



PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la ilustre UNIVERSIDAD DE LOS ANDES como requisito final para
obtener el Título de INGENIERO DE SISTEMAS

MODELO DE COMPORTAMIENTO DE GRUPOS SOCIALES MEDIANTE LA SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES

Por

Br. Arnoely Araujo

Tutor: Prof. Sebastián Medina

Febrero 2018

©2018 Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela

C.C. Reconocimiento

Modelo de Comportamiento de Grupos Sociales Mediante la Simulación Basada en Agentes

Br. Arnoely Araujo

Proyecto de Grado — Investigación de Operaciones, 105 páginas

Resumen: En este proyecto de investigación se desarrolló un modelo de simulación mediante el enfoque de la Simulación Basada en Agentes, representando la propagación de un patrón de conducta colectiva considerada como “perniciosa”, en base a la “moralidad” descrita por Durkheim (1924a); bajo las teorías de grupos sociales definidas por Cooley (1909); Andersen y Taylor (2010), y bajo las ideas de Axelrod planteadas en su modelo de Diseminación de la Cultura, empleando el software NetLogo. El modelo creado es novedoso en el sentido de que permite simular una sociedad conformada por los principales grupos sociales que forman parte del entorno diario de un individuo, tal como la familia, los amigos, los vecinos, compañeros de trabajo, compañeros de estudio, entre otros, y cómo estos grupos, y los estímulos del entorno, influyen constantemente en la toma de decisiones morales de los individuos, llevándolos a actuar de forma perniciosa o virtuosa. El modelo fue verificado principalmente evaluando el procedimiento *inicializar*. Los resultados de la simulación mostraron que el modelo cumple con los supuestos que fueron considerados en el modelado de los agentes, siendo esto una ventaja a la hora de evaluar futuros escenarios. El modelo desarrollado permite explicar y posiblemente proponer o evaluar mecanismos que mitiguen la propagación de conductas consideradas como “perniciosas” en una sociedad, pudiendo esto representar una solución a un problema social.

Palabras clave: Simulación Basada en Agentes, Sociedad, Grupos Sociales, Moralidad.

Este trabajo fue procesado en L^AT_EX.

Índice

Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
Agradecimientos	viii
1 Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Antecedentes	5
1.4 Justificación	7
1.5 Metodología	7
1.6 Alcance y Limitaciones	8
1.7 Estructura del documento	8
2 Marco teórico y conceptual	10
2.1 Teorías del Comportamiento	11
2.2 La Moral y sus concepciones	13
2.3 Grupos Sociales	19
2.4 Sistemas Complejos	22
2.5 Modelado Social	24
2.6 Simulación Social	25
2.7 Agentes	25

2.7.1	Características de los Agentes	25
2.7.2	Arquitectura de Agentes	26
2.8	Enfoques para el modelado y simulación de fenómenos sociales	28
2.9	Simulación Basada en Agentes (SBA)	30
2.9.1	Aplicaciones de la SBA en las ciencias sociales	31
2.9.2	Plataformas para el modelado y simulación social	32
2.10	NetLogo	34
2.10.1	Descripción	34
2.10.2	Funcionamiento	36
3	Modelado de simulación	40
3.1	Consideraciones generales del modelado	40
3.2	Supuestos del modelo	41
3.3	Descripción del modelo	42
3.3.1	Interfaz del modelo	48
3.3.2	Agentes modelados, estados y acciones	54
3.4	Verificación del modelo	74
4	Resultados	79
5	Discusión	86
6	Conclusiones	88
7	Recomendaciones	90
A	Modelo de diseminación de la cultura de Axelrod	91
B	Diagrama de clases del modelo	96
C	Diagrama de flujo del modelo	97
	Bibliografía	98

Índice de Tablas

3.1	Ejemplo de un vector de características culturales del modelo de Axelrod . .	44
3.2	Ejemplo de una sociedad conformada por 7 grupos sociales y 5 instancias de los grupos	44
3.3	Submatriz del <i>agente</i> ₁ perteneciente a la sociedad creada	45
3.4	Instancias a las que pertenece el <i>agente</i> ₁ en la sociedad	46
3.5	Submatriz del <i>agente</i> ₂ perteneciente a la sociedad creada	46
3.6	Instancias a las que pertenece el <i>agente</i> ₂ en la sociedad	46
3.7	Submatriz del <i>agente</i> ₃ perteneciente a la sociedad creada	47
3.8	Instancias a las que pertenece el <i>agente</i> ₃ en la sociedad	48
3.9	Submatriz del <i>agente</i> ₁	48
3.10	Submatriz del <i>agente</i> ₃	48
3.11	Submatriz del <i>agente</i> ₂	48
4.1	Configuración base de los parámetros del modelo	80

Índice de Figuras

2.1	Menú principal de la interfaz gráfica de NetLogo (Wilensky, 1999) . . .	36
2.2	Botones, deslizadores e interruptores del modelo (Wilensky, 1999) . .	37
2.3	Monitores del modelo (Wilensky, 1999)	37
2.4	Gráfico de la evolución de los agentes en el modelo (Wilensky, 1999) . .	38
2.5	Vista que muestra a los agentes del modelo (Wilensky, 1999)	38
2.6	Ventana para el ajuste del la vista del modelo (Wilensky, 1999)	39
3.1	Interfaz gráfica del modelo en NetLogo.	52
3.2	Ventana emergente para ingresar el número de grupos sociales.	53
3.3	Ventana emergente para ingresar el número de instancias de los grupos sociales.	53
3.4	Ventana emergente para ingresar el número de miembros deseado para cada grupo social.	54
3.5	Región hipotética del mundo de NetLogo luego de inicializar el modelo. . . .	66
3.6	Estado inicial de los agentes (<i>ticks</i> = 0).	66
3.7	Posición de los agentes luego de ejecutar el modelo para un <i>tick</i>	67
3.8	Interfaz del modelo mostrando las salidas luego de inicializar el modelo. . . .	77
4.1	Número de agentes por tipo (<i>ticks</i> = 500)	80
4.2	Proporción de agentes que se vuelven no morales (<i>ticks</i> = 550)	81
4.3	Monitores mostrando el tiempo que le toma a cada población de agentes volverse no-morales	82
4.4	Monitores mostrando el promedio de influencias sociales negativas y la mayor influencia negativa promedio recibida por cada uno de los tipos de agentes .	83
4.5	Monitores mostrando el promedio de estímulos negativos recibidos por cada uno de los tipos de agentes	83

4.6	Monitores mostrando el promedio de estímulos negativos recibidos por cada uno de los tipos de agentes cuando no recibieron influencia social	84
4.7	Tipos de Agentes que se vuelven altamente morales	85
4.8	Proporción de agentes que se vuelven altamente morales	85
4.9	Promedio de influencias sociales positivas y la mayor influencia positiva promedio recibida por cada uno de los tipos de agentes	85
A.1	Conjunto de culturas inicial	93
A.2	Mapa de las similitudes culturales	94
B.1	Diagrama de clases del modelo	96
C.1	Diagrama de flujo del modelo	97

www.bdigital.ula.ve

Agradecimientos

- A mis padres, Noemi Hernández y Arnoldo Araujo, quienes día a día se encargaron de que yo estuviera en las mejores condiciones para llevar a buen final este proyecto. Sin ellos, nada de lo que sigue hubiera sido posible.
- Al profesor Sebastián Medina y a los profesores Franklin Dávila y Oswaldo Terán, por sus aportes y sugerencias al proyecto.
- A la Ilustre Universidad de Los Andes, especialmente a la Escuela de Sistemas mi segunda casa, mi orgullo. Lugar donde crecí académicamente. Agradezco a cada persona que forma parte de esta institución, donde obtuve un sin fin de conocimientos que me permitieron lograr esta meta.

Capítulo 1

Introducción

Desde el origen del hombre y su desarrollo individual, los grupos sociales han venido exhibiendo problemas que suelen ser complejos debido a su extensión temporal y espacial. Dichos problemas son difíciles de explicar debido a la complejidad subyacente en el estudio de los sistemas sociales, que involucra el estudio del ser humano como ser social, su manera de percibir el mundo y su patrón de conducta que lo llevará a actuar de manera correcta o incorrecta ante diversas situaciones.

De acuerdo a Boudon (2010) hasta ahora, las ciencias sociales han tratado de explicar las acciones humanas individuales a partir de tres teorías del comportamiento: la teoría del **Tipo I** denominada **Teoría de la Elección Racional (TER)**, la teoría del **Tipo II** llamada **Teoría Causal**, y la del **Tipo III** denominada **Psicología Racional o Cognitiva**. Sin embargo, para Boudon (2010) las primeras dos teorías sólo son válidas bajo ciertas restricciones, mientras que la teoría del **Tipo III** es mucho más general y además es la utilizada por los sociólogos más relevantes de las teorías clásicas como Durkheim, Weber, sus seguidores como Evans Pitchard, Horton, y otros.

De tal modo que, al seguir los lineamientos de Boudon, se elige la teoría del **Tipo III (Psicología Racional o Cognitiva)** como teoría base para darle explicación a algún fenómeno social, y en este punto, es preciso preguntarse qué determinan las “motivaciones” y “razones” de los actores, cuales son las causas elementales de éstas que conllevan a reproducir las acciones individuales. Estas causas elementales pueden tener lugar en la estructura de **valores morales** del individuo, ya que, como lo indica

Durkheim (1924a, p. 36):

“La moral se nos presenta como un sistema de normas de conducta que recurre al empleo de máximas que prescriben cómo debe conducirse el sujeto en determinadas circunstancias”

Además, Durkheim afirma que la **moralidad** de un individuo es influenciada por el entorno donde éste se desarrolle, cuando dice:

“Bajo la influencia del medio, de la educación, cada conciencia ve las reglas morales bajo una luz particular; tal individuo sentirá vivamente las reglas de moral cívica, y débilmente las reglas de moral doméstica, o a la inversa. Tal otro tendrá el sentimiento profundo del respeto por los contratos, de la justicia, pero no tendrá sino una representación pálida e ineficaz de los deberes de la caridad” (Durkheim, 1924a, p. 41).

Por otro lado, desde un punto de vista filosófico, Kant (1785) sostiene que la moral no es algo que pueda ser influenciado por las circunstancias externas al individuo sino que es algo que está a priori en la razón. Él afirma que son principios íntimos que no se ven y que no son vulnerables al universo exterior del individuo. Para él una acción guarda un valor moral sólo si el individuo actúa por deber - o por principio de honradez- y no conforme al deber -por miedo a la sanción o por alguna inclinación.

Otros teóricos de la filosofía moral rechazan la idea de que la voluntad de los humanos (o sus acciones) se dé única y exclusivamente por la razón. Tal es el caso de Hume quien en su trabajo “Un tratado de la Naturaleza Humana” (*A Treats Human Nature*), afirma que la razón por sí sola no puede ser nunca un motivo de cualquier acto de la voluntad, sino que se encuentra en permanente combate con las pasiones (Hume, 1739, p. 216).

De acuerdo a lo citado anteriormente, una explicación adecuada a un problema social implicaría enfrentarse a la complejidad subyacente en el estudio de las acciones colectivas, que podría darse a través del estudio de los valores morales como causa elemental de la actuación de los individuos.

Hoy en día, gracias a los avances en la ciencia computacional, es posible abordar este tipo de problemas mediante un enfoque de modelado que se ha vuelto cada vez

más popular en los estudios de los sistemas sociales, tal como la Simulación Basada en Agentes (SBA), la cual permite explicar fenómenos sociales de la forma propuesta por la sociología analítica, es decir, a partir de la identificación de los mecanismos a través de los cuales el fenómeno social es producido (Hedstrom, 2010, p. 211). De este modo la SBA permite desarrollar, analizar y experimentar con modelos conformados por *agentes* que interactúan dentro de un *entorno*, logrando representar de manera simplificada la emergencia de las estructuras sociales a partir de la acción individual de los agentes, siendo esto difícil o imposible hacer con otros enfoques de modelado (Gilbert, 2008). García-Valdecasas Medina (2014) afirma esta idea justificando con argumentos válidos que la SBA es el enfoque de modelado más adecuado para desarrollar explicaciones a partir de mecanismos.

En el siguiente trabajo se propone desarrollar un modelo computacional basado en las ideas de Durkheim que intentan explicar, a partir de la moralidad, la manera de actuar de un individuo en determinado escenario social, y en las consideraciones de Cooley (1909) y Andersen y Taylor (2010) acerca de la influencia de los principales grupos sociales que conforman el entorno de un individuo, pudiendo de esta manera dar una posible explicación a ciertos fenómenos sociales emergentes en donde los individuos se encuentran constantemente bajo la influencia de su entorno, provocando acciones colectivas “perniciosas”. Para ello se empleará la SBA como técnica de modelado computacional, ya que según expertos en la ciencia social computacional (Gilbert y Troitzsch, 2005; Izquierdo *et al.*, 2008; Borrill y Tesfatsion, 2011) es la más adecuada para estudiar los sistemas complejos, tales como los sistemas sociales; implementando una serie de mecanismos que hagan alusión tanto a la acción de los individuos como a la estructura emergente producto de la interacción entre ellos, pudiendo entonces explicar algún fenómeno social y predecir su estado en cualquier momento posterior en el tiempo (García-Valdecasas Medina, 2011).

1.1 Planteamiento del problema

Una acción, puede ser percibida como perniciosa o no según el entorno cultural en el que se encuentren los individuos interactuando, ya que las máximas de conducta son

prescritas de diferente forma de acuerdo a cada sociedad. Dicha acción -en el caso de ser percibida como perniciosa- puede irse extendiendo cada vez más en espacio y tiempo generando un problema social.

Se han observado fenómenos sociales donde se sospecha que la **moralidad** ha jugado un papel fundamental en la manera de actuar del individuo; tal es el caso de los fenómenos emergentes observados en la sociedad venezolana titulados como “**raspar-cupos**” y “**bachaquear**”, en donde cada vez más venezolanos deciden adoptar estas conductas aún cuando éstas son penalizadas por el Estado; mientras que otros grupos de individuos, teniendo las mismas o mayores presiones económicas, se niegan a actuar de esta forma.

Entonces, ante esto, surgen las preguntas ¿por qué algunos individuos rompen las reglas y otros se conducen de acuerdo a ellas? o ¿cuál es la causa de que algunos individuos frente a diversas presiones del entorno se mantienen firmes en sus convicciones, en su manera de actuar?. Una respuesta a éstas interrogantes pudiera darse mediante el modelado de la **moralidad** como causa elemental de la reproducción de las acciones de los individuos, pues como se ha dicho anteriormente, la moral, en síntesis, representa las máximas de conducta reguladas por la sociedad, y la **moralidad** indica la perspectiva que cada individuo tiene acerca de esa moral universal, común a todos, siendo la determinante de su conducta, de su manera de actuar.

Desafortunadamente **no es posible explicar las intenciones humanas, las conciencias -provistas de creencias y valores morales-** pues como bien lo dijo John Watson: “...es imposible estudiar la conciencia ya que ésta no puede ser observada” (Bur y Nine, 2003); sin embargo, si es plausible explicar una **acción humana a través de una medición directa de ella**, pudiendo ser posible que la acción sea expresada en términos de la realidad moral y la **moralidad** descrita por Durkheim.

1.2 Objetivos

De acuerdo a lo antes mencionado, los objetivos que se persiguen con la realización de este proyecto son los siguientes:

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo computacional bajo las teorías de Durkheim y las ideas de Axelrod, que pueda servir como base para representar la dinámica de comportamiento de grupos sociales en el marco de la moralidad.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudiar las teorías sociológicas y psicosociales que expliquen la conducta de un individuo desde un punto de vista moral.
- Representar las teorías estudiadas mediante un modelo de simulación.
- Evaluar el comportamiento de los modelos ante distintos escenarios.

1.3 Antecedentes

Existe una variedad de modelos computacionales desarrollados mediante SBA que atienden específicamente a fenómenos sociales y que se han convertido en referentes obligatorios para el modelamiento social contemporáneo. Entre ellos es necesario mencionar en primer lugar el modelo de Schelling (1971), el cual fue precursor en el modelado computacional en el campo de las ciencias sociales. Él propuso un modelo para explicar la segregación étnica observada en algunas ciudades americanas en la década de los años setenta. El modelo muestra que los barrios con un bajo grado de prejuicio pueden producir patrones altamente segregados, mientras que zonas con altos niveles de intolerancia pueden no generar segregación étnica. La importancia de este modelo radica en que es posible explicar a partir de las reglas de conducta de los agentes individuales resultados sociales que, en principio, no son evidentes o fácilmente predecibles. Por ejemplo, de manera intuitiva se podría afirmar que en aquellas zonas cuyos vecinos poseen altos niveles de tolerancia no se producen guetos; y, al contrario, se podría decir que si los niveles de tolerancia son bajos, entonces los vecinos tienden a segregarse en grupos étnicamente uniformes (García-Valdecasas Medina, 2011, p. 102).

Se han desarrollado modelos basados en agentes mucho más complejos. Uno de ellos es el elaborado por Epstein y Axtell (1996) en el cual los agentes comen, se reproducen,

comercializan, pelean, sufren enfermedades y tienen características culturales. El modelo explica la interacción de muchos mecanismos, y cómo operan al mismo tiempo, tal como sucede en la vida real. Los escenarios generados por el modelo demostraron que los mecanismos implementados a nivel individual son capaces de producir los fenómenos colectivos predichos.

Por otra parte, Axelrod (1997b) elaboró un modelo en el que se explican los efectos de un mecanismo de influencia social convergente tomando en cuenta la interacción de diferentes características culturales. Los resultados de la simulación muestran que el número de regiones culturales homogéneas decrece con el número de características, incrementa con el número de rasgos alternativos por características, decrece con el rango de interacción y (se muestra un resultado imprevisto) decrece cuando el territorio geográfico crece a un cierto tamaño.

Estos modelos son reconocidos en la literatura del modelado social por sus importantes aportes al modelado computacional de fenómenos sociales complejos. Sin embargo, existen otros modelos sociales basados en agentes ampliamente difundidos tales como el realizado por Axelrod (1984, 2004) sobre la cooperación y el conflicto; el modelo sobre la guerra, el cambio tecnológico y la formación de estados (Cederman, 2003); la formación y el cambio de identidades políticas (Lustick, 2000); la competencia partidaria (Laver y Sergenti, 2011) y la formación de normas e instituciones (Andrighetto *et al.*, 2010). Para ver otros ejemplos se recomienda la lectura de Gilbert y Troitzsch (2005), Epstein y Axtell (1996)).

En general, estos modelos no tienen como objetivo la reproducción fiel de la realidad observada. Por el contrario, tienen como objetivo formalizar mecanismos sociales, explicitar los supuestos teóricos y empíricos con los que opera el fenómeno, y ponerlos a prueba a partir de experimentos llevados a cabo por medio de simulaciones basadas en agentes.

Recientemente se ha desarrollado un modelo genérico que ofrece la posibilidad de modelar los componentes cognitivo, emocional y social de un fenómeno. El modelo al que se hace alusión es el desarrollado por Epstein (2013) en su trabajo titulado “Agente Cero. Hacia las bases cognitivas para la ciencia social generativa” (*Agent Zero. Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science*), en el que

presenta un contenido bastante amplio relacionado con la neurociencia, sosteniendo que debe existir un puente entre esta ciencia y las ciencias sociales y que ese puente lo podría proporcionar la SBA. Para representar el componente afectivo Epstein (2013) propone una generalización del modelo de Rescorla y Wagner (1972), el cual es derivado de experimentos sobre condicionamiento; para el componente deliverativo emplea un promedio móvil o mediana móvil sobre todo el espacio muestral de los agentes, y por último, representa el componente social considerando la influencia de las emociones y deliveraciones de otros agentes a partir de la suma de sus pesos, lo cual él denomina contagio disposicional.

En el presente trabajo se intentará desarrollar un modelo computacional unificado, que pueda ser sustentado por una variedad de teorías sociales.

1.4 Justificación

La notoria ausencia de modelos que permitan explicar problemas sociales complejos y el interés de poder explicarlos, mediante el modelado y simulación de agentes que representen diversas teorías sociales, generó el interés de llevar a cabo el desarrollo del siguiente proyecto. El poder comprobar que esas teorías sociales dan lugar a comportamientos observables en las sociedades humanas, mediante un modelo computacional sustentado por tales teorías, es un gran aporte que dará inicio a nuevos modelos sociales mediante computador, incrementando así el conocimiento del comportamiento de los humanos, teniéndose entonces, otra razón para el desenvolvimiento de este proyecto.

Aunque no se ha encontrado evidencia de investigaciones realizadas que aborden este contexto de investigación propuesto, se espera que el desarrollo de este proyecto pueda abrir las puertas a nuevas investigaciones referentes al tema planteado.

1.5 Metodología

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo considerando el uso de teorías sociológicas y psicosociales, así como el uso de una plataforma de simulación multi-agente para el

modelado y la simulación. Los pasos que conforman la metodología son los siguientes:

- Revisión bibliográfica acerca de las teorías que expliquen el comportamiento social, así como las teorías de Durkheim que hagan alusión a la moralidad del individuo.
- Estudio del funcionamiento e implementación de una plataforma de simulación multi-agente.
- Modelado y simulación de las teorías estudiadas.
- Formulación de pruebas al modelo.
- Realización del informe final.

1.6 Alcance y Limitaciones

El proyecto a realizar busca desarrollar un modelo de agentes -en base a las teorías sociológicas de Durkheim- que posiblemente permitan explicar la manera en que los individuos conducen sus acciones.

No se plantea estudiar todas las teorías sociológicas de Durkheim, sino sólo aquellas que aluden a la moral como un aspecto determinante en la manera de actuar de los individuos.

No se pretende desarrollar modelos que describan con rigurosa exactitud lo que ocurre en el sistema real, sino ofrecer una explicación más profunda de las dinámicas de comportamientos colectivos percibidos como indeseados o no por parte de la sociedad.

Este proyecto es un trabajo de investigación precursor, que dará inicio a investigaciones futuras en este campo.

1.7 Estructura del documento

El contenido de este trabajo está estructurado como sigue:

- Capítulo 2: se muestra una revisión exhaustiva de la literatura de acuerdo con los objetivos de la investigación.

- Capítulo 3: se describen detalladamente los componentes del modelo creado, y su funcionamiento.
- Capítulo 4: se presentan los resultados de la simulación del modelo así como la verificación del mismo.
- Capítulo ??: se establecen los puntos de discusión del modelo.
- Capítulo ??: se establecen las conclusiones en función de la discusión.
- Capítulo ??: se establecen las recomendaciones.
- Apéndices: se presenta la descripción del modelo de Diseminación de la Cultura de Axelrod, y se muestran el diagrama de clases y el diagrama de flujo del modelo.

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 2

Marco teórico y conceptual

En el desarrollo de la presente investigación se realizó una revisión exhaustiva de las teorías sociales asociadas al comportamiento y a la moralidad de los individuos, así como también se realizó una revisión exhaustiva al campo de la **simulación basada en agentes**, a fin de lograr un buen entendimiento de dichas áreas de estudio.

Antes de abordar las teorías del comportamiento estudiadas, es preciso introducir la definición del término **sociedad**.

La sociedad, en términos generales, puede describirse como un grupo distintivo de individuos que sostienen algún tipo de identidad colectiva en virtud de la cultura y la interacción social (Bruce y Yearley, 2006). Sin embargo este es un término que tiene una amplia variedad de definiciones; Lafforgue (2013) describe algunas de ellas, definidas por los principales autores de la Teoría Social Francesa: por ejemplo, para Goffman, la sociedad es como un teatro donde los hombres son actores representando diversos papeles. Dichos actores se esfuerzan permanentemente a lo largo de toda su vida social para transmitir una imagen convincente de sí mismos frente a los diversos auditorios a lo que se enfrentan (la familia, los amigos, la escuela, la oficina, etc.). Mientras que para Bourdieu, la sociedad es un campo en el que describe a los individuos como agentes (sujetos individuales o colectivos), quienes se encuentran luchando por cambiarlo y otros por el contrario, por mantenerlo intacto. Cada uno de los agentes distribuidos en el campo, a su vez están dotados de una cantidad de capital distinta a la del otro. Siendo el capital no sólo económico sino también social y cultural. En donde la distribución

de cada uno de estos está dada en primer lugar por la familia y las clases sociales a la cual pertenece, y el capital cultural es adquirido básicamente mediante la familia y las instituciones escolares.

