. al. Evolution of Culture, Memetics*, Encyclopedia of Complexity and Systems Science Ed. Springer, 2009.
- [42] Gabora L. *Meme and variations: A Computer Model of Cultural Evolution*, Ed. Lectures in Complex Systems. Addison-Wesley (1995).
- [43] Brodie R. *Virus of the mind: The new science of the meme*. Ed. Integral Press (1996).
- [44] Cavalli-Sforza LL. *Cultural transmission and evolution: A quantitative approach*. Ed. Princeton University Press (1981).
- [45] Aunger R., *Cultural transmission and diffusion*, Encyclopedia of Cognitive Science, Ed. Mc Millan (2003).
- [46] Axelrod R., *The Dissemination of Culture: A Model with Local Convergence and Global Polarization*. *Journal of Conflict Resolut* **41**: 203-26.
- [47] Flache Andreas *et. al.*, *What sustains stable cultural diversity and what undermines it? Axelrod and beyond*. <http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0604/0604201.pdf>.
- [48] Xia Haoxiang, *et. al. Opinion Dynamics: A multidisciplinary review and perspective on future research*. *J. Knowledge and Systems Science*. Vol. 2, issue 4 (2011).



**Av. Instituto Politécnico Nacional 1891**  
**Col. Lindavista Gustavo A. Madero D.F.**  
**Tel. 5754-3924**  
**Nextel 1089-0507**



**Hda. Zotoluca No. 9 Local B**  
**estamos sobre AV. RANCHO SECO**  
**Col. Impulsora Edo. de México**  
**Tel. 5712-0055 6285-6819**  
**Nextel 1089-0506**