2.1 Teorías del Comportamiento

Según Boudon (2010), hasta ahora, las ciencias sociales han tratado de explicar las acciones humanas individuales a partir de tres teorías del comportamiento: la teoría del **Tipo I** denominada **Teoría de la Elección Racional (TER)**, la teoría del **Tipo II** llamada **Teoría Causal**, y la del **Tipo III** denominada **Psicología Racional o Cognitiva**. La primera fue desarrollada por Jeremy Bentham y en esta se asume que la gente actúa considerando las consecuencias que su acción generará, o bien, porque piensa que su acción le proporcionará una satisfacción máxima. La segunda supone que la conducta debe explicarse en la mayoría de los casos como el efecto de fuerzas psicológicas, culturales o biológicas: por efectos de la socialización, por sesgos cognitivos, como el resultado de la evolución biológica, como el producto de algún instinto, por ejemplo, de imitación, etc. Mientras que la tercera se basa en la teoría *comprensiva* representada principalmente por Max Weber; se trata de encontrar las causas de cualquier conducta o creencia, incluso si a primera vista se presenta como extraña o “irracional”. Estas causas son las razones y motivaciones que la gente tiene para creer lo que cree, por tanto, de acuerdo a esta teoría, explicar una acción significa reconstruir las “motivaciones” y “razones” de los actores (Boudon, 2010, p. 188).

En la comparación que Boudon (2010) hace a estas teorías, él considera las del **Tipo I** y del **Tipo II** como menos generales que la del **Tipo III**; arguye que aunque éstas teorías son utilizadas por muchos psicólogos, sociólogos y antropólogos, no representan muchos de los fenómenos sociales. Uno de los casos que él expone es el del voto, en el que las personas votan por un candidato teniendo una vaga información del mismo en la mayoría de los casos, y sin conocer bien los costos y beneficios a futuro que se generan al votar por ese candidato. Votan por un candidato si bien por influencia de la mayoría de los individuos que apoyan a ese candidato, o simplemente porque consideran que el voto es un ingrediente de la democracia. Pero este no es el único

caso, existen otros casos en donde el modelo del **Tipo I** fracasa (para conocerlos se recomienda la lectura de Boudon (2010, p. 180)) lo cual confirma que la **TER** sólo es válida bajo ciertas restricciones. De igual forma puede verse como otros sociólogos excluyen ésta teoría en sus trabajos, uno de ellos es Herbert Simon, quien descarta la suposición de que las acciones sean generalmente racionales. Simon (1955) señala que la mayoría de las personas son sólo parcialmente racionales y que, de hecho, actúan según impulsos emocionales no totalmente racionales en muchas de sus acciones.

De igual modo, él sostiene que resulta falso pensar que el hombre busca la mejor solución a cualquier problema cuando dice:

“El ser humano es incapaz de optimizar porque su información y su libertad son limitadas. En un contexto de racionalidad limitada decide de manera secuencial, y cuando trata de resolver algún problema escoge la primera solución que, según él, corresponde al umbral mínimo de satisfacción”.

Del mismo modo (Boudon, 2006, p. 158) hace referencia a algunos trabajos que confirman que la teoría del **Tipo II** (la explicación de la conducta a partir de la socialización, de los genes culturales, o de la neurociencia o la psicología) no siempre funciona; uno de los ejemplos que él presenta es el trabajo de Simel (1982) quien observó que la socialización fácilmente puede tener efectos opuestos: una persona que ha tenido una dura juventud puede llegar a ser tanto egoísta como generosa; una persona educada liberalmente en su juventud, puede educar a sus propios hijos tanto de manera liberal como autoritaria. Otro de los ejemplos que él expone es el trabajo de Weber (1922) quien a partir de su teoría *comprensiva* explica claramente la razón de la diferencia entre la percepción “mágica” que le dan los primitivos a las prácticas de hacer fuego o hacer que llueva, y la que le dan los occidentales, afirmando que los primeros, no hacen distinción entre ambos hechos -ambas prácticas son consideradas como mágicas- mientras que para los occidentales hacer fuego no es una operación mágica pero hacer que llueva si, pues por los conocimientos adquiridos en las instituciones educativas sabemos que la primera operación se basa en leyes objetivamente válidas mientras que la segunda no tiene fundamentos objetivos. Lo anterior deja en evidencia que estas diferencias de perspectivas no deberían explicarse a través de la neurociencia, es decir, considerando que el cerebro de los primitivos es distinto al nuestro (tal como intentan

explicarlo algunos autores como Lévy-Bruhl), sino por el hecho de que los primitivos desconocen las teorías físicas que sustentan la operación de obtener el fuego frotando trozos de madera. Estos trabajos, así como otros (ver Boudon (2010, p. 181-182)) demuestran que la teoría del **Tipo II** es científicamente insatisfactoria.

Por tanto para Boudon, la teoría genuinamente general es la del **Tipo III** y además es la utilizada por los sociólogos más relevantes de las teorías clásicas como Durkheim, Weber, sus seguidores como Evans Pitchard (1937), Horton (1993), y otros.

Ahora bien, siguiendo los lineamientos de Boudon, y considerando la teoría del **Tipo III** como modelo base para darle explicación a algún fenómeno social, es preciso preguntarse qué determinan esas “motivaciones” y “razones” de los actores, cuales son las causas elementales de estas que conllevan a reproducir las acciones individuales. Es razonable sospechar que la **moralidad** de los individuos podría ser la causa determinante de esas motivaciones y razones que los llevan a actuar de la forma en que lo hacen. Por tanto, a fin de esclarecer el razonamiento dado en este trabajo, diferentes perspectivas respecto a la moral -adoptadas por los sociólogos y filósofos más relevantes por sus grandes aportes a las teorías sociológicas- serán estudiadas.

2.2 La Moral y sus concepciones

Diferentes concepciones filosóficas y sociológicas referentes a la moral serán abordadas, antes bien, es preciso revelar el origen del término “moral”.

El término “moral” se deriva del latín *moris*, costumbre, y fue introducido por primera vez por Cicerón al afirmar que:

“Puesto que se refiere a las costumbres, que los griegos llaman *ethos* (“*eta*”) nosotros solemos llamar a esta parte de la filosofía una filosofía de las costumbres, pero conviene enriquecer la lengua latina y llamarla *moral*”. (Cicerón, 5 aC).

La Moral se entiende como el conjunto de reglas, valores, principios y costumbres, que se encuentran implícitos o explícitos en una sociedad determinada, y que sirven de base para establecer obligaciones y deberes de los asociados. La Moral se ocupa del surgimiento, desarrollo y transformación de las costumbres, los valores y las máximas que orientan la conducta de los individuos en el marco social (Audi, 2004).

De acuerdo a Durkheim (1924a, p. 36):

“La moral se nos presenta como un sistema de normas de conducta que recurre al empleo de máximas que prescriben cómo debe conducirse el sujeto en determinadas circunstancias”.

Además, Durkheim afirma que la moralidad de un individuo es influenciada por el entorno donde éste se desarrolle, cuando dice:

“Bajo la influencia del medio, de la educación, cada conciencia ve las reglas morales bajo una luz particular; tal individuo sentirá vivamente las reglas de moral cívica, y débilmente las reglas de moral doméstica, o a la inversa. Tal otro tendrá el sentimiento profundo del respeto por los contratos, de la justicia, pero no tendrá sino una representación pálida e ineficaz de los deberes de la caridad”.

“...no existe conciencia moral que no sea inmoral en algunos aspectos” (Durkheim, 1924a, p. 41).

Igualmente en trabajos anteriores como “Las reglas de la metodología sociológica”, afirma que la sociedad es algo que está fuera y dentro del individuo al mismo tiempo, gracias a que éste adopta e interioriza sus valores y su moral (Durkheim, 1895). Por tanto, la sociedad tiene el poder de determinar los pensamientos y las acciones del individuo a través de sus valores morales.

Por otro lado, desde un punto de vista filosófico, Kant (1785) sostiene que la moral no es algo que pueda ser influenciado por las circunstancias externas al individuo sino que es algo que está a priori en la razón. Él afirma que son principios íntimos que no se ven y que no son vulnerables al universo exterior del individuo. Para él una acción guarda un valor moral sólo si el individuo actúa por deber - o por principio de honradez - y no conforme al deber -por miedo a la sanción o por alguna inclinación. Para esclarecer su definición filosófica de la ley moral Kant (1785, p. 11) expone algunos ejemplos:

“Es, desde luego, conforme al deber que el mercader no cobre más caro a un comprador inexperto; y en los sitios donde hay mucho comercio, el comerciante avisado y prudente no lo hace, en efecto, sino que mantiene un precio fijo para todos en general, de suerte que un niño puede comprar en su casa tan bien

como otro cualquiera. Así, pues, uno es servido honradamente. Mas esto no es ni mucho menos suficiente para creer que el mercader haya obrado así por deber, por principios de honradez: su provecho lo exigía; mas no es posible admitir además que el comerciante tenga una inclinación inmediata hacia los compradores, de suerte que por amor a ellos, por decirlo así, no haga diferencias a ninguno en el precio. Así, pues, la acción no ha sucedido ni por deber ni por inclinación inmediata, sino simplemente con una intención egoísta. En cambio, conservar cada cual su vida es un deber, y además todos tenemos una inmediata inclinación a hacerlo así. Mas, por eso mismo, el cuidado angustioso que la mayor parte de los hombres pone en ello no tiene un valor interior, y la máxima que rige ese cuidado carece de un contenido moral. Conservan su vida conformemente al deber, sí; pero no por deber. En cambio, cuando las adversidades y una pena sin consuelo han arrebatado a un hombre todo el gusto por la vida, si este infeliz, con ánimo entero y sintiendo más indignación que apocamiento o desaliento, y aún deseando la muerte, conserva su vida, sin amarla, sólo por deber y no por inclinación o miedo, entonces su máxima sí tiene un contenido moral”.

Kant sostiene que la voluntad es la razón práctica y la moral debe ser explicada como algo puro separando la voluntad o el deber de la obligación, así pues, una persona puede actuar con legalidad cumpliendo las leyes morales universales, pero si su acción no fue motivada por una voluntad pura, sino midiendo las consecuencias de su acción, entonces la actuación del individuo no tuvo ningún valor moral.

Otros teóricos de la filosofía moral rechazan la idea de que la voluntad de los humanos (o sus acciones) se de única y exclusivamente por la razón. Tal es el caso de Hume quien en su trabajo “Un tratado de la Naturaleza Humana” (*A Treats Human Nature*), afirma que la razón por sí sola no puede ser nunca un motivo de cualquier acto de la voluntad, sino que se encuentra en permanente combate con las pasiones (Hume, 1739, p. 216).

De igual forma, Hegel afirma que la moral no es la razón pura. Aunque él hace distinción entre la moralidad como moralidad subjetiva (*Moralität*) consistiendo en el cumplimiento del deber por el acto de la voluntad, y la moralidad como moralidad objetiva (*Sittlichkeit*) consistiendo en la obediencia a la ley moral en tanto que fijada por las normas, leyes y costumbres de la sociedad, a diferencia de Kant, y aún en oposición

a Kant, Hegel considera que la mera buena voluntad “subjética” es insuficiente; en rigor, esta buena voluntad puede obtener laureles que no son sino “hojas secas que nunca han verdecido” (Philosophie des Rechts I, 129). Hegel afirma:

Es menester que la buena voluntad “subjética” no se pierda en sí misma o, si se quiere, no tenga simplemente la conciencia de que aspira al bien. Lo “subjético” es aquí meramente “abstracto”. Para que llegue a ser concreto es preciso que se integre con lo “objetivo”, el cual se manifiesta moralmente como *Sittlichkeit*. Ahora bien, la *Sittlichkeit* no es tampoco una acción moral simplemente “mecánica”: es la racionalidad de la moral universal concreta que puede dar un contenido a la moralidad subjética de la “mera conciencia moral” (Ferrater, 1994).

Hasta ahora hemos seguido diversas concepciones acerca de la moral, adoptadas por autores de diferentes corrientes sociológicas, pudiendo observar cómo, a diferencia de Durkheim, la teoría de Kant se muestra totalmente opuesta al resto de las teorías citadas.

Ahora bien, retomando nuestro interés en darle una posible explicación a las acciones colectivas “perniciosas” basándonos en la **Psicología Racional o Cognitiva**, considerando la **moralidad** o los **valores morales** como causa elemental de las *razones* y *motivaciones* que conllevan a reproducir las acciones de los individuos, se decidió emplear la teoría sociológica de Durkheim, ya que, desde su obra *La División del Trabajo Social* hasta *Las Formas Elementales de la Vida Religiosa*, pasando por su obra *El Suicidio*, él se centró en el propósito de hacer comprender la esencia de la moral, el papel que desempeña en las sociedades, y la manera en que se forma y se desenvuelve dentro de ellas (Durkheim, 1924b).

En lo que respecta a la teoría sociológica de Durkheim, este llega a la sociología tratando de establecer una ciencia moral; para él, la realidad social es, ante todo, una realidad moral, Durkheim (1893):

“En toda sociedad existen lazos morales que conectan a los individuos entre sí. Estos lazos morales se organizan en relaciones de solidaridad. Ésta no debe entenderse en el sentido de “sentirse solidario con la suerte de”. La solidaridad

no es un sentimiento, sino el lazo objetivo que une a los miembros que forman parte de una misma sociedad en tanto que tales, y que por ejemplo- hace que estén sujetos a las mismas normas, a los mismos valores”.

Él consideró dos tipos de *solidaridad*: la *solidaridad mecánica* y la *solidaridad orgánica*. La primera es aquella que se presenta en comunidades rurales, la familia y grupos de mejores amigos, donde las relaciones y la comunicación son “cara a cara”. La segunda es aquella que se da en las sociedades industriales como consecuencia de la división del trabajo en las empresas, lo cual hace que las personas sean cada vez más diferentes entre sí y el sentido de pertenencia a un grupo que predomina en las comunidades pequeñas o en la familia puede diluirse (Durkheim, 1893).

Durkheim redefinió la sociología como la ciencia que tiene como objeto el estudio de los *hechos sociales*. Para él los *hechos sociales* son captados como *hechos morales* constituyentes de una representación colectiva que ejerce una autoridad moral sobre los individuos. Definió los *hechos sociales* en su obra “Las reglas del método sociológico” como:

“...modos de actuar, pensar y sentir externos al individuo, y que poseen un poder de coacción en virtud del cual se le imponen...” (Durkheim, 1895).

Afirma que la sociedad es un poder moral superior a nosotros, lo que la hace responsable por la formación de nuestros valores morales, de nuestros sentimientos comunes, de aquello que tenemos como cierto o equivocado, honrado o deshonorado, y por tanto, de esa forma, ejerce una presión externa sobre nosotros al momento de tomar decisiones Durkheim (1924a):

“La sociedad nos ordena porque es exterior y superior a nosotros. Entre la sociedad y nosotros existe, así, una distancia moral que hace de la sociedad una autoridad ante la cual se inclina nuestra voluntad. Pero por otro lado, amamos y deseamos la sociedad, la amamos y la deseamos porque nos es interior, porque está en nosotros, porque es, en fin: un poco de nosotros mismos, bien que tal sentimiento exprese un deseo *sui generis*, toda vez que, no obstante cuanto hagamos, la sociedad no alcanza a ser nunca nuestra sino en mínima parte, pues el dominio que ejerce sobre nosotros es infinito”.

Según Durkheim (1897) la sociedad regula la conducta de los individuos, en especial a través del derecho penal. Es en este donde se regula lo que él llamó conciencia colectiva: *conjunto de creencias y actitudes morales comunes dentro de una sociedad*.

Durkheim al analizar las sociedades modernas encuentra que existe una carencia de lo que él llamó *solidaridad social*, dado que las relaciones con los órganos no están reglamentadas debido al desajuste originado por la permanente modernización, dicha carencia es denominada por Durkheim como “anomía”.

En cuanto a la explicación que le da a la realidad moral, Durkheim difiere en la proposición de Kant en el sentido de que la moral no puede explicarse como algo puro, sino que debe explicarse tomando en cuenta la combinación de sus características: *deber* y *deseabilidad*.

Sostiene que no podemos realizar un acto que no nos dice nada y únicamente porque nos es ordenado, Durkheim (1924a, p. 36):

“Es imposible que nosotros cumplamos un acto únicamente porque nos sea ordenado, con abstracción de su contenido. Para que podamos desempeñarnos como sujeto, es necesario que el acto interese en alguna medida nuestra sensibilidad, es decir, que se “nos aparezca en cierto modo como *deseable*”. La *obligación* o el *deber* no expresan sino uno de estos aspectos, el aspecto abstracto de la moral. Una cierta *deseabilidad* es otro de sus caracteres, no menos esencial que el primero”.

Durkheim afirma que no conoce moral, ni regla moral, en que dichas características no se encuentren; sólo que están combinadas, dependiendo del caso, en proporciones muy variadas. Durkheim (1924a, p. 47):

“Hay actos que son ejecutados casi exclusivamente por entusiasmo, actos de heroísmo moral, en los cuales el papel de la obligación está muy debilitado y puede ser reducido al mínimo, en tanto predomina la noción del bien. Hay otros en los cuales la idea de deber encuentra en la sensibilidad un mínimo de apoyo. La relación de los dos elementos varía también profundamente dentro de una misma época, según los individuos. Uno u otro de dichos elementos, de acuerdo a las conciencias, se encuentra más vivamente solicitado, siendo muy raro que los dos tengan la misma intensidad: cada uno de nosotros, tiene su daltonismo moral

especial. Hay conciencias para las cuales el acto moral parece sobre todo bueno, deseable; hay otras, en cambio, que tienen el sentido de la norma, que buscan la consigna, la disciplina, que sienten horror por todo lo que es indeterminado, que desean que su vida se desarrolle siguiendo un plan riguroso y que su conducta sea constantemente sometida por un conjunto de normas sólidas y firmes”.

No obstante, Durkheim afirma que éstas características no son las únicas presentes en la moralidad de los individuos, sino que existen muchas otras, pero a su visión, la *deseabilidad* y la *obligación*, son las más constantes, las más universales (Durkheim, 1924a, p. 47).

Hoy en día estas afirmaciones siguen vigentes en trabajos en la psicología social, como por ejemplo, en “La Teoría de las Fundaciones Morales” (*Moral foundations theory*), en la que se plantea la existencia de múltiples sensibilidades morales intuitivas, que van edificándose, a diferentes grados, de acuerdo a las culturas (Graham *et al.*, 2012).

De igual forma, se puede notar la pertinencia de las ideas de Durkheim acerca de la moralidad, en trabajos recientes como “Computational Models of Moral Perception, Conflict and Elevation” en el que plantean un marco para el desarrollo de modelos donde los agentes son capaces de tomar decisiones autónomas, en situaciones moralmente complejas. Para ello sugieren proporcionar a los agentes la capacidad de reconocimiento y comprensión de las emociones y percepciones morales de otros agentes, e incorporar la influencia de tal reconocimiento en su proceso de toma de decisiones y acciones morales; considerando, además, que las similitudes morales o códigos morales (*la creencia de que cierto comportamiento es correcto o erróneo coincide con la creencia del otro*) percibidas a través de diferentes dominios, influyen en la toma de decisiones morales.

2.3 Grupos Sociales

Según Andersen y Taylor (2010) los sociólogos coinciden en que un grupo es una colección de individuos que:

- interactúan y se comunican entre sí.
- comparten objetivos y normas; y
- tienen una conciencia subjetiva de si mismos como una unidad social distinta.

Otra definición pertinente acerca de lo que es un **grupo social** nos la da Park (1921):

“Un grupo social es considerado como una organización de los deseos de sus miembros, es decir que, un grupo social descansa en, y encarna, los apetitos y deseos naturales del hombre individual; pero implica, también, que los deseos, al organizarse, son necesariamente disciplinados y controlados en interés del grupo en su conjunto”.

Park (1921) además, afirma que:

“Los grupos sociales mantienen sus organizaciones, agencias y todos los métodos formales de comportamiento sobre una base y en un entorno de instinto, hábito y tradición que llamamos naturaleza humana. Cada grupo social tiene o tiende a tener su propia cultura, lo que Sumner llama “folkways”, y esta cultura, imponiendo sus patrones al hombre natural, le da esa individualidad particular que caracteriza a los miembros de un grupo”.

A nivel micro, las sociedades se componen de múltiples grupos sociales diferentes. En cada momento, cada uno de nosotros es miembro de muchos grupos al mismo tiempo, y estamos sujetos a su influencia: familia, grupos de amistad, equipos de deporte, grupos de trabajo, grupos raciales y étnicos, etc. Estos grupos inciden en todos los aspectos de nuestras vidas y son un determinante importante de nuestras actitudes y valores morales. Una descripción más detallada de estos **tipos de grupos sociales** se dará a continuación.

Grupos Primarios

Cooley (1909) fue el primero en formular la distinción entre grupos íntimos -a los que él llamó *grupos primarios*- y otros grupos carentes de las características de los

primeros. Definió al *grupo primario* como un grupo donde sus miembros mantienen una interacción íntima, cara a cara y relaciones relativamente duraderas, considerándolos como fundamentales en la formación de los ideales morales y la naturaleza social de los individuos.

Consideró como grupos primarios universales a la **familia**, **amigos de la infancia** y los **vecinos más cercanos**, afirmando que entre ellos existen ideas y sentimientos similares.

Sin embargo, más tarde, el concepto de Cooley fue extendido para incluir una variedad de relaciones íntimas. Andersen y Taylor (2010, p. 129) proveen algunos ejemplos de ellas:

“Las pandillas callejeras son un grupo primario, y su influencia en el individuo es significativa; de hecho, los pandilleros frecuentemente piensan en sí mismos como una familia. Los reclusos en la prisión con mucha frecuencia se convierten en miembros de una pandilla -grupos primarios basados “principalmente en la raza-etnia- como una cuestión de su propia supervivencia personal”. La intensa camaradería formada entre las unidades del Cuerpo de Marines en el campamento de arranque y en la guerra, como la guerra en Irak, es otro ejemplo clásico de la formación de grupos primarios y el efecto intenso resultante sobre el individuo y sobre su supervivencia”.

Adicionalmente, Cooley (1909, p. 4) afirma que no sólo existen estos grupos casi universales (*grupos primarios*), sino que también se hallan muchos otros -carentes de los rasgos que poseen los *grupos primarios*- donde existe cierta intimidad y fusión de personalidades, donde hay intereses y actividades en común; siendo estos definidos como *grupos secundarios*.

Grupos Secundarios

En contraste con los *grupos primarios*, los *grupos secundarios* tienen un mayor número de miembros, menos íntimos, y menos duraderos. Estos grupos tienden a ser menos significativos en la vida emocional de las personas. Los grupos secundarios incluyen a todos **los estudiantes en un colegio o universidad**, todas **las personas del**

vecindario, todas las personas en una burocracia o corporación (Andersen y Taylor, 2010).

Sin embargo, Andersen y Taylor (2010) señalan que los grupos secundarios ocasionalmente toman las características de los *grupos primarios*. Afirma que el proceso puede ser acelerado en situaciones de alto estrés o crisis. Por ejemplo, cuando un vecindario se encuentra con una catástrofe, como una inundación, las personas que pueden ser sólo conocidos a menudo dependen unas de otras y en el proceso se vuelven más íntimas. Es allí cuando el grupo secundario de vecinos se convierte, por un tiempo, en un grupo primario.

La verdadera distinción entre *grupos primarios* y *secundarios* radica en el grado de intimidad que los miembros del grupo sienten unos con otros y en cuanto a su dependencia en el grupo para el sustento y la identidad. Los *grupos primarios* y *secundarios* son elementos indispensables de la vida en la sociedad (Andersen y Taylor, 2010, p. 131).

Grupos de Referencia

Los grupos primarios y secundarios son grupos a los cuales los miembros pertenecen. Ambos son llamados grupos de membresía. En contraste, los grupos de referencia son aquellos a los cuales se puede o no pertenecer, pero estos usan como un estándar para evaluar los valores, actitudes, y comportamientos (Merton y Rossi 1950). Ellos no son “grupos” en el sentido de que los individuos interactúan entre ellos. Ellos son modelos para hacer el patrón del comportamiento de los individuos. Ejemplos de este tipo de grupos son las estrellas deportivas, músicos, oficiales militares, o ejecutivos de negocios (Andersen y Taylor, 2010, p. 132).

De acuerdo a las teorías de grupos sociales antes citadas, el grupo primario (conformado por la familia, amigos de la infancia, y vecinos más cercanos), y el grupo secundario (conformado por los compañeros de trabajo, compañeros de estudio y los vecinos no cercanos) ejercen una influencia significativa en la definición de los valores morales del individuo. Sin embargo, el grupo familiar, el grupo de amigos de la infancia, y el grupo de vecinos cercanos comparte más códigos morales (en diferentes dominios morales) con el individuo puesto que las relaciones son más cercanas, más íntimas

y más duraderas que el resto de los grupos sociales (compañeros de trabajo, de la universidad,...), por tanto, tienen mayor influencia sobre la moralidad del individuo a la hora de tomar decisiones y actuar.

2.4 Sistemas Complejos

Básicamente, un sistema puede definirse como: “un conjunto de elementos en interacción” (Bertalanffy, 1968). Los sistemas complejos (p. ej. organismos pluricelulares, colonias de hormigas, ecosistemas, economías, sociedades...) están caracterizados por tener una estructura compuesta por varios niveles. En estos sistemas complejos (Vicsek, 2002; Gilbert, 2004):

- Los componentes de niveles jerárquicos inferiores suelen mostrar un grado de autonomía significativo.
- El comportamiento del sistema surge a partir de la auto-organización de sus componentes, sin que esta organización esté controlada ni dirigida por ningún ente exterior al sistema.
- Los componentes básicos de estos sistemas complejos (células, hormigas, individuos, poblaciones, empresas...) perciben su entorno y responden a cambios en él de forma potencialmente diferente.

Además, muchos sistemas complejos son también adaptativos. En estos sistemas adaptativos (organismos, ecosistemas, economías, sociedades...), el comportamiento de los componentes básicos del sistema puede evolucionar en el tiempo, dando lugar a una cierta capacidad de respuesta frente a cambios en el entorno por medio de mecanismos de:

- Aprendizaje a escala individual, y/o
- selección y reemplazo (lo cual da lugar a un aprendizaje a escala poblacional).

Un fenómeno complejo es aquel cuyo comportamiento no se puede determinar diseccionándolo en sus unidades constituyentes y analizando los comportamientos de

dichas unidades aisladamente. Así pues, los fenómenos complejos son necesariamente fenómenos no-lineales.

Weaver (1948) autor de uno de los textos fundadores del enfoque de los sistemas complejos afirma que la característica decisiva de este tipo de fenómeno no reside principalmente en un criterio cuantitativo, ligado al número de elementos y relaciones, sino en el modo en que un conjunto de elementos se interrelacionan de forma no trivial en un todo orgánico y conforman un sistema organizado.

Otra cualidad de los sistemas complejos guarda relación con lo que Simon (1973) conceptualizó como “sistemas no-descomponibles o casi-descomponibles”. Mientras en un sistema descomponible las partes y relaciones pueden ser separadas y tratadas aisladamente sin comprometer la organización del sistema, esto no es posible en un sistema complejo. En efecto, los sistemas complejos son cuasi o no descomponibles, puesto que “el comportamiento de cada uno de los componentes depende, en forma conjunta, del comportamiento de los componentes restantes” (Simon, 1973, p. 145). En esta línea de reflexión, García (2000, p. 68) afirma que los elementos de un sistema complejo son interdefinibles, es decir, que “los distintos componentes sólo pueden ser definidos en función del resto”. En la medida en que los elementos y procesos de un sistema complejo son interdefinibles, entonces no pueden ser separados para ser estudiados de modo independiente (García, 2006, p. 21). Así, el correlato de la interdefinición es la imposibilidad de aislar las partes de un sistema complejo. En síntesis, los elementos interdefinibles no son separables y, por lo tanto, los sistemas complejos son sistemas no descomponibles.

2.5 Modelado Social

Un modelo es una simplificación “más pequeña, menos detallada, menos compleja, o todas ellas juntas” de alguna estructura o sistema (Gilbert y Troitzsch, 2005, p. 2).

La ciencia “incluidas las ciencias sociales” construye modelos con el propósito de describir, explicar y/o predecir alguna parte concreta de la realidad. Así pues, la sociología utiliza diferentes tipos de modelos, a saber, aquellos basados en el lenguaje natural (teorías verbales); los escritos en el lenguaje matemático (teorías matemáticas);

y, por último, los establecidos en el lenguaje informático (teorías computacionales) (García-Valdecasas Medina, 2011, p. 93).

Sin embargo, la representación verbal de sistemas complejos carece del rigor formal necesario para valorar su coherencia lógica y para generalizar a partir de ellos, mientras que los modelos matemáticos suelen ser menos realistas debido a las fuertes restricciones impuestas por las hipótesis simplificadoras que son necesarias para poder resolverlos (Izquierdo *et al.*, 2008, p. 85).

Por tanto, los modelos verbales y matemáticos son calificados como poco apropiados para modelar los sistemas complejos, tal como los sistemas sociales, los cuales son dinámicos, adaptativos, caracterizados por la emergencia, por lo impredecible y por su comportamiento no-lineal.

Así pues, el lenguaje informático “o por computador” pasa a ser la herramienta más adecuada para modelar este tipo de sistemas, ya que ofrece la posibilidad de abordar modelos formales que son intratables matemáticamente.

2.6 Simulación Social

La simulación es una manera particular de modelizar, esto es, una forma especial de construir modelos. Estos modelos se construyen mediante computador, y son programas informáticos que pretenden representar algún aspecto del mundo. Centrándonos en las ciencias sociales, la simulación social consiste, pues, en la creación de modelos a través del computador con el objetivo de describir, explicar y/o predecir alguna parte concreta de la realidad social, que aunque “obviamente” no se puede reducir a ningún modelo, sin modelos no podríamos entender dicha realidad (García-Valdecasas Medina, 2011, p. 93).

Antes de abordar los distintos enfoques para el modelado y simulación de fenómenos sociales es preciso tener claro que es un agente; cuáles son sus características, su arquitectura y su clasificación. De ello se hablará en las siguientes secciones.

2.7 Agentes

Hasta ahora, no hay una definición universalmente aceptada del término “agente”. Sin embargo, una definición oportuna nos la da Van Dam *et al.* (2012, p. 97):

“Los agentes son las unidades básicas del modelo, representando uno o más actores en el sistema. Ellos son reconocidos por sus límites, sus estados, sus comportamientos, y su capacidad para interactuar”.

2.7.1 Características de los Agentes

Según Wooldridge y Jennings (1995) los agentes tienen las siguientes características:

- autonomía: los agentes operan sin la intervención de otros, teniendo control directo de su estado interno y sus acciones.
- habilidad social: Los agentes interactúan con otros agentes, no sólo mediante el intercambio de información, sino mediante la participación en actividades análogas a las actividades sociales que vivimos día a día: la cooperación, la coordinación, la negociación, y similares.
- reactividad: Los agentes son capaces de percibir su entorno (el cual puede ser el mundo físico, un mundo virtual de redes electrónicas, o un mundo simulado incluyendo otros agentes) y responder a él.
- proactividad: Así como reaccionan a su entorno, los agentes también son capaces de tomar la iniciativa, participando en el comportamiento dirigido a un objetivo.

Además, a los agentes se le suele atribuir un grado de intencionalidad, es decir, que su comportamiento se interpreta en términos de un vocabulario metafórico de creencias, deseos, motivaciones, e incluso emociones, u otros aspectos que son más aplicados a los seres humanos que a los programas informáticos (Gilbert y Troitzsch, 2005, p. 173).

2.7.2 Arquitectura de Agentes

El fundamento del mecanismo de razonamiento de un agente radica en el componente llamado arquitectura de agentes. Las siguientes son algunas de las definiciones de la

arquitectura de agentes:

“Una metodología particular para construir agentes. Esto especifica cómo el agente puede ser descompuesto en la construcción de un conjunto de componentes modulares y cómo deberían realizarse estos módulos para que interactúen. El conjunto total de módulos y sus interacciones tiene que dar una respuesta a la pregunta de cómo los datos y el estado interno actual del agente determinan las acciones y el futuro estado interno del agente. Una arquitectura abarca técnicas y algoritmos que apoyan esta metodología” (Maes, 1991, p. 115).

“Una visión abstracta de una arquitectura de agentes es como una metodología general para diseñar descomposiciones modulares particulares para tareas particulares” (Kaelbling, 1991, p. 86).

Otras definiciones mas generalizadas se han dado:

“Una metodología para apoyar el proceso de construcción de agentes, que implica seleccionar la acción, es decir, lo que el agente debe hacer, dada la información disponible acerca del entorno” (Wooldridge, 2009, p. 28).

Clasificación de las Arquitecturas de Agentes

Según (Bravo, 2003; Chin *et al.*, 2014) las arquitecturas de agentes pueden ser categorizadas en tres grupos: la arquitectura clásica, la arquitectura cognitiva y la arquitectura de agente semántica.

Las arquitecturas clásicas incluyen la arquitectura basada en la lógica, arquitectura reactiva, arquitectura BDI, y la arquitectura híbrida o por niveles. A continuación se describen cada una de ellas:

- **La arquitectura basada en la lógica:** Es una arquitectura de agentes que utiliza la representación simbólica para el razonamiento. Este tipo de arquitectura surgió como una extensión directa de las investigaciones que en la lógica computacional se han realizado en los últimos años. Sugiere que la calidad inteligente de los agentes puede ser construida usando un lenguaje basado en lógica. Estos lenguajes permiten representaciones simbólicas de hechos reales, y su manipulación sintáctica es hecha utilizando lógica de primer orden. Bajo este tipo de arquitectura cada agente procede a ejecutar acciones después de realizar

un proceso deductivo, basado en una Base de Datos que hace el papel de las creencias humanas.

- **La arquitectura reactiva:** Es una arquitectura de estímulo-respuesta directa. Los agentes en su definición deben ser capaces de percibir estados del ambiente, y actuar en función de ellos. Este tipo de arquitectura no considera una base de datos sin experiencia, creencias o hechos; solo se realiza la acción observando el estado del ambiente para proceder a modificarlo con la finalidad de llevar el entorno a su estado controlado.
- **La arquitectura BDI:** Es una arquitectura del agente deliverativo basada en los estados mentales característicos tales como la creencia, el deseo y la intención (lo que es una forma de guiar a los agentes como procesos autónomos, independientes, estableciendo un paralelismo evidente con el modo de funcionamiento de un humano).
- **La arquitectura por niveles o híbrida:** Es la combinación de otras arquitecturas propuestas. En la mayoría de los casos los agentes deben poseer un conjunto de cualidades que no pertenecen a una única arquitectura. Por ejemplo deben ser reactivos en algunas veces, y en otras autónomos y proactivos, o también, pueden ser un modelo basado en lógica que esté integrado con una arquitectura BDI. Es por esta razón que varios autores han propuesto una arquitectura que integre las características de cada una de las otras arquitecturas y que se distribuyan en forma de niveles. Los niveles pueden estar acoplados en dos posiciones: vertical, donde se obtiene una única salida, y la entrada es procesada por varios niveles de forma secuencial, u horizontal, donde la entrada es procesada en forma paralela por los diferentes niveles y se obtienen diferentes propuestas de acciones.

Por otro lado, la arquitectura cognitiva es basada en las ciencias cognitivas y la arquitectura de agente semántica utiliza la tecnología semántica.

Arquitecturas diferentes envuelven enfoques diferentes para los mecanismos de razonamiento del agente para resolver una variedad de problemas.

2.8 Enfoques para el modelado y simulación de fenómenos sociales

Gilbert (2008) en su libro “Modelos Basados en Agentes” (Agent-Based Models) distingue diferentes enfoques de la simulación en las ciencias sociales: microsimulaciones, dinámica de sistemas, simulación por autómatas celulares y simulaciones basadas en agentes.

- **La Dinámica de sistemas** crea modelos que pretenden predecir el estado futuro de un fenómeno social a partir de su estado inicial mediante un sistema de ecuaciones diferenciales que expresan relaciones causa-efecto entre variables. El análisis del comportamiento de estas ecuaciones diferenciales se realiza en un ordenador (ya que resulta excesivamente complicada su resolución formal matemática). De ahí que se pueda considerar una “simulación”. La dinámica de sistemas trata siempre con grandes agregados de agentes más que con agentes individuales. Así pues, un problema de este enfoque es que no puede tratar la heterogeneidad propia de los agentes que participan en los fenómenos sociales; sin embargo, esta perspectiva podría ser muy adecuada cuando se trata de analizar grandes poblaciones de agentes con comportamientos similares.
- **La microsimulación** empieza con una base de datos que describe una muestra representativa de agentes de una población objeto de estudio; por ejemplo, puede utilizar bases de datos derivadas de encuestas a nivel nacional que incluyan datos sobre diversas variables de los individuos. Posteriormente, utiliza un conjunto de reglas sobre probables cambios de las circunstancias individuales para actualizar las características de dichos agentes de manera que el investigador pueda preguntar cómo sería la muestra en un momento determinado del tiempo. La microsimulación, por tanto, crea modelos que no tienen pretensiones de explicar, sino de predecir. La gran ventaja que tiene la microsimulación respecto a otros tipos de simulaciones es que no comienza con una muestra de agentes hipotéticos o creados al azar, sino con una muestra de agentes reales tal como son descritos por las encuestas; sin embargo, el inconveniente que posee es que no

permite la interacción entre agentes ni tiene en cuenta el entorno donde tienen lugar las acciones de los agentes.

- **La Simulación por Autómatas Celulares** modela un mundo cuyo espacio es representado como una grilla uniforme, el tiempo avanza mediante pasos y las “leyes” del mundo son representadas mediante un conjunto uniforme de reglas las cuales calculan cada estado de la celda desde sus propios estados previos y los estados de sus vecinos más cercanos. Debido acuerdo a esto, este enfoque es más útil para modelar situaciones donde las interacciones son locales, y poco útil en modelos donde los agentes son “autónomos” y “dirigido a objetivos”.
- **La Simulación Basada en Agentes**, a diferencia de los enfoques anteriormente mencionados, permite modelar la heterogeneidad y autonomía de los actores sociales o agentes, y además permite modelar la interacción entre ellos.

A continuación se dará una descripción detallada de este enfoque.

2.9 Simulación Basada en Agentes (SBA)

Es un método informático que permite construir modelos constituidos por agentes que interactúan entre sí dentro de un entorno para llevar a cabo experimentos virtuales (Gilbert, 2008, p. 2).

Inspirada por los trabajos precursores que se han realizado en el ámbito de microsimulación, la ciencia social fue una de las primeras líneas de investigación en las que se aplicó el enfoque SBA. En particular, el trabajo seminal de Schelling (1971) sobre la segregación residencial ha sido fundamental en este sentido. Gracias a este tipo de trabajos la Simulación Social Basada en Agentes pasó a ser ampliamente utilizada a partir de mediados de los años noventa.

El interés de la SBA está en encontrar abstracciones apropiadas que describan los componentes básicos del sistema y sus interacciones (en vez de buscar abstracciones que versen directamente sobre la dinámica global del sistema). Esto es lo que se conoce como modelado “de abajo hacia arriba” (bottom-up modeling), donde reglas simples

pueden dar lugar a patrones de comportamiento colectivo de alto nivel de complejidad (Epstein y Axtell, 1996).

Además la SBA permite observar la emergencia de muchos fenómenos. Los fenómenos emergentes son patrones macroscópicos que surgen a partir de las interacciones descentralizadas de componentes individuales más simples (Holland, 1998). Lo que caracteriza a estos fenómenos emergentes es que su presencia o aparición no resulta evidente a partir de una descripción del sistema consistente en la especificación del comportamiento de sus componentes individuales y de las reglas de interacción entre ellos (Gilbert y Terna, 2000; Gilbert, 2002; Squazzoni, 2008).

Por esta razón, el comportamiento macrosocial no es el resultado de la suma, agregación o yuxtaposición de los comportamientos individuales -es decir, de una combinación lineal de variables- sino, contrariamente, el resultado emergente de la interacción no lineal entre los actores de un sistema social. En este sentido, los patrones de acción colectiva, las instituciones o estructuras sociales constituyen fenómenos emergentes en relación con el nivel microsocial que los genera (Rodríguez y Pascal, 2015).

Existen multitud de fenómenos emergentes en diversas disciplinas, pero sin duda es en las ciencias sociales donde la idea de emergencia cobra una dimensión adicional de complejidad e importancia. Es por ello que se empleó este enfoque de simulación para desarrollar el modelo propuesto en esta investigación.

2.9.1 Aplicaciones de la SBA en las ciencias sociales

Según Arroyo y Hassan (2007) uno de los campos de las ciencias sociales donde más se han desarrollado modelos usando SBA ha sido en economía. Ejemplo de ello son los modelos simples de regateo en situaciones de mercado (López *et al.*, 2002), u otros muchos más complejos, como el modelado de un mercado financiero (Jorió, 2006). También se han desarrollado simulaciones para explicar procesos de sistemas auto-organizados, como los de auto-regulación de los mercados (Ygge y Akkermans, 1995).

Otras simulaciones que han sido desarrolladas bajo el enfoque de SBA son las inspiradas en la teoría de la elección racional y bajo el paradigma BDI, que también merecen ser destacadas, tales como simulación de flujos de tráfico, en los que cada

agente es un conductor al volante que tiene que tomar decisiones en un contexto en el que interpreta, y reacciona ante otros conductores y las características del tráfico (EL Hadouaj *et al.*, 2001). O simulación de situaciones de emergencia, como el caso de emergencia en un aeropuerto en el que cada agente es un individuo huyendo del fuego hasta encontrar la salida, (Burmeister *et al.*, 1997).

En el campo de la lingüística es destacable un estudio comparativo basado en teoría de redes sociales (Castelló y Eguiluz, 2007), en el marco de la evolución dinámica de lenguas en contacto, en un entorno de competencia lingüística.

En el campo político se encuentran estudios sobre conflictos fronterizos, un buen ejemplo de ellos lo constituye (Cederman *et al.*, 2003), con un análisis a nivel de superestructuras estatales sobre los agentes, mediante simulación de los cambios en las fronteras a nivel geopolítico.

Por otra parte, se han desarrollado modelos genéricos sobre cooperación y competencia (Axelrod, 1997a), sobre dinámicas sociales, o sobre emergencia de patrones sociales (Gilbert, 2002).

La SBA ha demostrado ser una técnica bastante útil para modelizar sistemas complejos, y muy especialmente sistemas sociales, por lo que se cree que es razonablemente posible emplear la SBA para el estudio del contexto social propuesto en esta investigación.

2.9.2 Plataformas para el modelado y simulación social

Existen diversas plataformas de simulación creadas para facilitar el desarrollo de modelos en las ciencias sociales mediante el enfoque de la SBA, entre las que destacan Mimose, Swarm, Repast, Mason, ARENA, SOPLAB y NetLogo. A continuación se describirán cada una de ellas:

- **Mimose** consiste en un lenguaje de descripción de modelo y un marco experimental para la simulación de modelos. El propósito principal del proyecto Mimose ha sido el desarrollo de un lenguaje de modelado que tenga en cuenta las exigencias especiales de modelado en las ciencias sociales, en especial la descripción de las relaciones cuantitativas y cualitativas no lineales, las influencias

estocásticas, los procesos de nacimiento y muerte, y modelos micro y multinivel. El objetivo es que la descripción de los modelos en Mimose no debe afectar al modelista con mucho detalle de programación y ejecución. Mimose fue creado por Michael Möhring de aplicaciones informáticas en las Ciencias Sociales, Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Koblenz-Landau, Rheinau 1, D-56075 Koblenz, Alemania. La versión 2.0 requiere Sun Sparc (SunOS, Solaris, X11R5 / 6 o LINUX). Una interfaz Java está en desarrollo y la próxima versión será utilizable con navegadores compatibles con Java. La versión actual se puede utilizar con navegadores compatible con Java, ya que el proceso de servidor se ejecuta en una máquina SunOS o Linux (ver Gilbert y Troitzsch, 2005, pp. 256-257).

- **Swarm** es un paquete de software para la simulación multiagente de sistemas complejos desarrollado en el Instituto de Santa Fe. Tiene la intención de ser una herramienta útil para los investigadores en una variedad de disciplinas, especialmente la vida artificial. La arquitectura básica de Swarm es la simulación de colecciones de agentes interactuando simultáneamente: con esta arquitectura, una gran variedad de modelos basados en agentes puede ser implementado. Se ejecuta en máquinas UNIX con GNU y Windows-X: el código fuente está disponible libremente bajo los términos de licencia de GNU; las versiones más recientes utilizan Java y también se ejecutan en máquinas Windows (ver Nelson *et al.*, 1996).
- **Repast** es un marco de software libre para la creación de simulaciones basadas en agentes utilizando el lenguaje Java (requiere la versión 1.4 o superior de Java). Proporciona una librería de clases para crear, ejecutar, mostrar y recoger datos de una simulación basada en agentes. Además, Repast puede tomar fotos instantáneas de simulaciones ejecutándose, y crear películas de simulaciones rápidamente. Repast prestó mucho del juego de herramientas de simulación Swarm y puede denominarse adecuadamente ?como-Swarm?. Además, Repast incluye características tales como la manipulación de modelos en tiempo de ejecución a través de los elementos de la interfaz gráfica de usuario (ver North *et*

al., 2006).

- **Mason** es una libre, y rápida librería de simulación multi-agente de eventos discretos en Java, diseñada para ser la base de grandes simulaciones de propósito personalizado Java, y también provee funcionalidad para muchas simulaciones ligeras. Mason contiene tanto una librería de modelado como un conjunto opcional de herramientas de visualización en 2D y 3D (ver Adamson y Sapia, 2005).
- **NetLogo** por su parte, se sirve como una poderosa herramienta de modelado y simulación para los investigadores en muchos campos, permitiendo el desarrollo de simulaciones abiertas y “jugar” con ellas, explorando su comportamiento bajo diversas condiciones.

Para esta investigación se seleccionó NetLogo como plataforma para llevar a cabo la simulación, ya que además de presentar varias aplicaciones en el campo de las ciencias sociales, ofrece una extensa documentación, y un activo grupo de usuarios que facilitan tutoriales y guías para su implementación. Además, la escritura del programa puede realizarse en pocas líneas de código, lo cual facilita la depuración en el paso de verificación. En la siguiente sección se dará una descripción detallada de esta plataforma de simulación.

2.10 NetLogo

Es una plataforma de programación diseñada para el modelado y simulación de sistemas complejos naturales y sociales en evolución creado por Uri Wilensky en 1999. NetLogo se encuentra en desarrollo continuo por el Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling en la Universidad de Northwestern (Wilensky, 1999).

El antecedente de NetLogo es el conocido programa Logo, creado en 1967 por Wally Feurzig y Seymour Papert en la compañía BBN con fines educativos, haciéndose mundialmente famoso cuando se introdujo la tortuga que permitía retroalimentación visual inmediata en el MIT en 1969, comenzando a utilizarse en escuelas hacia la década de los 70. El programa NetLogo es heredero de la tradición de Logo, al punto que sus

agentes se denominan “Turtles” o tortugas, como en las primeras versiones de Logo (Blanco, 2011).

NetLogo permite dar instrucciones a cientos o miles de “agentes” independientes todos operando simultáneamente, lo que hace posible explorar la conexión entre el comportamiento de los individuos a nivel-micro y los patrones a nivel-macro que emergen de la interacción de muchos individuos Gilbert y Troitzsch (2005).

NetLogo puede descargarse gratuitamente en <http://ccl.northwestern.edu/NetLogo> y además de la plataforma de desarrollo trae consigo una biblioteca de modelos preprogramados con una amplia gama de modelos tanto en ciencias naturales como en ciencias sociales.

2.10.1 Descripción

El mundo de NetLogo está compuesto de agentes. Los agentes son actores que pueden seguir instrucciones. En NetLogo, hay cuatro tipos de agentes: *tortugas* (*turtles*), *parches* (*patches*), enlaces (*links*) y el *observador*. Las *tortugas* son agentes que tienen posición variable, se mueven alrededor del mundo; el mundo es bidimensional y se divide en una grilla de *parches*. Los *parches* son los agentes que constituyen el ambiente de los mundos y sociedades artificiales de NetLogo, sobre los cuales se mueven las tortugas; estos son inmóviles “tienen una sola posición” y pueden tener un cierto estado. Los *enlaces* o *links* son agentes que conectan dos tortugas; y el *observador* es el agente que observa el mundo y le da instrucciones al resto de los agentes.

Cuando NetLogo comienza se muestra la interfaz con una vista vacía, no existen *tortugas* aún, el observador puede crear *tortugas* al igual que los *parches*. Los *parches* tienen coordenadas, el *parche* con coordenada (0, 0) es llamado el origen y las coordenadas de los otros *parches* son la distancia horizontal y vertical entre estos y el origen. Estas coordenadas son llamadas *pxcor* y *pycor* y al igual que las coordenadas en un plano, incrementan si se mueven hacia la derecha y hacia arriba, y decrementan si se mueven hacia la izquierda y hacia abajo. El número total de *parches* es determinado por la configuración de la vista que presenta NetLogo, en la cual se definen el valor máximo y mínimo para las coordenadas *pxcor* y *pycor*. Cuando se inicia NetLogo el valor máximo y mínimo para la coordenada *pxcor* llamadas *max-pxcor* y *min-pxcor* son

por defecto de 16 y -16 respectivamente. De igual manera el valor máximo y mínimo para la coordenada *pycor* llamadas *max-pycor* y *min-pycor* son por defecto de 16 y -16 respectivamente, esto significa que en total son 1089 *parches*. Este número puede ser modificado pulsando el botón *Configuración* que se encuentra en la parte superior derecha de la interfaz gráfica de NetLogo. Las *tortugas* también tienen coordenadas en los ejes x e y, las cuales son llamadas *xcor* y *ycor*. Las coordenadas de un *parche* siempre serán un número entero, pero las coordenadas de las *tortugas* pueden tener números decimales, esto significa que una *tortuga* puede posicionarse en cualquier punto sin que éste necesariamente sea el centro del *parche*. Los *enlaces* o *link* no tienen coordenadas, de hecho ellos tienen dos puntos extremos (cada uno es una *tortuga*). La manera en que el mundo de los *parches* está conectado puede ser cambiada. Por defecto el mundo no tiene límites, lo que significa que si una *tortuga* se mueve hacia el borde del mundo ésta desaparece y reaparece en el borde opuesto, y, cada *parche* tiene el mismo número de *parches* vecinos. Pero esto puede ser modificado desactivando en el botón de *Configuración*, las opciones *Mundo sin límite horizontal* y *Mundo sin límite vertical*, luego de haber hecho esto el mundo será limitado.

Por otra parte, NetLogo cuenta con una serie de *comandos* y *reporteros* que le dicen a los agentes qué hacer. Un *comando* es una acción que llevará a cabo un agente, resultando en algún efecto en la simulación. Un *reportero* es un valor calculado a partir de instrucciones, y el agente informa dicho valor a quién lo solicitó. Los comandos normalmente son nombrados como verbos, tal como “crear” (*create*), “morir” (*die*), “saltar” (*jump*), “inspeccionar” (*inspect*), o “borrar” (*clear*). Por otro lado, la mayoría de los nombres de los reporteros son sustantivos o frases nominales; y, tanto los comandos como reporteros integrados en NetLogo son llamados primitivas.

2.10.2 Funcionamiento

Para explicar el funcionamiento de NetLogo se hará uso de uno de los modelos más simples de la biblioteca de modelos que NetLogo trae por defecto. Este modelo es llamado *Wolf Sheep Predation* y consiste en simular la depredación de las ovejas por los lobos.

El primer paso una vez que se inicia NetLogo es accionar en la barra del menú

la pestaña *Archivo* y escoger la opción *Biblioteca de Modelos*, luego de esto se debe seleccionar, entre los modelos de muestra *Sample Models*, la sección de biología *Biology*, y seleccionar el modelo con el nombre antes mencionado, y así se abrirá la interfaz gráfica del mismo. La interfaz gráfica de este modelo puede verse en la figura 2.1.

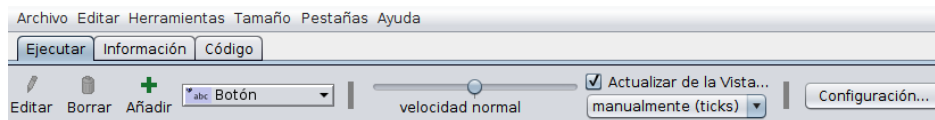


Figura 2.1: Menú principal de la interfaz gráfica de NetLogo (Wilensky, 1999)

Para realizar ajustes sobre los parámetros del modelo que en este caso son: número inicial de ovejas, cantidad de energía obtenida por parche de pasto consumido, tasa de reproducción de las ovejas, número inicial de lobos, cantidad de energía obtenida por oveja comida, tasa de reproducción de los lobos, y el tiempo en que recrece el pasto, se crearon siete deslizadores cuyos valores tope se adaptan a valores reales.

Los interruptores se encargan de activar o desactivar ciertas características sobre el modelo, lo que permite crear varias dimensiones sobre el mismo. En el modelo de las ovejas y los lobos existen dos interruptores llamados: *show-energy?* y *grass?*, el primero permite que en el modelo se muestre o no la energía consumida por las ovejas y los lobos, el segundo permite que se incluya o no, el pasto en el modelo. Los interruptores son diferentes a los deslizadores ya que estos sólo toman dos valores: encendido o apagado, en cambio los deslizadores tienen un rango de valores que se pueden ajustar para producir diferentes escenarios en el modelo. Los botones, deslizadores e interruptores del modelo de ejemplo se muestran en la figura 2.2.

Además de estos elementos, el modelo presenta tres monitores y un gráfico. En los monitores se muestra el número de ovejas, de lobos y la cantidad de pasto para cada instante de tiempo de la simulación. En la figura 2.3 y figura 2.4 se muestra la evolución en el tiempo de estos parámetros.

La vista del modelo se muestra en la figura 2.5

Como se dijo anteriormente, la configuración de la vista del modelo se puede ajustar por medio del botón llamado *Configuración*, una vez que se presione éste botón se desplegará una ventana donde se pueden ajustar la localización del origen, el máximo

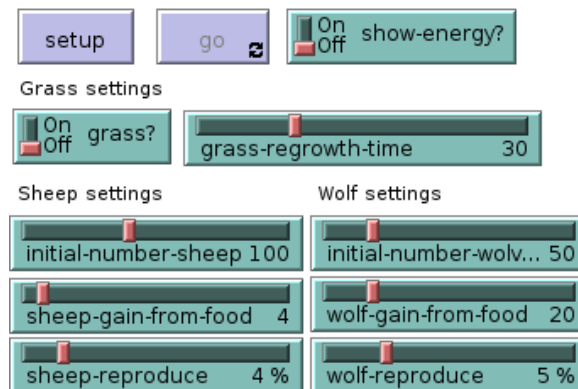


Figura 2.2: Botones, deslizadores e interruptores del modelo (Wilensky, 1999)

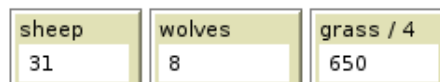


Figura 2.3: Monitores del modelo (Wilensky, 1999)

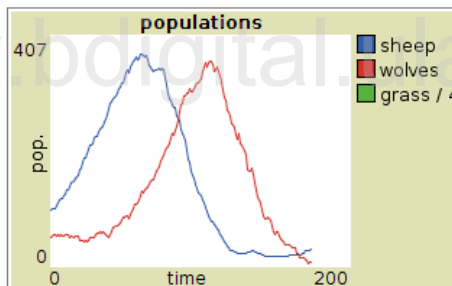


Figura 2.4: Gráfico de la evolución de los agentes en el modelo (Wilensky, 1999)

y el mínimo para las coordenadas de los *patches*, el número de *patches*, el tamaño de los *patches*, además existen las opciones de definir un mundo con límites o sin límites, de asignarle formas a los agentes móviles, y de mostrar en la interfaz un contador que simule el tiempo. Esta ventana se muestra en la figura 2.6:

Los colores de los agentes, la forma y el comportamiento de las *tortugas* en el modelo, son definidos a nivel de código. En este caso, los *patches* tomarán el color verde mientras ninguna oveja consuma el pasto, en caso de ser consumido, el *patche* cambiará de color verde a color marrón.

Los agentes móviles son las ovejas y los lobos, por lo tanto se le asignan la forma



Figura 2.5: Vista que muestra a los agentes del modelo (Wilensky, 1999)

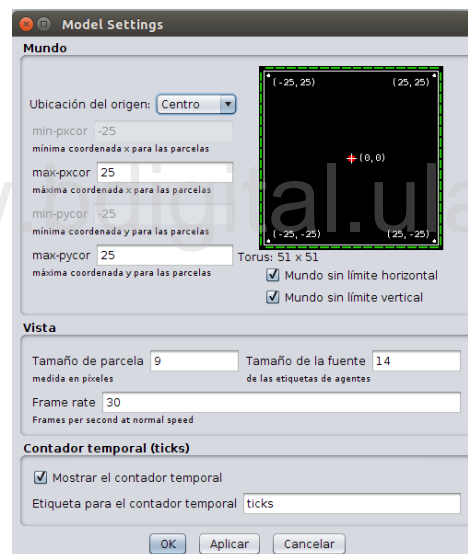


Figura 2.6: Ventana para el ajuste del la vista del modelo (Wilensky, 1999)

de ovejas y de lobos, su comportamiento se puede describir de la siguiente manera: Las ovejas se mueven alrededor del terreno y consumen el pasto obteniendo de él una cantidad de energía, los lobos de igual manera se mueven por todo el terreno y consumen ovejas obteniendo de ellas una cantidad de energía, con el transcurrir del tiempo el número de ovejas disminuirá si la cantidad consumida por los lobos es mayor que la cantidad de ovejas que nacen, de igual manera el número de lobos disminuirá

si la cantidad de lobos que mueren es mayor que la cantidad de lobos que nacen, el pasto se comporta de una forma similar, éste cubrirá todo el terreno si y sólo si el pasto consumido es menor que la cantidad de pasto que se reproduce. El código en NetLogo es desarrollado en el lenguaje de programación *Java* y debe hacerse en la pestaña llamada *Código*, ya que es en ésta donde se definen los procedimientos del modelo.

En NetLogo se define en primer lugar las variables globales del sistema, luego se define las variables internas de las *tortugas* y de los *patches*, luego se define el procedimiento llamado *setup* donde se inicializan todos los valores de las variables del sistema, después de esto se define el procedimiento llamado *go* mediante el cual se hace el llamado a todos los procedimientos que rigen el comportamiento de los agentes. Para el modelo de las ovejas y de los lobos se definen seis procedimientos, los cuales se encargan de mover las ovejas y los lobos; de hacer que las ovejas coman pasto, reproducir las ovejas, reproducir lobos, hacer que los lobos devoren ovejas, eliminar los lobos y las ovejas a las que se les acabe la energía y hacer que el pasto crezca.

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 3

Modelado de simulación

En este punto, las teorías sociológicas estudiadas son trasladadas al modelo de simulación mediante el desarrollo de código en el software NetLogo.

El modelo desarrollado representa la propagación de un comportamiento pernicioso a partir de la influencia de la moralidad de los principales grupos sociales que fueron estudiados, y a partir de estímulos recibidos del entorno del agente. En las siguientes secciones se describen las consideraciones generales y los supuestos que fueron hechos para desarrollar el modelo de simulación planteado.

3.1 Consideraciones generales del modelado

- El modelado y la simulación no están dados sobre la base de una sociedad específica, en lugar de eso, el modelo ofrecerá la posibilidad de simular la sociedad que se desee, con un número de grupos y miembros por grupos deseados, donde los agentes tendrán atributos que representan la moralidad de Durkheim, y las interacciones de estos agentes darán lugar a la emergencia de fenómenos sociales que posiblemente puedan ser observados en ciertas sociedades.
- Únicamente es modelada la moralidad en el dominio del respeto por las reglas cívicas, y no en el dominio de los “deberes de la caridad”. Dicho en el lenguaje de Durkheim, se modelará el carácter de la *obligación* de la moralidad y no su carácter de *deseabilidad*.

- El modelo es simulado con un paso de tiempo de una hora, en ese lapso de tiempo los agentes podrán moverse o simplemente permanecer en sus sitios; y a su vez, podrán encontrarse y conversar con algún miembro de sus grupos sociales, ó con algún agente recién conocido, y posiblemente cambien su estado moral a partir del encuentro y a partir de los estímulos del entorno; o bien, puede que no se encuentren con alguien más, y cambien su estado moral sólo en función de los estímulos externos del entorno.
- El enfoque del modelo se basa en el estudio de cómo la moralidad (descrita por Durkheim) de los principales grupos sociales (grupo familiar, grupo de amigos de infancia, grupo de compañeros de trabajo, grupo de compañeros de estudio, entre otros), que conforman el entorno de un individuo, y los estímulos externos, influyen en su propia moralidad y por consiguiente, en su toma de decisiones morales, provocando acciones colectivas perniciosas.

3.2 Supuestos del modelo

Las suposiciones más importantes hechas en el modelado de los agentes de acuerdo a las teorías sociológicas estudiadas son:

- Un agente tendrá una mayor probabilidad de ser influenciado por un agente miembro de alguno de sus grupos primarios (grupo familiar, grupo de amigos de la infancia, grupo de vecinos inmediatos) que por uno que no pertenezca a ellos.
- Los agentes mínimamente morales son los más propensos a actuar perniciosamente dado que su carácter de *obligación* es débil (moralidad baja), mientras que los agentes altamente morales son los últimos en actuar de esta forma, ya que estos agentes sienten un profundo respeto por las leyes (moralidad alta). Por otro lado, los agentes no morales no sienten ningún respeto por las leyes, y por tanto, estarán ejecutando la acción perniciosa, y por muy amplia que sea la influencia positiva (social y externa) que reciban, difícilmente llegarán a tener un profundo respeto por las leyes, es decir, volverse altamente morales; mientras que los medianamente morales serán los primeros

en asumir una consciencia profunda del respeto por las leyes, es decir, volverse altamente morales, antes que disminuir su moralidad hasta el punto de actuar perniciosamente.

- En cada paso de tiempo, algunos agentes se moverán en el mundo de NetLogo, mientras que otros permanecerán en el mismo parche, pues, se sabe que en la vida real, los individuos no siempre están en constante movimiento, y tampoco permanentemente estáticos; por ejemplo, un individuo puede estar una hora parado en una cola, sentado en su oficina, o haciendo cualquier otra actividad que lo obligue a permanecer en un mismo sitio; por otro lado, un individuo podría estar dirigiéndose a su lugar de trabajo, de estudio, a un centro comercial, o a cualquier otro lugar, y podría interactuar con algún otro.
- La interacción entre los agentes es bidireccional, ya que, al momento del encuentro, los agentes asumen el rol de agente influyente e influenciado, es decir, ambos son mutuamente influenciados.
- En el modelo se asume que cuando dos agentes se encuentran, automáticamente conversan y se cuentan sus acciones -virtuosas o perniciosas según su moralidad- sin tener en cuenta alguna excepción.

3.3 Descripción del modelo

Uno de los aspectos importantes de la vida en sociedad que este modelo representa es la influencia que tienen los principales grupos sociales que conforman el entorno de un individuo, en la moralidad de este. Para ello se emplearon las teorías de grupos sociales descritas en el capítulo anterior que nos dice que los principales grupos sociales que conforman el entorno de un individuo son los **los grupos primarios** y los **grupos secundarios**; los **grupos primarios** (considerados así por Cooley (1909)) son: el grupo familiar, el grupo de amigos de infancia y el grupo de vecinos inmediatos; mientras que los **grupos secundarios**, según Andersen y Taylor (2010), son: el grupo de compañeros de trabajo, el grupo de compañeros de estudio, y todas las personas en el vecindario, englobando tanto a los vecinos cercanos como lejanos, sin

embargo, dado que Cooley (1909) afirma que el grupo de vecinos inmediatos es un grupo primario, no fue considerado como grupo secundario, en su lugar, se tomó en cuenta al grupo de vecinos lejanos como uno de los grupos secundarios. En adición a estos grupos, se decidió incluir en el modelo la evaluación de la influencia de dos grupos, siendo estos el **grupo de agentes conocidos** y el **grupo de agentes recién conocidos**. El grupo de agentes conocidos de un *agente* podría pensarse como el grupo de aquellos agentes amigos de sus amigos, de sus compañeros de trabajo, de estudio, es decir, agentes que tienen relaciones lejanas; mientras que el grupo de agentes recién conocidos correspondería al grupo de agentes que no pertenecen a ninguno de los grupos sociales anteriormente mencionados. Cada uno de estos grupos va a tener un nivel de influencia sobre el agente que según las consideraciones de Cooley (1909), Andersen y Taylor (2010) la asignación de la influencia sería de un nivel alto para los grupos primarios y uno no tan alto para los grupos secundarios, y de un menor nivel para el resto de los grupos. Por otro lado, en base a las afirmaciones de Andersen y Taylor (2010), los grupos primarios tendrán un número de miembros menor que el resto de los grupos sociales que conforman el entorno de un agente. Por tanto, tomando en cuenta estas consideraciones, se necesitó crear una matriz que viene a representar los grupos sociales y los miembros por grupo social que conformarán la sociedad que el usuario desea simular. Para ello se empleó, de forma parcial, el modelo de Diseminación de la cultura (*Dissemination of Culture*) de Axelrod (1997b), específicamente se empleó el *procedimiento* que él usó para modelar la cultura (en el apéndice A se da una descripción detallada del modelo de Axelrod).

Axelrod empleó un vector de características para modelar la cultura de cada agente en su modelo. Para ello, utilizó un vector de tamaño igual al número de características culturales (religión, idioma, etc.), en donde cada valor del vector corresponde al rasgo por característica cultural (cristianismo, español, etc.). Para esclarecer la idea de Axelrod, imaginemos la cultura de un agente con 5 características culturales y un rasgo distinto para cada característica; por ejemplo, la primera característica tendrá el rasgo número 5, la segunda característica tendrá el rasgo número 3, la tercera tendrá el rasgo número 4, la cuarta tendrá el rasgo número 1, y la quinta característica tendrá el rasgo número 7, tal que, dicha cultura estará representada por el vector mostrado

en la siguiente tabla 3.1.

5	3	4	1	7
---	---	---	---	---

Tabla 3.1: Ejemplo de un vector de características culturales del modelo de Axelrod

En nuestro caso, en lugar de usar un vector, se empleó una matriz $n \times k$, donde n es el número de instancias de los grupos sociales, y k es el número de grupos sociales, y los valores de la matriz corresponden al número de miembros por grupo social. De esta forma se genera una sociedad, en donde cada agente tendrá una matriz de dimensión $2 \times k$ donde la fila 1 representará las instancias de los grupos sociales a las que pertenece, y la fila 2 representará el número de miembros que tienen cada una de esas instancias. Por tanto, cada agente tendrá una submatriz de la matriz que representa la sociedad en general, en donde cada número de la primera fila de dicha submatriz será un identificador de la instancia del grupo social al que pertenece el *agente_i*, lo cual les permitirá a los agentes, una vez que se encuentren, identificar si pertenecen a la misma instancia de uno de sus grupos sociales (ya que todos los individuos que pertenecen a una sociedad, tienen un grupo familiar, pero no todos pertenecen a la misma familia; todos tienen un grupo de compañeros de trabajo, pero no todos tienen los mismos compañeros de trabajo). La tabla 3.2 muestra un ejemplo de una sociedad conformada por 7 grupos sociales (en el modelo son modelados 7 grupos, sin embargo, este puede ser extendido para modelar otros grupos adicionales), con 5 instancias de los grupos, y un número de miembros aleatorio para cada grupo, siendo el número de miembros de los grupos primarios menor que el resto de los grupos sociales.

4	3	4	7	6	6	10
3	1	2	7	6	8	12
1	2	1	8	7	8	10
3	3	3	5	6	5	14
2	3	4	7	6	5	15

Tabla 3.2: Ejemplo de una sociedad conformada por 7 grupos sociales y 5 instancias de los grupos

Dado que las columnas y filas son contabilizadas por NetLogo desde cero y no desde uno, la lectura de la matriz sería la siguiente: La columna cero representa el grupo

familiar, la columna uno representa el grupo de amigos de infancia, la columna dos representa el grupo de vecinos, la tres representa el grupo de compañeros de trabajo, la columna cuatro, el grupo de compañeros de estudio, la columna cinco representa el grupo de familiares y vecinos lejanos, y la columna seis representa el grupo de agentes conocidos. Por otro lado, las filas vienen a representar las instancias de cada uno de estos grupos sociales. Así, la fila cero de la matriz puede leerse como: la instancia cero del grupo familiar tiene 4 miembros, la instancia cero del grupo de amigos de infancia tiene 3 miembros, la instancia cero del grupo de vecinos inmediatos tiene 4 miembros, la instancia cero del grupo de compañeros de trabajo tiene 7 miembros, la instancia cero del grupo de compañeros de estudio tiene 6 miembros, la instancia cero del grupo de familiares y vecinos lejanos tiene 6 miembros, y la instancia cero del grupo de agentes conocidos tiene 10 miembros. La fila 1 de la matriz puede leerse como: la instancia uno del grupo familiar tiene 3 miembros, la instancia uno del grupo de amigos de infancia tiene 1 miembros, la instancia uno del grupo de vecinos inmediatos tiene 2 miembros, la instancia uno del grupo de compañeros de trabajo tiene 7 miembros, la instancia uno del grupo de compañeros de estudio tiene 6 miembros, la instancia uno del grupo de familiares y vecinos lejanos tiene 8 miembros, y la instancia uno del grupo de agentes conocidos tiene 12 miembros. Y así sucesivamente, de la misma forma, pueden leerse las filas restantes de la matriz.

De esta forma, el $agente_i$ que pertenezca a esta sociedad tendrá una submatriz de dimensión 2×7 , con instancias de los grupos que irán desde cero a cuatro, y con grupos sociales que irán desde cero a seis.

Un ejemplo de la submatriz de un agente perteneciente a la sociedad creada es mostrado en la tabla 3.3

3	2	4	3	2	0	1
3	2	4	5	7	6	12

Tabla 3.3: Submatriz del $agente_1$ perteneciente a la sociedad creada

La lectura de la submatriz sería la siguiente: el $agente_1$ pertenece al grupo familiar tres que tiene 3 miembros, al grupo dos de amigos de infancia que tiene 2 miembros, al grupo cuatro de vecinos inmediatos que tiene 4 miembros, al grupo tres de compañeros de trabajo que tiene 5 miembros, al grupo dos de compañeros de estudio que tiene 7

miembros , al grupo cero de vecinos y familiares lejanos que tiene 6 miembros, y al grupo 1 de agentes conocidos que tiene 12 miembros. En la tabla 3.4 se muestra la matriz de la sociedad creada con items sombreados representando las instancias de los grupos sociales a las cuales pertenece el *agente*₁.

4	3	4	7	6	6	10
3	1	2	7	6	8	12
1	2	1	8	7	8	10
3	3	3	5	6	5	14
2	3	4	7	6	5	15

Tabla 3.4: Instancias a las que pertenece el *agente*₁ en la sociedad

Ahora bien, si el *agente*₁ se encuentra con otro agente quien tiene el mismo identificador de la instancia de uno de sus grupos sociales, entonces indicará que ambos pertenecen al mismo grupo social, y por tanto, posiblemente se influencien. Supongamos que el *agente*₂ pertenece al entorno social inmerso en la misma sociedad a la que pertenece el *agente*₁. Dicho entorno social es mostrado en la tabla 3.5.

3	3	1	4	3	1	0
3	3	2	7	6	8	10

Tabla 3.5: Submatriz del *agente*₂ perteneciente a la sociedad creada

La lectura de la submatriz del *agente*₂ sería la siguiente: el *agente*₂ pertenece al grupo familiar tres que tiene 3 miembros, al grupo tres de amigos de infancia que tiene 3 miembros, al grupo uno de vecinos inmediatos que tiene 2 miembros, al grupo cuatro de compañeros de trabajo que tiene 7 miembros, al grupo tres de compañeros de estudio que tiene 6 miembros , al grupo uno de vecinos y familiares lejanos que tiene 8 miembros, y al grupo cero de agentes conocidos que tiene 10 miembros. En la tabla 3.6 se muestra la matriz de la sociedad creada con items sombreados representando la instancias de los grupos sociales a las cuales pertenece el *agente*₂.

Ahora bien, si el *agente*₁ se encuentra con el *agente*₂, dado que ambos tienen en la primera posición de la primera fila de sus submatrices el valor 3, esto indica que ambos pertenecen a la misma familia, específicamente al grupo familiar 3, por tanto, la probabilidad de que ambos se vean influenciados es alta, sin embargo, el cambio en sus moralidades no sólo va a depender de este nivel de influencia, sino también dependerá

4	3	4	7	6	6	10
3	1	2	7	6	8	12
1	2	1	8	7	8	10
3	3	3	5	6	5	14
2	3	4	7	6	5	15

Tabla 3.6: Instancias a las que pertenece el *agente*₂ en la sociedad

de la facilidad con la que se dejan influenciar, y además dependerá de los estímulos negativos y positivos que reciban del entorno. Por otro lado, si ambos valores de la instancia del grupo familiar a la que pertenecen los agentes no coincidieran, indicaría que pertenecen a familias diferentes, y en ese caso, tanto el *agente*₁ como el *agente*₂ seguirían comparando el resto de las instancias de sus grupos sociales para así verificar si ambos coinciden en alguna de ellas. Puede darse el caso de que los agentes no coincidan en ninguna de las instancias de los grupos sociales a las cuales pertenecen, lo que indicaría que ambos están conociéndose en ese momento, por lo que la probabilidad de influenciarse sería mínima.

Para tener una idea de este caso, veamos otro ejemplo: supongamos que la submatriz del *agente*₃ tiene la estructura mostrada en la tabla 3.7

0	1	4	3	0	2	2
4	1	4	5	6	8	10

Tabla 3.7: Submatriz del *agente*₃ perteneciente a la sociedad creada

En este caso, la lectura de la submatriz del *agente*₃ es la siguiente: el *agente*₃ pertenece al grupo familiar cero que tiene 4 miembros, al grupo uno de amigos de infancia que tiene 1 miembro, al grupo cuatro de vecinos inmediatos que tiene 4 miembros, al grupo tres de compañeros de trabajo que tiene 5 miembros, al grupo cero de compañeros de estudio que tiene 6 miembros, al grupo dos de vecinos y familiares lejanos que tiene 8 miembros, y al grupo dos de agentes conocidos que tiene 10 miembros. En la tabla 3.8 se muestra la matriz de la sociedad creada con items sombreados representando las instancias de los grupos sociales a las cuales pertenece el *agente*₃.

Ahora bien, si comparamos las estructuras de las submatrices del *agente*₁, *agente*₂, y *agente*₃ vemos que el valor de los items en la posición 2 y 3 (contando desde cero) de la

4	3	4	7	6	6	10
3	1	2	7	6	8	12
1	2	1	8	7	8	10
3	3	3	5	6	5	14
2	3	4	7	6	5	15

Tabla 3.8: Instancias a las que pertenece el *agente*₃ en la sociedad

primera fila de la submatriz del *agente*₁ coincide con el valor en esas mismas posiciones de la primera fila de la submatriz del *agente*₃, lo que nos dice que el *agente*₁ y el *agente*₃ pertenecen a la misma instancia del grupo de vecinos inmediatos y a la misma instancia del grupo de compañeros de trabajo; dicho de otro modo, estos agentes son vecinos, y además trabajan juntos. Por otro lado, si comparamos la estructura de la submatriz del *agente*₂ con la del *agente*₃ podemos ver en la primera fila de ambas submatrices que los identificadores de las instancias a las que pertenecen son totalmente diferentes, lo que nos dice que estos agentes son desconocidos, pues ambos no son miembros de la misma instancia de al menos uno de sus grupos sociales. En las tabla 3.9, tabla 3.10 y la tabla 3.11 se muestran las submatrices de estos agentes.

3	2	4	3	2	0	1
3	2	4	5	7	6	12

Tabla 3.9: Submatriz del *agente*₁

0	1	4	3	0	2	2
4	1	4	5	6	8	10

Tabla 3.10: Submatriz del *agente*₃

3	3	1	4	3	1	0
3	3	2	7	6	8	10

Tabla 3.11: Submatriz del *agente*₂

En resumen, a cada uno de los agentes modelados en la sociedad se les asignará un entorno social comprendido por siete grupos sociales, y por n instancias de dichos grupos, con un número determinado de miembros por grupo.

3.3.1 Interfaz del modelo

En este punto, las teorías sociológicas estudiadas en el capítulo anterior, acerca de la moralidad (descrita por Durkheim (1924a)) y de los grupos sociales (Park (1921), Cooley (1909), Andersen y Taylor (2010)), fueron trasladadas al modelo computacional mediante el desarrollo de código, y mediante la creación y configuración de una serie de parámetros. Parte de estos parámetros fueron creados y configurados en NetLogo como *variables globales* representadas por medio de deslizadores en la interfaz del modelo. Los parámetros restantes se encuentran configurados internamente en el código del modelo como *atributos/variables internas* de los agentes, los cuales son descritos en la Sección 3.3.2.

A continuación serán definidos los *componentes* creados en la interfaz del modelo:

- **inicializar:** este botón inicializa todas las variables del modelo, es decir, tanto los estados de los agentes (altamente morales, medianamente morales, mínimamente morales y no morales) como del entorno (*parches*) son establecidos a su valor inicial. En este *procedimiento* el usuario crea la sociedad que desea modelar introduciendo los valores solicitados por teclado.
- **simular:** este botón ejecuta la acciones (*mover, encontrarse-conversar, mayor-influencia-pos-neg y tiempo*) que llevarán a cabo los agentes en cada paso de tiempo.
- **moverse:** este deslizador fija el número de pasos aleatorios que darán los agentes cuando estos se mueven, en un paso de tiempo que corresponde a una hora en la simulación. Este parámetro es adimensional, y se encuentra en el rango de 0 a 10.
- **semilla:** este deslizador fija la semilla del generador de números pseudo-aleatorios de NetLogo, para que el modelo reciba la misma secuencia exacta de números aleatorios en cada simulación, y de esta forma se puedan obtener las mismas salidas para una misma configuración de los parámetros, lo cual permite que el modelo sea replicable. Este parámetro es adimensional y su valor se encuentra en el rango de 1 a 2147483647.

- **prob-acum-agentes-altamente-morales, prob-acum-agentes-medianamente-morales, prob-acum-agentes-mínimamente-morales, prob-acum-agentes-no-morales:** estos deslizadores permiten definir la distribución que tendrán, en la sociedad creada, los cuatro tipos de agentes que fueron creados en el modelo en base a las afirmaciones de Durkheim (1924a) (ver página 19) que hacen referencia a *los niveles de moralidad que cada individuo posee*. Cada *tipo de agente* contará con un determinado nivel de moralidad.
- **grupos-num-miem-aleat:** interruptor (On/Off) que ofrece al usuario la posibilidad de elegir la forma en la que será generado el número de miembros de los grupos sociales; bien sea si el usuario desea que la sociedad se genere con un número de miembros constante (Off) o con un número de miembros aleatorio (On), en función del número de miembros que éste ingrese.
- **prob-influencia-miembro-grupo-primario, prob-influencia-miembro-grupo-secundario, prob-influencia-agentes-conocidos y prob-influencia-agentes-recién-conocidos:** estos deslizadores son definidos en términos de porcentaje (%), y permiten fijar la probabilidad de influencia que tendrán cada uno de los grupos sociales presentes en la sociedad creada. De acuerdo al interés de este estudio, esta probabilidad de influencia será fijada en base a las consideraciones de Cooley (1909), Andersen y Taylor (2010) (ver pagina 22), siendo de un 90% para el grupo primario; de un 60% para el grupo secundario; de un 20% para el grupo de agentes conocidos, y de un 5% para el grupo de agentes recién conocidos.
- **estímulo-negativo:** este parámetro es definido como una influencia externa (independientemente de la influencia social) sobre la *moralidad* de los agentes. Este párametro puede pensarse como un estímulo que proviene del entorno donde se desenvuelve el individuo y que lo impulsa a actuar perniciosamente, porque dicha acción le permitirá obtener un beneficio bien sea económico o de carácter social. El valor de este parámetro es establecido en términos de probabilidad, encontrándose por tanto, entre 0 y 1. Un valor cercano a cero indicaría una probabilidad baja de que los agentes se vean impulsados a actuar

perniciosamente (probabilidad baja de que disminuyan su *moralidad*); mientras que valores cercanos a uno indicaría una probabilidad alta de que los agentes se vean impulsados a actuar perniciosamente (probabilidad alta de que disminuyan su *moralidad*).

- **estímulo-positivo:** a diferencia del parámetro anterior, este parámetro es definido como un estímulo que impulsa a los agentes a actuar correctamente (aumentar su *moralidad*), bien sea porque recibirán una premiación social, o porque existe cierta concientización por parte del estado, la cual pudiera darse en forma de castigo, bien sea económico o de carácter penal. El valor de este parámetro también es establecido en términos de probabilidad, entre 0 y 1.

Además de estos botones, el modelo cuenta con una serie de monitores que muestran el número de grupos sociales generados, las instancias de los grupos sociales generadas, el número de miembros por grupo social generado, el tamaño de la población, y la sociedad generada; estos monitores son denotados como *k-grupos-sociales*, *instancias-de-grupos-sociales*, *miem-por-grupo-social*, *población*, y *sociedad*, respectivamente. Y adicionalmente, el modelo cuenta con tres gráficos, uno representando el comportamiento del número de cada *tipo de agente* en la sociedad; otro representando la proporción de cada *tipo de agente* que termina disminuyendo su *moralidad* al punto de ejecutar la acción perniciosa, convirtiéndose en agentes *no-morales*; y otro representando la proporción de agentes que terminan aumentando su *moralidad* al punto de volverse agentes *altamente-morales*. En la figura 3.1 se muestra una vista de la interfaz gráfica del modelo.

Si bien, NelLogo ofrece, entre otros, el botón “Entrada”, que le permite al usuario ingresar por teclado cadenas de caracteres, una lista de cadena de caracteres, o un número; sin embargo, si se le pide al usuario ingresar una lista de números, la “Entrada” no lo puede interpretar ya que sólo puede leer un número, entonces, dada esta limitación, se necesitaría un número de “Entradas” igual al número de grupos sociales deseados en la simulación, de manera que el usuario deberá ingresar un número por cada “Entrada” para establecer el número de miembros que tendrá cada grupo,

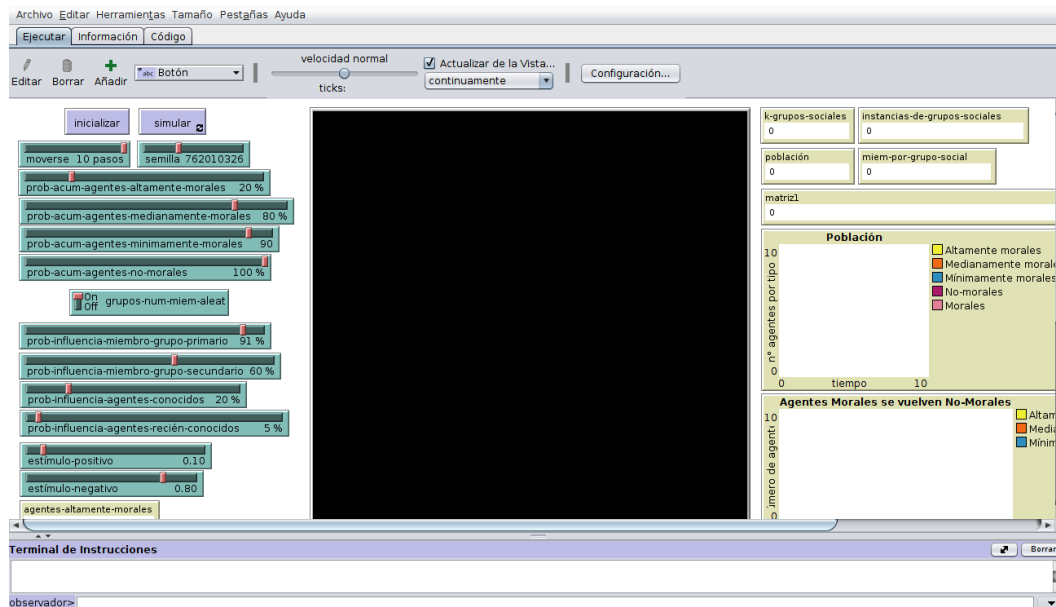


Figura 3.1: Interfaz gráfica del modelo en NetLogo.

lo cual haría que el modelo fuese estático, con un número fijo de grupos sociales, sin la posibilidad de que el usuario pueda simular el número de grupos sociales, el número de instancias de los grupos, y el número de miembros por grupo que desee, y además, haría que la interfaz luciera muy densa. Por tanto, a fin de crear un modelo dinámico, en donde el usuario pueda simular el número de grupos sociales, el número de instancias de los grupos sociales, y el número de miembros por grupo que desee, se requirió programar un *procedimiento* adicional al funcionamiento del modelo, que permite la interacción con el usuario, quién podrá introducir los valores por teclado. Para ello se emplearon los comandos *user-input* y *read-from-string* -los cuales forman parte de las primitivas proporcionadas por NetLogo para desarrollar modelos. Este *procedimiento* será ejecutado una vez que el usuario presiona el botón *inicializar*, en donde se mostrarán una serie de ventanas emergentes que guiarán al usuario a introducir los valores de entrada para generar la sociedad deseada. Las ventanas emergentes se mostrarán de la siguiente forma:

Al pulsar el botón *inicializar* se mostrará una ventana emergente que le indicará al usuario ingresar el número de grupos sociales que desea simular. En la figura 3.2 se muestra dicha ventana en el medio de la interfaz del modelo.

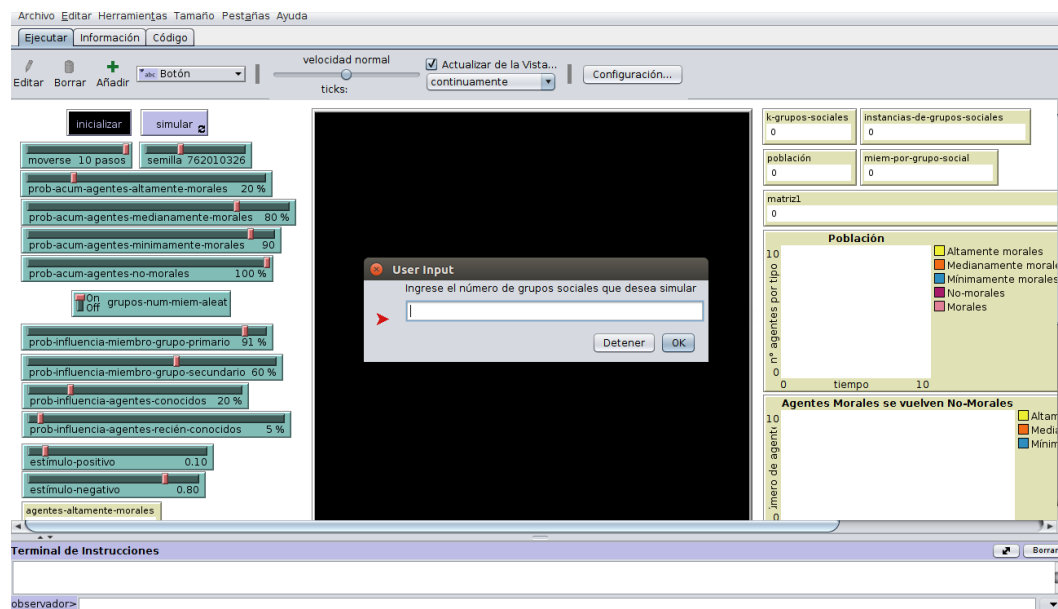


Figura 3.2: Ventana emergente para ingresar el número de grupos sociales.

Una vez que el usuario ha ingresado el número de grupos sociales que desea simular, aparecerá una nueva ventana emergente solicitándole ingresar el número de instancias de los grupos sociales deseado. En la figura 3.3 se puede apreciar dicha ventana.

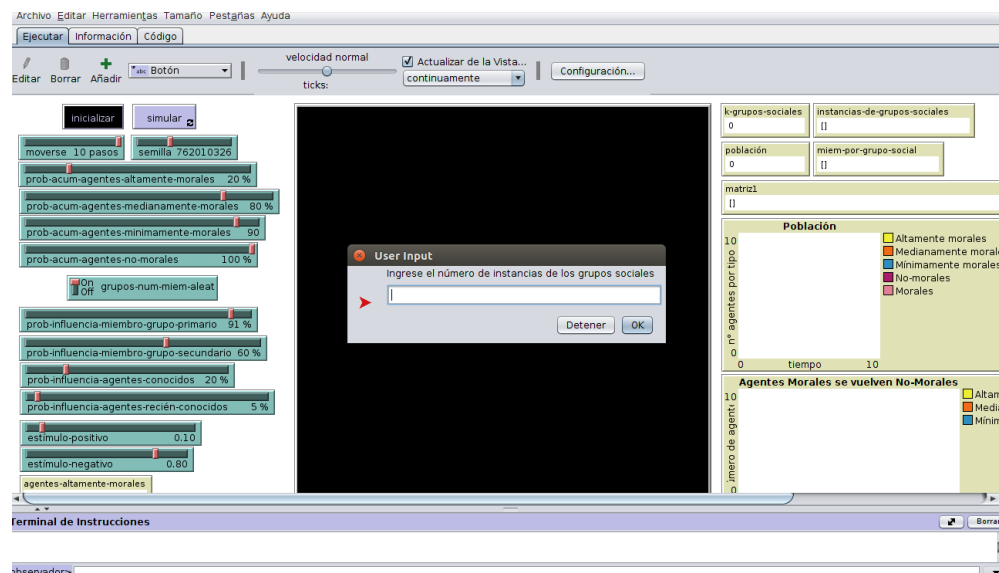


Figura 3.3: Ventana emergente para ingresar el número de instancias de los grupos sociales.

Luego de ingresar el número de instancias de los grupos sociales, se mostrará una

ventana emergente un número de veces igual al número de grupos sociales ingresado al inicio, en las que se le pedirá al usuario ingresar el número de miembros deseado para cada grupo social. En la figura 3.4 se muestra esta ventana.

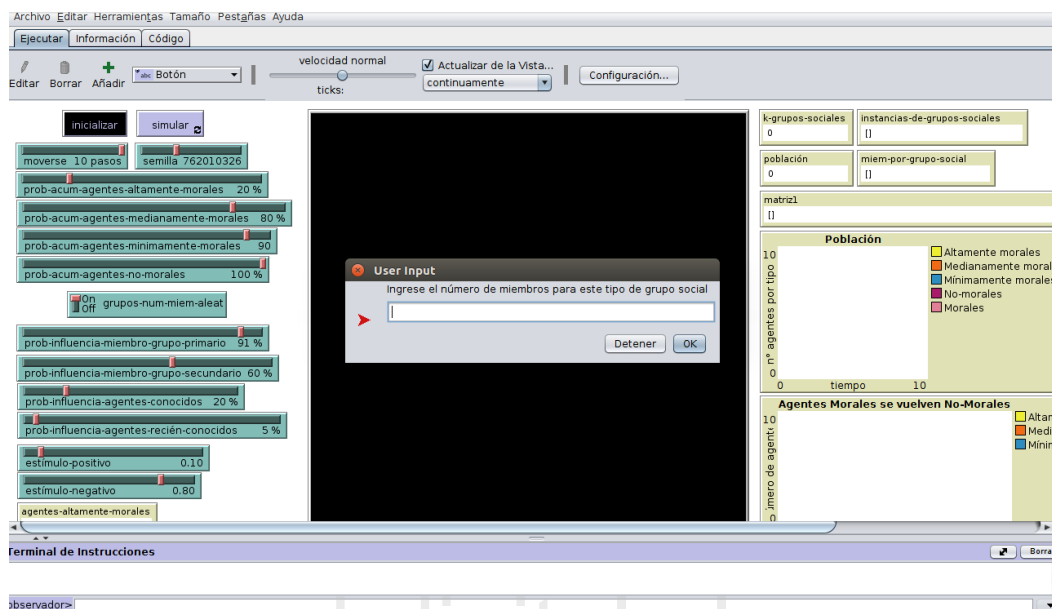


Figura 3.4: Ventana emergente para ingresar el número de miembros deseado para cada grupo social.

Una vez que el usuario ha ingresado todos los valores solicitados, la sociedad es generada y el programa termina de inicializar todas las variables del modelo.

Es preciso acotar que para el desarrollo del modelo se tomaron en cuenta las recomendaciones proporcionadas por Railsbacka *et al.* (2017), tales como probar distintas instrucciones compuestas por muchas *primitivas*, y seleccionar la instrucción que acelerara el funcionamiento del modelo, así como también se hizo uso de variables globales para manejar los conjuntos de agentes *tortugas*, y de esta forma aumentar, en la medida de lo posible, la rapidez del modelo. Además, el modelo fue desarrollado en la versión 6.0.2 de NetLogo la cual es la penúltima actualización del software, sin embargo, aún así, el paso de la inicialización del modelo sigue siendo lento.

3.3.2 Agentes modelados, estados y acciones

Para la construcción de los agentes no se utilizó una arquitectura o metodología específica, sino, mas bien, se empleó una arquitectura híbrida que comprende un conjunto de módulos que le proporcionan a los agentes la capacidad de *reacción*, así como la *heterogeneidad*, pudiendo percibir el estado moral de otros agentes, y los estímulos externos, y cambiar su estado en función de éstos; presentando además, sus propios estados internos. Dichos módulos son representados por los *procedimientos* a los que acceden los agentes en el modelo.

En el apéndice B se muestra el diseño estructural del modelo mediante un diagrama de clases, en el que se pueden apreciar las **clases de agentes** modelados, sus **variables de estado** y los **procedimientos** a los que acceden, permitiendo tener una perspectiva estática del modelo.

Tipos de agentes modelados

En el modelo fueron modelados cuatro tipos de agentes: **tipo 1 = altamente morales**, **tipo 2 = medianamente morales**, **tipo 3 = mínimamente morales** y **tipo 4 = no morales**. A continuación se da una descripción de cada uno de ellos:

- **agentes altamente morales** tienen una moralidad alta, se permiten influenciar positivamente con mucha facilidad (permeabilidad positiva muy alta) y no se dejan influenciar negativamente con facilidad (permeabilidad negativa muy baja).
- **agentes medianamente morales** tienen un nivel intermedio del carácter de la *obligación* (moralidad intermedia) y una menor probabilidad de permitirse ser influenciados negativamente (permeabilidad negativa baja) que la de los agentes mínimamente morales, y mayor que la de los agentes altamente morales. A su vez, estos agentes tienen una probabilidad mayor de permitirse ser influenciados positivamente (permeabilidad positiva alta) que la de los agentes mínimamente morales y menor que la de los agentes altamente morales, por lo que es más probable que estos agentes primero aumenten su moralidad a que la disminuyan.
- **agentes mínimamente morales** tienen un bajo índice moral, una probabilidad

muy baja de ser influenciados positivamente (permeabilidad positiva baja), y una alta probabilidad de dejarse influenciar negativamente (permeabilidad negativa alta), por tanto, requerirán menos influencias sociales negativas que el resto de los agentes para disminuir su moralidad al punto de volverse agentes no-morales y ejecutar la acción perniciosa.

- **agentes no morales** se encuentran continuamente actuando perniciosamente (moralidad mínima casi cero o cero), y difícilmente aumentan su moralidad, pues estos agentes tienen una probabilidad muy baja de ser influenciados positivamente (permeabilidad positiva muy baja). Por otro lado, estos agentes se dejan influenciar negativamente con mucha facilidad (permeabilidad negativa muy alta).

Estados internos de los agentes

A continuación se describen cada uno de los **estados** de los agentes modelados:

- **moralidad:** en base a las afirmaciones de Durkheim (1924a) (ver página 19) acerca de los diversos niveles de moralidad existentes de acuerdo a cada conciencia, cada tipo de agente modelado tendrá un valor de moralidad distinto, que irá cambiando en el tiempo en función de la influencia social y la influencia de estímulos externos provenientes del entorno. La asignación de la *moralidad* se realizó de la siguiente forma: los agentes altamente morales, tendrán un valor muy alto, en el rango de 0.99 a 1, asumiendo que estos agentes tienen un profundo respeto por las leyes y difícilmente actuarán perniciosamente. Por otro lado, para los agentes medianamente morales se decidió establecer un valor entre intermedio y alto en el rango de 0.50 a 0.98; mientras que para los agentes mínimamente morales se estableció un menor valor de *moralidad* en el rango de 0.02 a 0.49 considerando que estos agentes están a punto de actuar perniciosamente. Dado que los agentes no morales ya están ejecutando la acción perniciosa, tendrán un valor de moralidad entre 0.00 a 0.01 asumiendo que estos agentes no sienten ningún tipo de respeto por las leyes. Para llevar a cabo la asignación de estos valores, se creó un *procedimiento* de tipo *reportero*

definido como *aleatorio-en-rango*, que consiste en un generador de números pseudo-aleatorios con distribución uniforme parametrizada, obtenido aplicando **el método de la transformada inversa de la función de densidad de la distribución uniforme**.

- **tipo-agente:** cada agente es clasificado según su índice de *moralidad* mediante números que van de 1 a 4, tal que, un agente *altamente moral* tendrá un valor de 1 para la variable en cuestión; un agente *medianamente moral* tendrá un valor de 2 para esta variable, y los agentes *mínimamente-morales* y *no-morales* tendrán un valor de 3 y 4, respectivamente.
- **color:** cada agente tiene un *color* dependiendo de su valor de *moralidad*. Los agentes *altamente morales* son de color amarillo; los agentes *medianamente-morales* son de color naranja; los agentes *mínimamente-morales* son de color azul y los agentes no morales son de color púpura.
- **compañero:** el *compañero* de un agente vendrá a ser el otro agente (agente influyente) con el cual se encuentre y converse, en un paso de tiempo dado, en un parche dado, y posiblemente influya en su moralidad dependiendo de la probabilidad de influencia de ese *compañero*, y dependiendo de la facilidad con la que el agente se deje influenciar positivamente (*permeabilidad-positiva*) o negativamente (*permeabilidad-negativa*), en caso de que el *compañero* tenga una moralidad superior o inferior a la de él respectivamente.
- **permeabilidad-positiva:** esta variable es definida en el modelado de los agentes como la facilidad con la que un agente se deja influenciar por los miembros de su entorno que tienen una mayor moralidad que la de él. Es decir que si un agente que tiene una alta *permeabilidad-positiva* se encuentra con otro (*compañero*) que pertenezca a uno de sus grupos primarios (recordando que los agentes que pertenecen a estos grupos tienen una mayor probabilidad de influencia), con una moralidad mayor que la de él, entonces la probabilidad de que el agente incremente su moralidad en función de la moralidad de su *compañero*, será alta. El valor de esta variable fue establecido en términos de probabilidad para cada

tipo de agente; por ejemplo, para los agentes *altamente morales* se estableció una probabilidad alta entre 0.80 y 1 asumiendo que este tipo de agentes tiene una alta tendencia a dejarse influenciar positivamente por su entorno social. Para los agentes *medianamente-morales* se estableció una probabilidad de dejarse influenciar positivamente que va desde 0.60 a 0.80 siendo menor que la de los agentes *altamente morales* y mayor que la de los agentes *mínimamente-morales*. Por otro lado, para los agentes *mínimamente-morales* la probabilidad de ser influenciados positivamente fue establecida entre 0.00 y 0.05 asumiendo que estos agentes tienen una tendencia baja de dejarse influenciar por los miembros de su entorno que tienen una mayor moralidad que la de él. Por otra parte, los agentes *no-morales* tendrán una probabilidad muy baja de dejarse influenciar positivamente, ya que se asume que este tipo de agentes, por muy grande que sea la influencia social positiva de su entorno, tienden muy poco a aumentar su moralidad, por tanto la probabilidad de dejarse influenciar positivamente para estos agentes fue establecida en el rango de 0.00 a 0.03. Al igual que la *moralidad*, se utilizó el *reportero* definido como *aleatorio-en-rango* para generar los valores aleatorios de esta variable.

- **permeabilidad-negativa** a diferencia de la *permeabilidad-positiva* la *permeabilidad-negativa* es definida en el modelado de los agentes como la facilidad con la que los agentes se dejan influenciar negativamente por su entorno social. Digamos, si un agente que tiene una alta **permeabilidad-negativa** se encuentra con algún miembro de sus grupos primarios con una moralidad menor que la de él, entonces la probabilidad de decrementar su moralidad será alta. Para los agentes *altamente morales* la probabilidad de permitirse influenciar negativamente fue establecida entre 0.00 y 0.03 asumiendo que este tipo de agentes tiene una tendencia muy baja de permitirse influenciar negativamente por su entorno social. Para los agentes *medianamente-morales* se estableció una probabilidad de dejarse influenciar negativamente que va desde 0.00 a 0.05 siendo mucho menor que la de los agentes *mínimamente-morales* y mayor que la de los agentes *altamente morales*. Por otro lado, para los agentes *mínimamente-morales* la probabilidad de ser influenciados negativamente fue establecida entre 0.60

y 0.80 asumiendo que este tipo de agentes tiene una alta tendencia a dejarse influenciar por los miembros de su entorno que tienen una menor moralidad que la de él. Por otra parte, los agentes *no-morales* tendrán una probabilidad muy alta de dejarse influenciar negativamente, estando entre 0.80 y 1, ya que se asume que este tipo de agentes, tienden en gran medida a decrementar cada vez más su moralidad. El *reportero aleatorio-en-rango* es el encargado de generar los valores para esta variable.

- **submatriz:** como se mostró al inicio de la Descripción del modelo, cada agente contará con una *submatriz* de la matriz que representará a la sociedad definida por el usuario en la inicialización del modelo. Esta *submatriz* tendrá una dimensión 2x7, donde los valores de la primera fila representarán las instancias de los grupos sociales a las cuales pertenecerá el *agente_i* en la sociedad creada; mientras que los valores de la segunda fila representarán el número de miembros de dichas instancias.
- **estímulos-negativos:** esta variable de estado contabiliza las veces que el *agente_i* disminuye su *moralidad* en función del *estímulo-negativo* proveniente del entorno.
- **estímulos-positivos:** a diferencia de la variable anterior, esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* aumenta su *moralidad* en función del *estímulo-positivo* proveniente del entorno.
- **estímulos-negativos-sin-inf-social:** esta variable de estado contabiliza las veces que el *agente_i* **disminuye** su *moralidad* en función del *estímulo-negativo* proveniente del entorno, sin haber recibido influencia social.
- **estímulos-positivos-sin-inf-social:** esta variable de estado contabiliza las veces que el *agente_i* **aumenta** su *moralidad* en función del *estímulo-positivo* proveniente del entorno, sin haber recibido influencia social.
- **influencia-familiar-positiva:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **aumenta** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo familiar (grupo primario)* con mayor *moralidad* que la de él.

- **influencia-familiar-negativa:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **disminuye** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo familiar (grupo primario)* con menor *moralidad* que la de él.
- **influencia-amigos-positiva:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **aumenta** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de amigos de infancia (grupo primario)* con mayor *moralidad* que la de él.
- **influencia-amigos-negativa:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **disminuye** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de amigos de infancia (grupo primario)* con menor *moralidad* que la de él.
- **influencia-vecinos-positiva:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **aumenta** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de vecinos inmediatos (grupo primario)* con mayor *moralidad* que la de él.
- **influencia-vecinos-negativa:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **disminuye** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de vecinos inmediatos (grupo primario)* con menor *moralidad* que la de él.
- **influencia-comp-trabajo-positiva:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **aumenta** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de compañeros de trabajo (grupo secundario)* con mayor *moralidad* que la de él.
- **influencia-comp-trabajo-negativa:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **disminuye** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de compañeros de trabajo (grupo secundario)* con menor *moralidad* que la de él.
- **influencia-comp-estudio-positiva:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **aumenta** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los

miembros de su *grupo de compañeros de estudio (grupo secundario)* con mayor *moralidad* que la de él.

- **influencia-comp-estudio-negativa:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **disminuye** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de compañeros de estudio (grupo secundario)* con menor *moralidad* que la de él.
- **influencia-vecinos-familiares-lejanos-positiva:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **aumenta** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de vecinos y familiares lejanos (grupo secundario)* con mayor *moralidad* que la de él.
- **influencia-vecinos-familiares-lejanos-negativa:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **disminuye** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de vecinos y familiares lejanos (grupo secundario)* con menor *moralidad* que la de él.
- **influencia-conocidos-positiva:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **aumenta** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de agentes conocidos* con mayor *moralidad* que la de él.
- **influencia-conocidos-negativa:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **disminuye** su *moralidad* en función de la *moralidad* de uno de los miembros de su *grupo de agentes conocidos* con menor *moralidad* que la de él.
- **influencia-recién-conocidos-positiva:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **aumenta** su *moralidad* en función de la *moralidad* de un agente quien no pertenece a su entorno social (grupos familiar, grupo de amigos, grupo de vecinos,... de compañeros de trabajo,... etc) y que tiene una *moralidad* mayor que la de él.
- **influencia-recién-conocidos-negativa:** esta variable contabiliza las veces que el *agente_i* **disminuye** su *moralidad* en función de la *moralidad* de un agente quien no pertenece a su entorno social (grupos familiar, grupo de amigos, grupo

de vecinos,... de compañeros de trabajo,... etc) y que tiene una *moralidad* menor que la de él.

- **influencias-pos:** esta variable es una lista de longitud ocho (8 números) que almacena todas las influencias positivas recibidas por el *agente_i* de cada grupo social.
- **influencias-neg:** a diferencia de la variable *influencias-pos*, almacena todas las influencias negativas recibidas por el *agente_i* de cada grupo social.

Acciones

El modelo está conformado por 41 *procedimientos*, de los cuales, una buena parte de ellos son *reporteros*. Entre estos *reporteros* se tienen los encargados de generar la sociedad fijada por el usuario denominados como *matriz*, *matriz-miem-const* y *matriz-miem-aleat*; el primero se encarga de evaluar el estado (On/Off) del interruptor *grupos-num-miem-aleat*, y se sirve del segundo *reportero* en caso de que el usuario haya elegido generar la sociedad con un número de miembros constante (interruptor en Off), o bien, se servirá del tercero en caso de que el usuario haya elegido generarla con un número de miembros aleatorio (interruptor en On) en función del número de miembros ingresados por teclado; mientras que otros *reporteros* se encargan de “reportar” las salidas de interés del modelo. El resto de los *procedimientos* se encuentra ejecutándose dentro dos *procedimientos* más densos: *inicializar* y *simular*.

El procedimiento *inicializar*, como fue descrito en la sección **Interfaz del modelo**, se encarga de restaurar todas las variables de estado del modelo a su valor inicial; para ello, ejecuta un conjunto de *procedimientos* que le permiten inicializar todas las variables *globales* del modelo; solicitar al usuario los datos de entrada de la sociedad que desea simular (tales como el número de grupos sociales, el número de instancias de los grupos sociales, y el número de miembros por grupo social que tendrá la sociedad); e inicializar el color del entorno (*parches*) en donde se moverán los agentes. Estos procedimientos fueron definidos como *inicializar-variables-globales*, *interacción-usuario* e *inicializar-ambiente*. Otros *procedimientos* también son ejecutados dentro del *procedimiento inicializar*, siendo definidos como *crear-agentes*, *asignar-submatriz* y

asignar-moralidad. El procedimiento *crear-agentes* se encarga de inicializar gran parte del conjunto de variables de estado de los agentes; el procedimiento *asignar-submatriz* se ocupa de asignar a cada agente la *submatriz* que representa las instancias de los grupos sociales a las cuales pertenece, y el número de miembros por instancia, en base a la sociedad creada, básicamente este procedimiento es el encargado de generar la sociedad fijada por el usuario, y para ello se sirve del *reportero* definido como *matriz*; y por último, el procedimiento *asignar-moralidad* asigna a un cierto número de agentes (de acuerdo a la distribución de probabilidad acumulada fijada por el usuario) el valor de su *moralidad*, y asigna el *tipo-agente*, la *permeabilidad-positiva*, y la *permeabilidad-negativa* de acuerdo a la *moralidad* asignada, y por último, crea una lista de cada tipo de agente ($1 = \text{altamente-morales}$, $2 = \text{medianamente-morales}$, $3 = \text{mínimamente-morales}$ y $4 = \text{no-morales}$) en la sociedad.

Por otra parte, el procedimiento *simular* es el encargado de generar toda la dinámica de comportamiento del modelo, en él se ejecutan tres procedimientos: *mover*, *encontrarse-conversar* y *mayor-influencia-pos-neg*, los cuales son llevados a cabo en ese orden, en cada paso de tiempo, por cada uno de los cuatro tipos de agentes. El procedimiento *mover* se ejecuta si un agente decide moverse de su *parche*. En esta acción los agentes se mueven hacia una dirección aleatoria, un número de pasos aleatorios, y por último, se ubican en el centro del *parche* destino. En el procedimiento *encontrarse-conversar* los agentes se encuentran, conversan, y posiblemente se influyen. Dentro de este procedimiento se ejecutan cuatro procedimientos: un *reportero* definido como *tipo-grupo*, y tres procedimientos ordinarios definidos como *estímulos-del-entorno*, *actualizar-tipo-agente* y *actualizar-num-no-morales-num-altamente-morales*, los cuales se encargan de: identificar si los agentes que se encuentran y conversan pertenecen a la misma instancia de alguno de los grupos sociales de su entorno; evaluar la influencia externa (*estímulo-positivo* y *estímulo-negativo*) sobre los agentes; actualizar el tipo de agente según el cambio en su moralidad (como resultado de la influencia social y/o la influencia externa); y actualizar las listas de cada tipo de agente que se ha vuelto no moral (que ha ejecutado la acción perniciosa) y *altamente moral* (que ha adquirido un profundo respeto por las leyes) respectivamente.

Declaración verbal de la dinámica de comportamiento del modelo

La declaración formal de la dinámica de comportamiento del modelo puede describirse como sigue:

Repita los siguientes pasos para n eventos (ticks):

- * Paso 1. En cada paso de tiempo, el *agente_i* decide de forma aleatoria si se moverá o si permanecerá en su *parche*. Para ello, se evalúa si un número entero aleatorio con distribución uniforme es igual que 1 o igual que 0. Si es igual que 1 el *agente_i* ejecuta el Paso 2, si es igual que 0 el *agente_i* permanece en su sitio y ejecuta el Paso 3.
- * Paso 2 (*mover*). El *agente_i* se mueve hacia una dirección aleatoria, un número de pasos aleatorios, en función del número de pasos definido por el usuario mediante el deslizador *move*.
- * Paso 3 (*encontrarse-conversar*). El *agente_i* verifica si hay otro agente (*compañero*) en su mismo *parche*, si no lo hay, ejecuta los Pasos 4, 8 y 9, de lo contrario, ejecuta el Paso 5.
- * Paso 4. Ejecuta el procedimiento *estímulos-del-entorno* y en él evalúa la probabilidad de ser influenciado por el *estímulo-negativo* y el *estímulo-positivo* del entorno (influencias externas). En caso de verse influenciado por el *estímulo-negativo*, su *moralidad* disminuye a una proporción igual al *estímulo-negativo*; su variable de estado *estímulos-negativos-sin-inf-social* aumenta una unidad, y el *parche* en el que está posicionado se vuelve de color marrón. En caso de verse influenciado por el *estímulo-positivo*, su *moralidad* aumenta a una proporción igual que el *estímulo-positivo*; su variable de estado *estímulos-positivos-sin-inf-social* aumenta una unidad, y el *parche* en el que está posicionado se vuelve de color verde.
- * Paso 5. Ejecuta el procedimiento *tipo-grupo* y en él evalúa si el *compañero* es miembro de la misma instancia de alguno de los grupos sociales de su entorno, y en caso de serlo, compara su *moralidad* con la de su *compañero*; si el *compañero*

tiene una *moralidad* mayor que la de él, entonces ejecuta el Paso 6, de lo contrario, ejecuta el Paso 7.

- * Paso 6. Con probabilidad igual a la probabilidad de influencia del grupo social al que pertenecen, y con probabilidad igual a su *permeabilidad-positiva*, el *agente_i* aumenta su *moralidad* a una proporción igual a su *permeabilidad-positiva* multiplicada por el valor absoluto de la diferencia entre su *moralidad* y la *moralidad* de su *compañero*; su variable de estado *influencia-familiar-positiva* aumenta una unidad, y el *parche* en el que está posicionado se vuelve de *color* verde. Luego de realizar estas acciones el *agente_i* ejecuta los Pasos 4, 8 y 9.
- * Paso 7. Con probabilidad igual a la probabilidad de influencia del grupo social al que pertenecen, y con probabilidad igual a su *permeabilidad-negativa*, el *agente_i* disminuye su *moralidad* a una proporción igual a su *permeabilidad-negativa* multiplicada por el valor absoluto de la diferencia entre su *moralidad* y la *moralidad* de su *compañero*; su variable de estado *influencia-familiar-negativa* aumenta una unidad, y el *parche* en el que está posicionado se vuelve de *color* marrón. Luego de realizar estas acciones el *agente_i* ejecuta los Pasos 4, 8 y 9.
- * Paso 8. Ejecuta el procedimiento *actualizar-tipo-agente* y en él evalúa el valor de su *moralidad*, y de acuerdo a este valor, actualiza sus variables de estado *tipo-agente*, *permeabilidad-positiva*, *permeabilidad-negativa* y el *color*.
- * Paso 9. Ejecuta el procedimiento *actualizar-num-no-morales-num-altamente-morales* y en él evalúa su *moralidad*. Si su *moralidad* ha disminuído al punto de volverse un agente no moral, entonces verifica a qué tipo de agente pertenecía, y pasa a ser parte del conjunto de agentes de su tipo que se han vuelto *no-morales*; pero si su *moralidad* ha aumentado al punto de volverse un agente *altamente moral*, entonces verifica a qué tipo de agente pertenecía, y pasa a ser parte del conjunto de agentes de su tipo que se han vuelto *altamente-morales*.

En el apéndice C se puede apreciar el comportamiento del modelo a través de un diagrama de flujo.

Ejemplo de la ejecución del modelo para un tick

Para tener una mayor comprensión del mecanismo de acción de los agentes, veamos un ejemplo paso a paso de la ejecución del modelo para un *ticks*.

Supongamos que, luego de *inicializar* el modelo, una región del mundo de NetLogo luce como la figura 3.5.

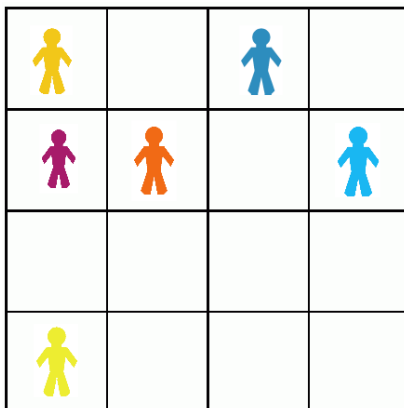
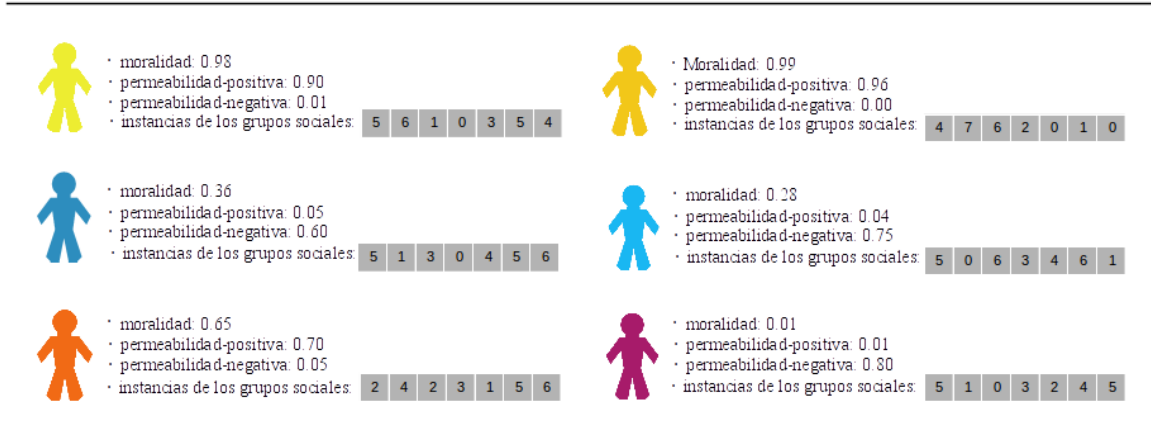
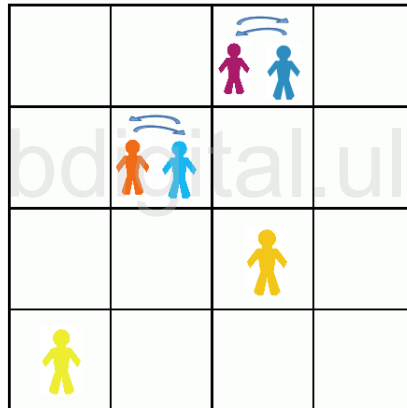


Figura 3.5: Región hipotética del mundo de NetLogo luego de inicializar el modelo.

La figura 3.5 muestra un agente no moral (color púrpura), dos agentes altamente morales (uno amarillo claro y otro amarillo oscuro); un agente medianamente moral (color naranja), y dos agentes mínimamente morales (uno azul claro y otro azul oscuro), ubicados en *parches* aleatorios, teniendo cada uno su propio estado interno. Supongamos que el estado interno de estos agentes se encuentra configurado de la forma mostrada en la figura 3.6.

Ahora bien, supongamos que, una vez que el botón *simular* es pulsado (para un tick), se ejecuta el Paso 1, y los agentes de color púrpura, azul claro y amarillo oscuro, deciden moverse, en dirección aleatoria, un número de pasos aleatorios en función del número de pasos fijado en el deslizador *move* (Paso 2); mientras que los agentes de color azul oscuro, naranja, y amarillo claro, deciden permanecer en sus *parches*. La figura 3.7 muestra la posición actual de estos agentes.

Como se puede apreciar en la figura 3.7, algunos de los agentes que decidieron desplazarse, se encontraron con otros agentes en sus *parches* destino, por lo que posiblemente se pueda dar la influencia social, como es el caso de los agentes de color

Figura 3.6: Estado inicial de los agentes ($ticks = 0$).Figura 3.7: Posición de los agentes luego de ejecutar el modelo para un *tick*.

púrpura y azul claro, quienes se encontraron con los agentes de color azul oscuro y naranja, respectivamente. Por otro lado, el agente amarillo oscuro no se encontró con algún otro agente en su *parche* destino.

En este punto, los agentes que tienen un *compañero* con quien conversar (agente de color púrpura, agente azul oscuro, agente azul claro, y agente naranja), evalúan tanto la influencia externa (Paso 4), como la influencia social (Paso 6 o 7), mientras que aquellos agentes que se encuentran solos en sus *parches* (agente de color amarillo claro y agente amarillo oscuro) sólo evaluarán la influencia externa (estímulos-positivos y estímulos-negativos) del entorno (Paso 4), pues no tienen algún agente cerca (en su

mismo *parche*) del que puedan recibir influencia social.

Por tanto, conociendo los estados internos de cada uno de estos agentes (ver figura 3.6), se asumen las siguientes acciones para cada uno de ellos:

- **Acciones del agente púrpura.** Dado que la instancia del grupo familiar (ítem en la posición cero del vector de instancias de los grupos sociales ó ítem en la posición cero de la primera fila de su submatriz) del agente púrpura coincide con la instancia del grupo familiar del agente de color azul oscuro (instancia número 5 del grupo familiar), estos agentes pertenecen al mismo grupo familiar; y dado que el agente púrpura es de tipo 4 (no moral) y el agente azul oscuro es de tipo 3 (mínimamente moral), con probabilidad igual a la probabilidad de influencia del *grupo primario* (90%), y con una probabilidad muy baja (0.01) de verse influenciado positivamente (*permeabilidad-positiva*) por el agente azul oscuro (quien tiene una *moralidad* mayor que la de él), no decide dejarse influenciar por este agente, por lo que su índice de *moralidad* se mantiene en 0.01.

Por otro lado, en este mismo instante de tiempo, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.15, al ser este número menor que la probabilidad de ser estimulado positivamente (*estímulo-positivo* = 0.20), el agente púrpura se deja influenciar por este estímulo, y su nueva *moralidad* vendrá dada por la ecuación (3.1):

$$moralidad = precision (moralidad + estímulo-positivo(moralidad)) \cdot 2 \quad (3.1)$$

Sustituyendo los valores de la variable de estado *moralidad* y la variable global *estímulo-positivo* en la ecuación (3.1), el nuevo índice de *moralidad* del agente púrpura viene a ser:

$$precision (0.01 + 0.20(0.01)) \cdot 2 = 0.01 \quad (3.2)$$

Por otro lado, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.25, al ser este número menor que la probabilidad de ser

estimulado negativamente (*estímulo-negativo* = 0.30), el agente púrpura se deja influenciar por este estímulo, y su nueva *moralidad* vendrá dada por la ecuación (3.3):

$$moralidad = precision (moralidad - estímulo-negativo(moralidad)) \cdot 2 \quad (3.3)$$

Sustituyendo los valores de la variable de estado *moralidad* y la variable global *estímulo-negativo* en la ecuación (3.3), el nuevo índice de *moralidad* del agente púrpura viene a ser:

$$precision (0.01 - 0.30(0.01)) \cdot 2 = 0.01 \quad (3.4)$$

Por tanto, se puede observar que aunque el agente púrpura no decidió aumentar su *moralidad* como resultado de su encuentro con el agente azul oscuro (quién es un miembro de su familia con una *moralidad* mayor que la de él), si lo hizo gracias al *estímulo-positivo* del entorno. Sin embargo, su índice de *moralidad* también se vió influenciado (pero de manera negativa) por el *estímulo-negativo* del entorno, haciendo que su *moralidad* disminuyera, pero, dado que en el modelo se decidió tomar dos decimales significativos del índice de *moralidad*, el valor 0.007 es redondeado a 0.01, indicando que la disminución no fue significativa, por lo que la *moralidad* del agente púrpura se mantiene en 0.01.

- **Acciones del agente azul oscuro.** Dado que la instancia del grupo familiar (ítem en la posición cero del vector de instancias de los grupos sociales ó ítem en la posición cero de la primera fila de su submatriz) del agente azul oscuro coincide con la instancia del grupo familiar del agente de color púrpura (instancia número 5 del grupo familiar), estos agentes pertenecen al mismo grupo familiar; y dado que el agente azul oscuro es de tipo 3 (mínimamente moral) y el agente púrpura es de tipo 4 (no moral), con probabilidad igual a la probabilidad de influencia del *grupo primario* (90%), y con una probabilidad alta (0.60) de verse influenciado negativamente (*permeabilidad-negativa*) por el agente púrpura (quien tiene una

moralidad menor que la de él), decide dejarse influenciar por este agente, por lo que su índice de *moralidad* vendrá dado por la ecuación (3.6).

$$\begin{aligned} \text{moralidad} = \text{precision} (\text{moralidad} - \text{permeabilidad-negativa} \\ (\text{abs}(\text{moralidad} - [\text{moralidad}] \text{ of } \text{compañero}))) \cdot 2 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Sustituyendo los valores de las variables de estado *moralidad* y *permeabilidad-negativa* en la ecuación (3.6), el nuevo índice de *moralidad* del agente azul oscuro vendrá a ser:

$$\text{precision} (0.36 - 0.60 (\text{abs} (0.36 - 0.01))) \cdot 2 = 0.15 \quad (3.6)$$

Por otro lado, en este mismo instante de tiempo, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.35, al ser este número mayor que la probabilidad de ser estimulado positivamente (*estímulo-positivo* = 0.20) por el entorno, el agente azul oscuro no es influenciado por este estímulo, por tanto, su índice de *moralidad* se establece en 0.15.

Por otra parte, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.50, al ser este número mayor que la probabilidad de ser estimulado negativamente (*estímulo-negativo* = 0.30), el agente púrpura no es influenciado por este estímulo, y su *moralidad* se mantiene en 0.15.

En este caso vimos un agente mínimamente moral no se vió influenciado por los estímulos del entorno (*estímulo-positivo*, *estímulo-negativo*), pero si se vió afectado por la influencia social, al punto de disminuir su *moralidad* de 0.36 a 0.15.

- **Acciones del agente azul claro.** Dado que la instancia del grupo de compañeros de trabajo (ítem en la posición tres del vector de instancias de los grupos sociales ó ítem en la posición tres de la primera fila de su submatriz) del agente azul claro coincide con la instancia del grupo de compañeros de trabajo del

agente de color naranja (instancia número 3 del grupo de compañeros de trabajo), estos agentes son compañeros de trabajo; y dado que el agente azul claro es de tipo 3 (mínimamente moral) y el agente naranja es de tipo 2 (medianamente moral), con probabilidad igual a la probabilidad de influencia del *grupo secundario* (60%), y con una probabilidad baja (0.04) de verse influenciado positivamente (*permeabilidad-positiva*) por el agente naranja (quien tiene una *moralidad* mayor que la de él), decide dejarse influenciar por este agente, por lo que su índice de *moralidad* vendrá dado por la ecuación (3.8).

$$\begin{aligned} \text{moralidad} = \text{precision} (\text{moralidad} + \text{permeabilidad-positiva} \\ (\text{abs}(\text{moralidad} - [\text{moralidad}] \text{ of } \text{compañero}))) \cdot 2 \end{aligned} \quad (3.7)$$

Sustituyendo los valores de las variables de estado *moralidad* y *permeabilidad-positiva* en la ecuación (3.8), el nuevo índice de *moralidad* del agente azul claro vendrá a ser:

$$\text{precision} (0.28 + 0.04(\text{abs} (0.28 - 0.65))) \cdot 2 = 0.30 \quad (3.8)$$

Por otro lado, en este mismo instante de tiempo, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.10, al ser este número menor que la probabilidad de ser estimulado positivamente (*estímulo-positivo* = 0.20), el agente azul claro se deja influenciar por este estímulo, y su nueva *moralidad* vendrá dada por la ecuación (3.1).

Sustituyendo los valores de la variable de estado *moralidad* y la variable global *estímulo-positivo* en la ecuación (3.1), el nuevo índice de *moralidad* del agente azul claro vendría a ser:

$$\text{precision} (0.30 + 0.20(0.30)) \cdot 2 = 0.36 \quad (3.9)$$

Por otra parte, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.20, al ser este número menor que la probabilidad de ser estimulado negativamente (*estímulo-negativo* = 0.30), el agente azul claro se deja influenciar por este estímulo, y su nueva *moralidad* vendrá dada por la ecuación (3.3), y al sustituir los valores de la variable de estado *moralidad* y la variable global *estímulo-negativo* en la ecuación (3.3), el nuevo índice de *moralidad* del agente azul claro viene a ser:

$$precision (0.36 - 0.30(0.36)) / 2 = 0.25 \quad (3.10)$$

En este caso vimos que un agente mínimamente moral decidió aumentar su *moralidad* luego del encuentro con uno de sus compañeros de trabajo medianamente moral, y además, su *moralidad* también se vio influenciada por el *estímulo-positivo* de su entorno, conduciéndolo a aumentar aún más su índice de *moralidad* pasando de 0.28 a 0.36. Sin embargo también se vio influenciado por el *estímulo-negativo* de su entorno, disminuyendo su *moralidad* de 0.36 a 0.25.

- **Acciones del agente naranja.** Dado que la instancia del grupo de compañeros de trabajo (ítem en la posición tres del vector de instancias de los grupos sociales ó ítem en la posición tres de la primera fila de su submatriz) del agente naranja coincide con la instancia del grupo de compañeros de trabajo del agente de color azul claro (instancia número 3 del grupo de compañeros de trabajo), estos agentes son compañeros de trabajo; y dado que el agente naranja es de tipo 2 (medianamente moral) y el agente azul claro es de tipo 3 (mínimamente moral), con probabilidad igual a la probabilidad de influencia del *grupo secundario* (60%), y con una probabilidad baja (0.05) de verse influenciado negativamente (*permeabilidad-positiva*) por el agente azul claro (quien tiene una *moralidad* menor que la de él), no decide dejarse influenciar por este agente, por lo que su índice de *moralidad* se mantiene en 0.65.

Por otro lado, en este mismo instante de tiempo, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.45, al ser este

número mayor que la probabilidad de ser estimulado positivamente (*estímulo-positivo* = 0.20), el agente naranja no es influenciado por este estímulo, por lo que su *moralidad* se mantiene en 0.65.

Por otra parte, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.40, al ser este número mayor que la probabilidad de ser estimulado negativamente (*estímulo-negativo* = 0.30), el agente naranja no es influenciado por este estímulo, por tanto, su *moralidad* se mantiene en 0.65.

En este caso vimos que un agente medianamente moral, aunque se encontró y conversó con un miembro del *grupo secundario* de su entorno, no recibió influencia social, y en el mismo paso de tiempo, tampoco recibió influencia externa alguna.

- **Acciones del agente amarillo oscuro.** En el caso del agente amarillo oscuro, este agente no tiene en su *parche* algún otro agente con quien conversar, por lo que en este instante de tiempo la influencia social de este agente no es evaluada.

Por otro lado, en ese mismo instante de tiempo, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.08, al ser este número menor que la probabilidad de ser estimulado positivamente (*estímulo-positivo* = 0.20), el agente amarillo oscuro es influenciado por este estímulo, por lo que su *moralidad* vendrá dada por la ecuación (3.1).

Sustituyendo los valores de la variable de estado *moralidad* y la variable global *estímulo-positivo* en la ecuación (3.1), el nuevo índice de *moralidad* del agente amarillo oscuro vendría a ser:

$$precision (0.99 + 0.20(0.99)) \cdot 2 = 1.19 \quad (3.11)$$

Como vemos, el resultado dio un índice de *moralidad* de 1.19, sin embargo, como en el modelo se decidió que el valor de *moralidad* de un agente esté entre 0 y 1, el valor de 1.19 es establecido en 1.

Por otro lado, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.24, al ser este número menor que la probabilidad

de ser estimulado negativamente (*estímulo-negativo* = 0.30), el agente amarillo oscuro se deja influenciar por este estímulo, y su nueva *moralidad* vendrá dada por la ecuación (3.3), y al sustituir los valores de la variable de estado *moralidad* y la variable global *estímulo-negativo* en la ecuación (3.3), el nuevo índice de *moralidad* del agente amarillo oscuro viene a ser:

$$precision (1 - 0.30(1)) 2 = 0.7 \quad (3.12)$$

En este caso vimos el cambio en la moralidad de un agente altamente moral que sólo tuvo influencia externa, haciéndolo que aumentara y disminuyera su *moralidad*.

- **Acciones del agente amarillo claro.** En el caso del agente amarillo claro, este agente no tiene en su *parche* algún otro agente con quien conversar, por lo que en este instante de tiempo la influencia social de este agente no es evaluada.

Por otro lado, en ese mismo instante de tiempo, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.50, al ser este número mayor que la probabilidad de ser estimulado positivamente (*estímulo-positivo* = 0.20), el agente amarillo claro no es influenciado por este estímulo, por lo que su *moralidad* se mantiene en 0.98.

De igual forma, en el mismo instante de tiempo, supongamos que un número aleatorio con distribución uniforme entre 0 y 1 es igual que 0.35, al ser este número mayor que la probabilidad de ser estimulado negativamente (*estímulo-negativo* = 0.30), el agente amarillo claro no es influenciado por este estímulo, por lo que el valor de su *moralidad* se mantiene en 0.98.

3.4 Verificación del modelo

Tal como lo indican Van Dam *et al.* (2012) en su guía de pasos para la creación de un modelo de simulación basada en agentes, una vez que el modelo ha sido creado, este necesita ser verificado para asegurar que las teorías estudiadas fueron trasladadas al

código del modelo correctamente, y a partir de este punto, el modelo puede ser usado para hacer experimentación.

La verificación se realizó evaluando principalmente las salidas del procedimiento *inicializar*. A continuación se muestra la verificación de este procedimiento.

- Procedimiento inicializar

- ◇ *inicializar-variables-globales*: En este procedimiento se le es asignado un valor inicial a todas las variables globales del modelo. El valor inicial asignado a estas variables es cero o una lista vacía.
- ◇ *interacción-usuario*: En este procedimiento se le pide al usuario ingresar por teclado el número de grupos sociales que desea que tenga la sociedad a simular; el número de instancias que desea que tengan los grupos sociales; y el número de miembros deseado por grupo social. Dicho valores son asignados a las variables globales del código tales como *k-grupos-sociales*, *lista-1* y *lista-2*, respectivamente. Los valores usados para la verificación fueron de 7, 50 y [3, 3, 3, 5, 5, 5, 10] basándonos en las teorías de Cooley (1909); Andersen y Taylor (2010).
- ◇ *inicializar-ambiente*: En este procedimiento se fija el color de los *parches*, el cual es, por defecto, de color negro.
- ◇ *crear-agentes*: En este procedimiento se le es asignado un valor inicial a todas las variables de estado de los agentes. El valor inicial asignado a estas variables, es (según la variable) cero, una lista, una matriz, o un array.
- ◇ *asignar-submatriz*: En este procedimiento se le es asignado al *agente_i* una matriz de dimensión 2x7, donde la primera fila estará formada por instancias aleatorias de los grupos sociales a las que pertenecerá, mientras que la segunda fila representará los miembros que tendrán cada una de esas instancias. Esta asignación se hace respetando ciertas condiciones: 1. que el número de agentes que pertenecen a una determinada instancia de un grupo social sea igual al número de miembros definido para esa instancia, a partir de la sociedad generada por los reporteros *matrix*, *matriz-miem-aleat*,

matriz-miem-const (en base a los datos ingresados por el usuario); 2. que un agente no pertenezca a varias instancias de un mismo grupo social, y 3. que dos o más agentes que son miembros de una misma instancia del grupo de familiares cercanos no sean miembros de la misma instancia del resto de los grupos.

- ◇ *asignar-moralidad*: Este procedimiento se encarga de establecer el número de agentes por “tipo” que tendrá la sociedad, es decir, el número de agentes con *tipo-agente* = 1 (altamente morales); *tipo-agente* = 2 (medianamente morales); *tipo-agente* = 3 (mínimamente morales) y *tipo-agente* = 4 (no morales). Dicho de otro modo, este procedimiento define el número de agentes por nivel de *moralidad*, y para ello se sirve de la distribución de probabilidad acumulada fijada por el usuario mediante los deslizadores *prob-acum-agentes-altamente-morales*, *prob-acum-agentes-medianamente-morales*, *prob-acum-agentes-minimamente-morales*, y *prob-acum-agentes-no-morales*. Los valores de estos deslizadores usados para la verificación fueron de 10%, 70%, 15% y 5% respectivamente.

Estas salidas fueron evaluadas a través de los monitores creados en la interfaz del modelo. La figura 3.8 muestra la interfaz del modelo con estos monitores.

Como se puede observar en los monitores ubicados en la parte superior derecha de la interfaz, los valores ingresados por teclado (7, 50 y [3, 3, 3, 5, 5, 5, 10]) relacionados a la creación de la sociedad fueron asignados correctamente a las variables globales *k-grupos-sociales*, *lista-1* y *lista-2* correspondientes a los monitores denominados “k-grupos-sociales”, “instancias-de-grupos-sociales” y “miem-por-grupo-social” respectivamente. Es preciso aclarar que en este caso el número de instancias de los grupos sociales usado fue 50 para todos los grupos, sin embargo, el modelo no está limitado a recibir un número fijo de instancias para todos los grupos, sino que está programado para manejar un número de instancias por grupo social, por lo que, si lo desea, el usuario puede introducir un número de instancias distinto por cada grupo social para su posterior simulación.

También se puede observar a través del monitor “sociedad” que el número de miembros de cada grupo social es aleatorio y además se encuentra en el rango de los

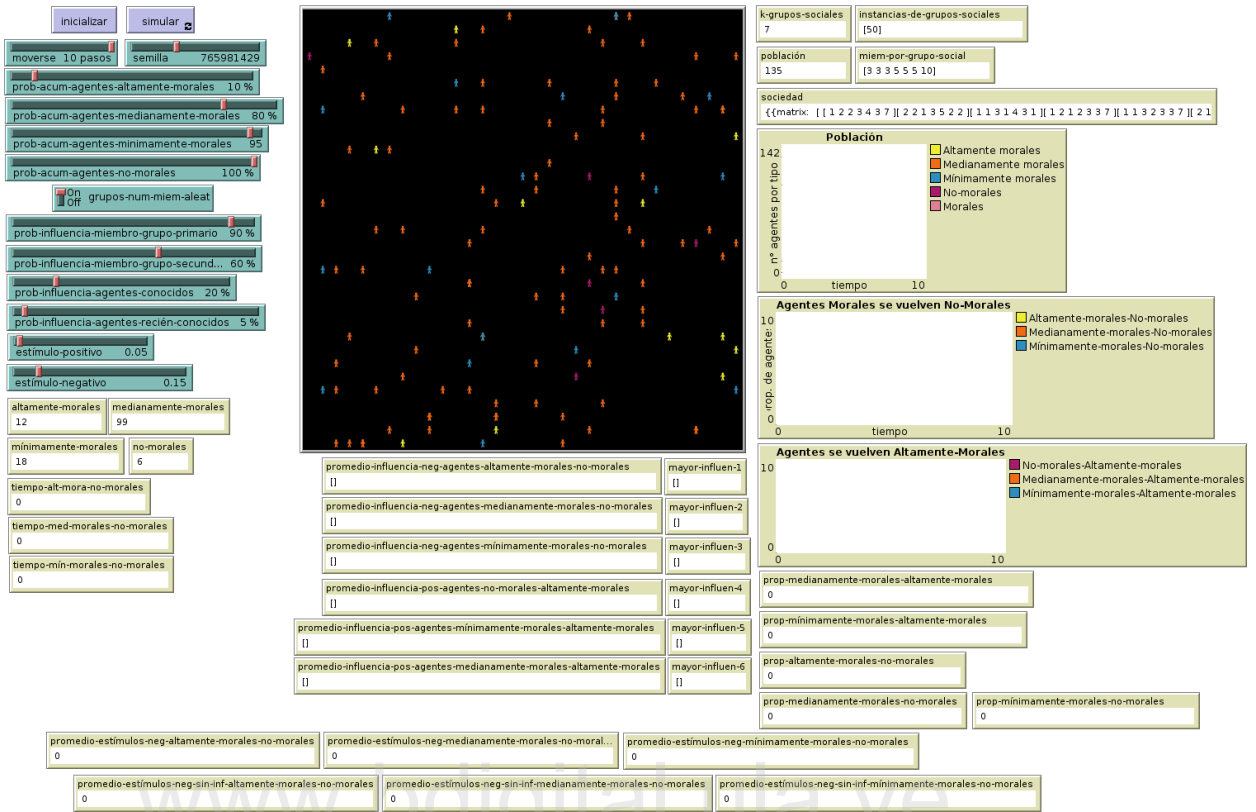


Figura 3.8: Interfaz del modelo mostrando las salidas luego de inicializar el modelo.

valores ingresados por teclado (“miem-por-grupo-social”); por ejemplo, para el primer vector de la matriz ([1 2 2 3 4 3 7]) que correspondería a la instancia cero de los siete grupos sociales, el número de miembros fijado para los primeros tres grupos sociales no es mayor a tres miembros ([1 2 2]); el número de miembros fijado para los tres siguientes grupos sociales no es mayor a cinco miembros ([3 4 3]), y el número de miembros fijado para el último grupo social no es mayor a 10 miembros ([7]), lo cual indica que hay consistencias con los datos de entrada y se cumple la configuración del interruptor “grupos-num-miem-aleat” establecido en On.

Por otro lado, se puede observar que el número de agentes altamente morales (12) es menor que el número de agentes mínimamente morales (18) y mayor que el número de agentes no morales (6), mientras que el número de agentes medianamente morales

(99) es mayor que el resto (ver monitores “altamente-morales”, “medianamente-morales”, “mínimamente-morales” y “no-morales”), por tanto, esto indica que el número de agentes generado por el modelo de acuerdo al nivel de *moralidad*, es consistente con la configuración de los deslizadores *prob-acum-agentes-altamente-morales*, *prob-acum-agentes-medianamente-morales*, *prob-acum-agentes-minimamente-morales*, y *prob-acum-agentes-no-morales* establecidos en 10%, 70%, 15% y 5% respectivamente.

También se observó que las instancias de los grupos sociales fueron asignadas correctamente a cada uno de los agentes. Para corroborar esto, se le pidió al modelo mostrar las *submatrices* de los agentes que pertenecen a la instancia cero de la sociedad creada ([1 2 2 3 4 3 7]), y las salidas demostraron una correcta asignación.

El resto de los monitores se encuentran inicializados con el valor cero o con una lista vacía, pues estos son sus valores iniciales ante de ejecutar el modelo, lo que indica que hay coherencia con los valores usados en la inicialización del modelo.

Adicionalmente, se verificó que ninguna variable de estado adoptara valores negativos.

Las pruebas que se alcanzaron hacer demostraron que el procedimiento *inicializar* está codificado correctamente, ya que no se observaron resultados inesperados en la salidas del modelo.

En este trabajo de investigación, el paso de validación del modelo es omitido, ya que el modelo no intenta replicar una situación del mundo real, sino que es un modelo totalmente exploratorio.

Capítulo 4

Resultados

En este capítulo se muestran los resultados de la corrida del modelo base, en donde los parámetros fueron configurados de acuerdo a las teorías sociológicas estudiadas, tal como se describió en el Capítulo 3.

Para la elección del marco de tiempo, se realizaron varias simulaciones con diferentes distribuciones para los cuatro tipos de agentes de la población, observándose que a partir de un poco más de 500 ticks, el comportamiento de los agentes se mantiene invariable, lo cual indica que para ese período de tiempo, el comportamiento del sistema es constante, alcanzando el equilibrio, por tanto, se eligió un marco de tiempo de 550 ticks, por lo que el modelo dejará de ejecutarse al cabo de este tiempo.

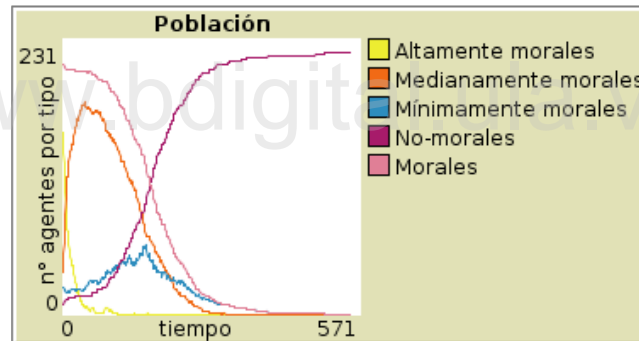
La configuración de los parámetros empleada para la simulación base puede apreciarse en la tabla 4.1

Bajo esta configuración y bajo la configuración de los estados internos de los agentes especificada en la Sección 3.3.2, se llevó a cabo la simulación para 550 ticks generando el gráfico de la figura 4.1.

La figura 4.1 muestra el gráfico del comportamiento del número de agentes altamente morales, medianamente morales, mínimamente morales, no morales, y la población de agentes morales que incluye a todos los tipos de agentes excepto los no-morales. Al inicio de la simulación el número de agentes altamente morales es mayor que el número de agentes medianamente morales; el número de agentes medianamente morales es mayor que la población de agentes mínimamente morales, y a su vez ésta

Tabla 4.1: Configuración base de los parámetros del modelo

Parámetro	Valor	Unidades	Fuente
<i>moverse</i>	5	adimensional	Propia
<i>semilla</i>	1012189745	adimensional	Propia
<i>prob-acum-agentes-altamente-morales</i>	70	%	Teoría de Durkheim (1924a)
<i>prob-acum-agentes-medianamente-morales</i>	15	%	Teoría de Durkheim (1924a)
<i>prob-acum-agentes-mínimamente-morales</i>	10	%	Teoría de Durkheim (1924a)
<i>prob-acum-agentes-no-morales</i>	5	%	Teoría de Durkheim (1924a)
<i>grupos-num-miem-aleat</i>	On	adimensional	Propia
<i>estímulo-positivo</i>	0.05	adimensional	Propia
<i>estímulo-negativo</i>	0.10	adimensional	Propia
<i>prob-influencia-miembro-grupo-primario</i>	90	%	Teoría de Cooley (1909)
<i>prob-influencia-miembro-grupo-secundario</i>	60	%	Teoría de Andersen y Taylor (2010)
<i>prob-influencia-agentes-conocidos</i>	20	%	Propia
<i>prob-influencia-agentes-recién-conocidos</i>	5	%	Propia
<i>k-grupos-sociales</i>	7	adimensional	Teorías de Cooley (1909); Andersen y Taylor (2010)
<i>num-instancias-por-grupo-social</i>	70	adimensional	Propia
<i>num-miem-por-grupo-social</i>	5	adimensional	Teorías de Cooley (1909); Andersen y Taylor (2010)

Figura 4.1: Número de agentes por tipo (*ticks* = 500)

última es mayor que la población de agentes no morales. Al cabo de un tiempo se puede observar que, el número de agentes altamente morales va disminuyendo a una proporción igual a la que va aumentando el número de agentes medianamente morales, esto se debe a que los agentes altamente morales van disminuyendo su *moralidad* pasando de ser altamente morales a ser medianamente morales. Por otro lado la población de agentes mínimamente morales se va incrementando a una proporción muy pequeña; esto debido a que unos pocos agentes medianamente morales disminuyen su *moralidad* pasando a ser mínimamente morales. Por otra parte, se puede observar que al cabo de aproximadamente 100 ticks, la población de agentes no morales va

aumentando a la misma proporción a la que va disminuyendo la población de agentes medianamente morales, esto debido a que una buena parte de la población de agentes medianamente morales disminuye su *moralidad* al punto de volverse agentes no morales. También se observa que la población de agentes morales va disminuyendo a una proporción igual a la que va aumentando la población de agentes no morales llegando a un punto (punto de inflexión de la curva) en donde el número de agentes no morales llega a ser igual al número de agentes morales, y luego la población de agentes no morales sigue aumentándo hasta llegar a representar la población total de la sociedad, esto explica el comportamiento logístico de la población de agentes no morales.

Por otro lado, el gráfico de la figura 4.2 muestra el comportamiento de la proporción de agentes altamente morales, medianamente morales y mínimamente morales que terminan ejecutando la acción perniciosa. Se puede observar que los agentes mínimamente morales son los primeros en ejecutar la acción perniciosa seguido de los agentes medianamente morales, mientras que los agentes altamente morales son los últimos en hacerlo, lo cual es un comportamiento intuitivo y coherente con los supuestos hechos en el modelado. Esto puede corroborarse al observar los monitores del modelo.

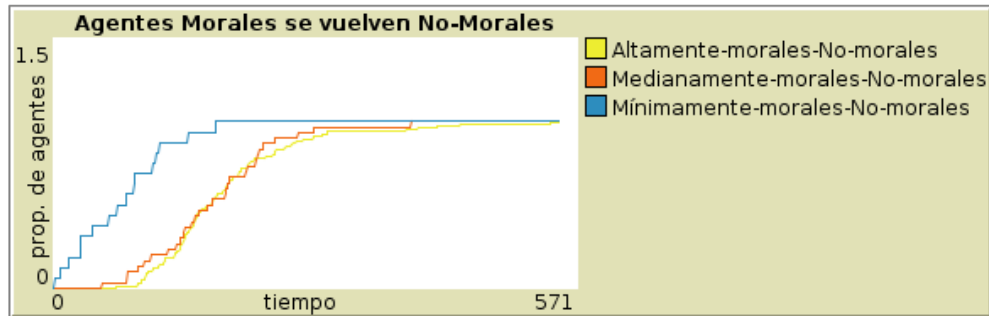


Figura 4.2: Proporción de agentes que se vuelven no morales (*ticks* = 550)

Los monitores “tiempo-alt-mora-no-morales”, “tiempo-med-morales-no-morales” y “tiempo-mín-mora-no-morales” son los encargados de llevar a cabo el conteo del tiempo que le toma a la población altamente moral, medianamente moral y mínimamente moral volverse no-moral, por lo que a través de ellos se puede notar que el tiempo que le toma a la población mínimamente moral volverse no-moral es menor que el tiempo que le

toma a la población altamente moral volverse no-moral. La figura 4.3 muestra estos monitores.

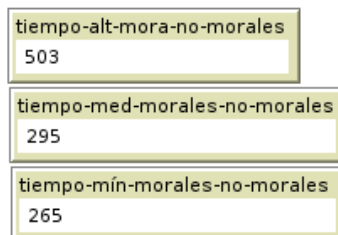


Figura 4.3: Monitores mostrando el tiempo que le toma a cada población de agentes volverse no-morales

Por otra parte, los monitores “promedio-influencia-neg-agentes-altamente-morales-no-morales”, “promedio-influencia-neg-agentes-medianamente-morales-no-morales” y “promedio-influencia-neg-agentes-mínimamente-morales-no-morales”, se encargan de calcular el número promedio de influencias sociales negativas provenientes de los miembros de cada grupo social, mostrando la salida por medio de una lista de ocho dígitos, en donde cada uno representa el número promedio de influencias negativas de cada grupo social. Al observar cada una de estas listas se puede notar que, en promedio, el mayor número de influencias sociales negativas recibidas por los agentes altamente morales (0.6), medianamente morales (0.7) y mínimamente morales (0.4) que se volvieron no-morales, provino de los miembros de su grupo familiar, lo cual es un resultado esperado pues, el modelo está codificado para que el grupo familiar tenga una probabilidad de influencia del 90%, es decir que, 9 de cada 10 familiares con los que un agente se encuentre, con un índice de *moralidad* menor que la de él, disminuirá su moralidad, dependiendo de la facilidad con la que se deje influenciar negativamente (*permeabilidad-negativa*). La figura 4.4 muestra los monitores mencionados.

Por otro lado, los monitores “promedio-estímulos-neg-altamente-morales-no-morales”, “promedio-estímulos-neg-agentes-medianamente-morales-no-morales” y “promedio-estímulos-neg-mínimamente-morales-no-morales” son los encargados de calcular el número promedio de estímulos negativos recibidos por la población de agentes altamente morales, medianamente morales y mínimamente morales que con el paso de tiempo se vuelven agentes no-morales. Los monitores muestran que la

promedio-influencia-neg-agentes-altamente-morales-no-morales [0.6 0.1 0 0 0 0 0 0.6]	mayor-influen-1 familia
promedio-influencia-neg-agentes-medianamente-morales-no-morales [0.7 0.1 0 0 0 0 0 0.6]	mayor-influen-2 familia
promedio-influencia-neg-agentes-mínimamente-morales-no-morales [0.4 0.3 0.1 0 0 0 0 0.4]	mayor-influen-3 familia

Figura 4.4: Monitores mostrando el promedio de influencias sociales negativas y la mayor influencia negativa promedio recibida por cada uno de los tipos de agentes

población de agentes altamente morales que se vuelve no-moral, en promedio, recibe más estímulos negativos (4.3) que la población de agentes medianamente morales que se vuelve no-moral, y estos últimos reciben más estímulos negativos (3.6) que la población de agentes mínimamente morales que se vuelve no-moral (3), lo cual es un resultado intuitivo, pues al tener los agentes altamente morales el mayor índice de *moralidad*, éstos necesitarían más efectos negativos para disminuirla, al punto de ejecutar la acción perniciosa, mientras que los agentes mínimamente morales al tener un índice de *moralidad* muy bajo, cercano al de los agentes no-morales, pues no necesitan muchos efectos negativos para llegar a ejecutar la acción perniciosa. La figura 4.5 muestra los monitores mencionados.

promedio-estímulos-neg-altamente-morales-no-morales 4.3
promedio-estímulos-neg-medianamente-morales-no-morales 3.6
promedio-estímulos-neg-mínimamente-morales-no-morales 3

Figura 4.5: Monitores mostrando el promedio de estímulos negativos recibidos por cada uno de los tipos de agentes

Adicionalmente los monitores “promedio-estímulos-neg-sin-inf-altamente-morales-no-morales”, “promedio-estímulos-neg-sin-inf-agentes-medianamente-morales-no-morales” y “promedio-estímulos-neg-sin-inf-mínimamente-morales-no-morales” se encargan de calcular el número promedio de estímulos negativos recibidos por la población de agentes altamente morales, medianamente morales y mínimamente morales que se vuelven no-morales, sin haber recibido influencia social alguna.

Los monitores muestran que la población de agentes altamente morales que se vuelve no-moral sin haber recibido influencia social alguna, en promedio, recibe más estímulos negativos (44.5), que la población de agentes medianamente morales que se vuelve no-moral sin haber recibido influencia social alguna, y estos últimos reciben más estímulos negativos (44.1) que la población de agentes mínimamente morales que se vuelve no-moral sin haber recibido influencia social alguna (43.9), lo cual también es un resultado intuitivo. La figura 4.6 muestra los monitores mencionados.

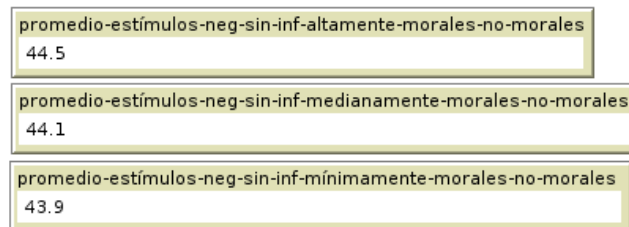


Figura 4.6: Monitores mostrando el promedio de estímulos negativos recibidos por cada uno de los tipos de agentes cuando no recibieron influencia social

De estos resultados se observa que pese al alto índice de *moralidad* de los agentes altamente morales, estos, con el paso del tiempo, terminan ejecutando la acción perniciosa, debido a la influencia negativa de sus grupos sociales y al estímulo negativo del entorno que los impulsa a actuar perniciosamente.

Otra comportamiento de interés es la proporción de agentes medianamente morales, mínimamente morales, y no morales que con el paso del tiempo se vuelven altamente morales. Esta salida es mostrada en el gráfico de la figura 4.7, en donde se puede observar que al inicio sólo los agentes medianamente morales comienzan a aumentar su *moralidad* al punto de volverse altamente morales, hasta llegar a un punto en donde el sistema se estabiliza, indicando que ya no hay agentes medianamente morales que decidan volverse altamente morales, es decir que sólo una proporción de la población de agentes medianamente morales se vuelve altamente moral.

Esta proporción puede verse en el monitor mostrado en la figura 4.8.

Además puede verse que la mayor influencia positiva recibida por esta proporción de agentes provino de su grupo familiar. Esto puede verse en los monitores mostrado en la figura 4.9.

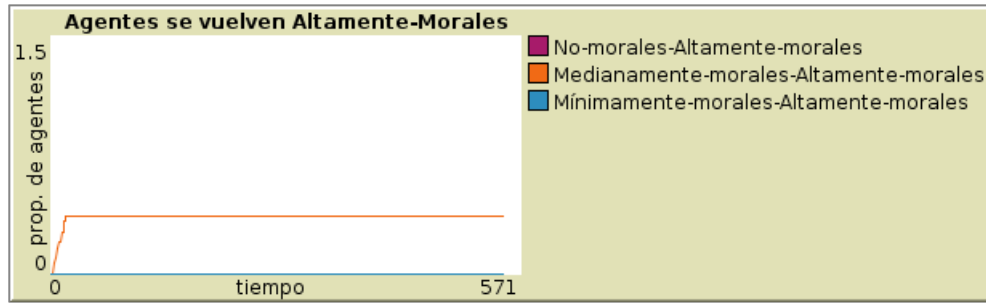


Figura 4.7: Tipos de Agentes que se vuelven altamente morales

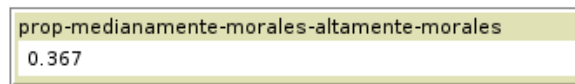


Figura 4.8: Proporción de agentes que se vuelven altamente morales

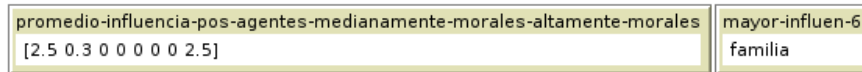


Figura 4.9: Promedio de influencias sociales positivas y la mayor influencia positiva promedio recibida por cada uno de los tipos de agentes

Por otro lado se observa que los agentes mínimamente morales y no-morales no llegan a volverse altamente morales. Este es un resultado intuitivo ya que estos agentes tienen una *moralidad* muy baja y además tienen una probabilidad muy baja de dejarse influenciar positivamente, mientras que los agentes medianamente morales tienen un índice de *moralidad* cercano al de los agentes altamente morales, y además tienen una probabilidad alta de dejarse influenciar positivamente, por lo que es más probable que estos agentes sean los primeros en asumir una consciencia profunda del respeto por las leyes.

Por limitaciones de tiempo, la evaluación de escenarios no pudo ser plasmada en el documento, sin embargo, se pudo observar, a grandes rasgos, que el *estímulo-negativo*, las *instancias-de-grupos-sociales* y los *miembros-por-grupo-social*, son parámetros determinantes a la hora de obtener patrones emergentes, por lo que se recomienda llevar a cabo experimentos que evalúen estos parámetros.

Capítulo 5

Discusión

El objetivo general del presente trabajo era representar, desde un punto de vista moral, la dinámica de comportamiento de grupos sociales mediante un modelo de simulación basado en agentes, bajo las teorías de Durkheim y las ideas de Axelrod. Para ello se necesitó crear una sociedad formada por un conjunto de grupos sociales y un conjunto de instancias de estos grupos, con un determinado número de miembros, en base a las teorías de Cooley (1909); Andersen y Taylor (2010). Esto se llevó a cabo extendiendo la idea que tuvo Axelrod (1997b) para modelar la cultura de cada agente en su modelo de Diseminación de la Cultura, en donde él utilizó un vector de características con un determinado número de rasgos por características, y en nuestro caso, dicho vector fue extendido a una matriz que viene a representar una sociedad formada por 7 grupos sociales con la posibilidad de elegir el número de instancias y el número de miembros que tendrán estos grupos para la simulación. Con esta idea, se buscó explicar cómo se propaga una conducta colectiva considerada como “perniciosa”, en una sociedad donde coexisten cuatro tipos de agentes clasificados según su nivel de moralidad de acuerdo a las afirmaciones de Durkheim (1924a); quienes se encuentran constantemente bajo la influencia de estímulos del entorno, y bajo la influencia de los principales grupos sociales que forman parte de su entorno, que de acuerdo a Cooley (1909); Andersen y Taylor (2010), son, la familia, los amigos, los vecinos inmediatos, compañeros de trabajo, compañeros de estudio, y familiares lejanos, a los cuales se le adicionaron, en base a nuestra intuición, dos grupos más: el grupo de agentes conocidos, y el grupo de

agentes recién conocidos.

Trasladar al código del modelo diversas teorías sociológicas como la de Durkheim (1924a) que alude a los niveles de moralidad de los individuos; las de Cooley (1909); Andersen y Taylor (2010) que hacen referencia a la existencia de grupos sociales y al nivel de influencia que cada uno de estos tiene sobre los individuos; así como la inclusión en el modelo de un estímulo que impulsa a los individuos a actuar perniciosamente y un estímulo que impulsa a los individuos a actuar correctamente, resultó exitoso, consiguiendo la reproducción del comportamiento esperado bajo los supuestos hechos en el modelado de los agentes.

Los resultados de la verificación del modelo hablan de un modelo codificado correctamente, que puede ser utilizado para evaluar una amplia variedad de escenarios.

Adicionalmente, el modelo puede ser modificado para estudiar la interacción entre grupos clasificados según el nivel de moralidad de sus miembros.

En síntesis el modelo puede ser usado para representar fenómenos sociales en sociedades donde la moralidad de los individuos se encuentra sujeta a la influencia social, y a la influencia de estímulos negativos y positivos del entorno. Ejemplos de fenómenos que pudieran ser estudiados con este modelo son los observados en la sociedad venezolana denominados como “bachaquear”, en donde los individuos adquieren una variedad de productos que van desde artículos automovilísticos, material de construcción, hasta alimentos y medicamentos de primera necesidad, a precios regulados por el estado, para luego comercializarlos en el mercado negro a precios exorbitantes. Este comportamiento pese a ser penalizado por el estado, se encuentra ejecutándose por numerosos individuos. Adaptando el modelo desarrollado a este tipo de comportamiento pernicioso, se pudiera definir al “estímulo negativo” como el “índice inflacionario” presente en el país, sabiendo que a mayor inflación menor poder adquisitivo, esto conduce a los individuos a remediar su situación económica adoptando este tipo de comportamiento pernicioso. Por otro lado, pudiera definirse el estímulo positivo como la eficiencia en las acciones tomadas por el gobierno, para conducir a los individuos al respeto por las leyes del estado y por consiguiente a actuar correctamente.

Capítulo 6

Conclusiones

Se logró desarrollar un modelo de simulación que permite explicar la propagación de conductas colectivas consideradas como perniciosas, bajo la moralidad en el dominio del respeto por las reglas cívicas, descrita por Durkheim; bajo las teorías de grupos sociales definidas por Cooley, Andersen y Taylor, y bajo las ideas de Axelrod planteadas en su modelo de Diseminación de la Cultura.

Fue posible trasladar una variedad de teorías sociológicas y psicosociales al código del software NetLogo, mediante el enfoque de Simulación Basada en Agentes.

Los resultados de la simulación mostraron que el modelo desarrollado cumple con los supuestos considerados en el modelado de los agentes, lo cual es una ventaja a la hora de evaluar futuros escenarios.

Más allá del interés inicial de la investigación, el modelo permitió probar y validar las teorías sociales estudiadas.

El desarrollo de esta investigación requirió del estudio de numerosos conceptos sociales y psicosociales que hasta ahora eran ajenos al conocimiento propio, y esto, en conjunto con el modelo desarrollado, permitió obtener una amplia comprensión del comportamiento de los humanos en sociedad.

Finalmente, el modelo desarrollado en este proyecto de investigación es novedoso en el sentido de que permite simular una sociedad conformada por los principales grupos sociales que forman parte del entorno diario de un individuo, tal como la familia, los amigos, los vecinos, compañeros de trabajo, compañeros de estudio, entre otros, y

cómo estos grupos, y los estímulos del entorno, influyen constantemente en la toma de decisiones morales de los individuos, llevándolos a actuar de forma perniciosa o virtuosa.

El modelo creado provee ideas de cómo puede ser construido un modelo de simulación, que explique la propagación de un patrón de conducta colectiva, desde un punto de vista moral, proporcionando a los agentes una serie de atributos (definidos en términos de probabilidad), semejantes a los de un ser humano que vive en sociedad, tomando en cuenta la influencia social, y el efecto de los estímulos del entorno, en su comportamiento. Por tanto, este modelo puede ser considerado como un modelo base para desarrollar nuevos modelos en este contexto de investigación planteada.

www.bdigital.ula.ve

C.C. Reconocimiento

Capítulo 7

Recomendaciones

- Dado que el modelo deja la posibilidad de estudiar más a fondo su comportamiento, algunos cambios podrían ser introducidos, para evaluar, por ejemplo, el *estímulo-negativo*, de manera que, en lugar de ser constante, su valor aumente en función del tiempo.
- Se recomienda el uso de varias semillas, así como variar la distribución acumulada de agentes a la hora de evaluar futuros escenarios.
- Por otro lado se recomienda mejorar la estructura del código del procedimiento *asignar-submatriz* para agilizar la inicialización del modelo.
- Se recomienda modificar la asignación de la moralidad para cada tipo de agente, de modo que el rango de moralidad entre cada tipo de agente sea similar.
- Adicionalmente el modelo podría ser extendido para evaluar más de 7 grupos sociales en la simulación.

Apéndice A

Modelo de diseminación de la cultura de Axelrod

El modelo de Axelrod (1997b) que reproduce la dinámica de diseminación de la cultura no sólo es uno de los modelos clásicos en la ciencia social generativa, sino que también es suficientemente modular y está diseñado para la introducción progresiva de nuevas condiciones de modo que contribuya a responder nuevas preguntas a través de un modelo validado. Esto permite mayor acumulación en el conocimiento de los sistemas sociales.

El modelo de Axelrod es representado bajo dos premisas. La primera es que el efecto de una característica cultural depende de la presencia o ausencia de otras características culturales. La segunda es que las personas similares tienen más probabilidades de influenciarse entre sí que los individuos distintos.

La pregunta central de Axelrod es cómo se mantienen las diferencias culturales, a pesar de la tendencia a la convergencia. Es decir, bajo el supuesto de que a mayor similitud, mayor interacción y mayor convergencia cultural, cómo es que no se converge a una homogeneidad total, sino que la convergencia local genera polarización global. Una de las innovaciones más importantes es que Axelrod considera múltiples atributos culturales en su concepto de cultura, que podrían ser consideradas como un “set de distinciones” no explícitas y susceptibles a la influencia social.

Para Axelrod, la similitud incrementa la interacción, que a su vez incrementa

convergencia, sin necesidad de un trasfondo cultural compartido completo. Basta un mínimo de similitud para generar interacción y luego, con una cierta probabilidad, se produce la transmisión cultural por medio de un mecanismo imitativo que sólo produce cambios al interior del sistema que inicia la interacción. De este modo, puede decirse que los sitios culturales de Axelrod funcionan como unidades autopoiéticas, ya que dependen de sus propias condiciones para el cambio de estado.

Axelrod termina explicando por qué se detiene la tendencia a la convergencia hasta antes de que sea total, planteando una serie de otras preguntas que se pueden hacer con su modelo.

El autor señala que su modelo es complementario con otros mecanismos y no agota el problema de la diseminación cultural, por lo que deja la puerta abierta para extensiones y modificaciones.

Axelrod entiende a la cultura como un set de atributos transmisibles asociados a la experiencia de la interacción, cuya transmisibilidad aumenta en la medida que los actores sociales son más parecidos e interactúan en mayor medida. Bajo estos supuestos, Axelrod emprende la tarea de modelar por medio de autómatas celulares un sistema comunicacional complejo, sin autoridad central, compuesto de agentes adaptativos más que racionales.

La cultura es entonces un conjunto de características influenciables socialmente, formalizado en “n” dimensiones (que simbolizan algún atributo cultural como el lenguaje, las creencias, etc.) y “k” rasgos por dimensión (que especifican distinciones en las características, como la lengua española, la creencia en el cristianismo, etc.). Una cultura es formalizada en un vector de una serie de números (en el modelo estándar, 5 dígitos), según lo cual la cultura 25412 es similar a 25466 en un 60 % en la medida que tres de 5 características son compartidas. Por otra parte, 25412 es 0 % similar a 78999, por lo que ninguna interacción es posible entre estas culturas.

Estos agentes interactúan en una grilla cuadrada no toroidal, que puede cambiar su tamaño (incrementando o reduciendo el 10x10 del modelo estándar). Los agentes interactúan según la Vecindad de Von Neumann, que sólo considera a sus vecinos en el Norte, Sur, Este y Oeste. La probabilidad de interacción es homogénea en toda la grilla y está dada por las condiciones internas de cada uno de los pares de agentes que

interactúan.

En la figura A.1 se muestra un ejemplo de condición inicial del modelo de diseminación cultural en grilla 10x10, con 5 dimensiones y 10 rasgos.

TABLE 1
A Typical Initial Set of Cultures

74741	87254	<u>82330</u>	17993	22978	82762	87476	26757	99313	32009
01948	09234	<u>67730</u>	89130	34210	85403	69411	81677	06789	24042
49447	46012	42628	86636	27405	39747	97450	71833	07192	87426
22781	85541	51585	84468	18122	60094	71819	51912	32095	11318
09581	89800	72031	19856	08071	97744	42533	33723	24659	03847
56352	34490	48416	55455	88600	78295	69896	96775	86714	02932
46238	38032	34235	45602	39891	84866	38456	78008	27136	50153
88136	21593	77404	17043	39238	81454	29464	74576	41924	43987
35682	19232	80173	81447	22884	58260	53436	13623	05729	43378
57816	55285	66329	30462	36729	13341	43986	45578	64585	47330

NOTE: The underlined site and the site to its south share traits for two of the five cultural features, making a cultural similarity of 40%.

Figura A.1: Conjunto de culturas inicial

En la grilla del ejemplo, se selecciona la cultura indicada en una celda subrayada (82330) y se selecciona su vecino del sur (67730). Se observa que los vecinos comparten dos dimensiones de cinco en total, lo que implica que son similares en un 40 % y en base a esa probabilidad interactuarán. El efecto de la interacción es que el vecino seleccionado inicialmente asume, iguala o imita un rasgo del vecino con que interactúa. De este modo, para el siguiente tiempo, este par de vecinos serán 60 % similares y tendrán más probabilidad de interactuar en el futuro.

Por tanto, el funcionamiento general del modelo es el siguiente: en el primer paso, el modelo elige al azar un sitio y un vecino de ese sitio también al azar. Con la probabilidad proporcional a su similitud, los vecinos interactúan. En el caso de resultar favorable la interacción, el vecino que inició la interacción iguala o imita uno de los rasgos en los que difiere del vecino. De este modo, se incrementa la similitud entre tales vecinos y aumenta también su probabilidad de convergencia futura. Si los vecinos seleccionados son iguales entre sí, la interacción no tiene efectos prácticos porque no hay nada que imitar.

El modelo itera según esta secuencia hasta que se estabiliza: se detiene cuando

ninguna cultura puede interactuar con otra, ya sea porque son todos iguales o porque son todos totalmente distintos y la probabilidad de interacción es cero. En la figura A.2, se muestra la corrida del modelo detenida en momentos del tiempo cada 20.000 ticks, en la que se evidencia la tendencia hacia la convergencia “no total” de las culturas:

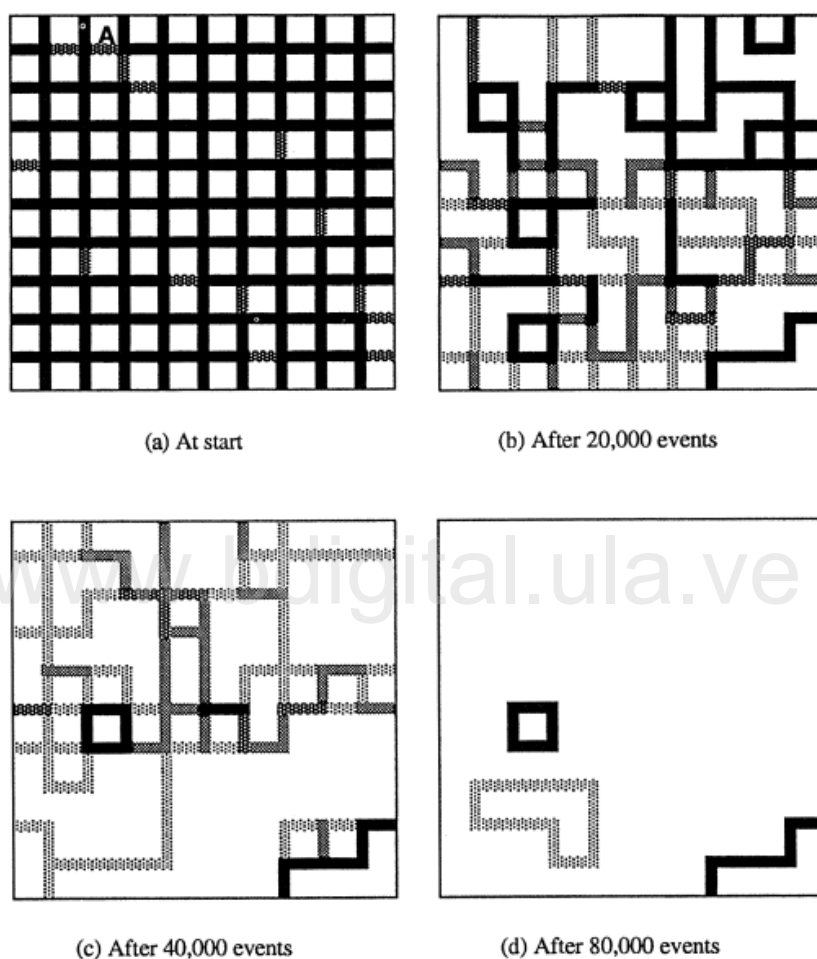


Figura A.2: Mapa de las similitudes culturales

En la visualización del modelo, las disimilitudes culturales se representan con fronteras de color negro, que indica que los agentes separados por esa frontera comparten un máximo de un atributo de los cinco del modelo estándar. A medida que se hacen más grises y desaparecen, indicando aumento de la similitud.

La gran heterogeneidad inicial comienza a reducirse con la interacción progresiva ya a los 20 mil eventos o unidades de tiempo discretas, también llamados ticks. En

40 mil y 80 mil unidades de tiempo los rasgos culturales comienzan a ser compartidos en áreas cada vez más grandes hasta que, eventualmente, se elimina la probabilidad de cambio, ya que los pares idénticos no pueden compartir más rasgos y los pares completamente disímiles no interactúan. En promedio, se produce la estabilización en tres áreas culturales, aunque con alta dispersión: en 14 % de las corridas sólo quedó una región y en el 10 % quedaron más de seis regiones culturales estabilizadas, cuyos orígenes pueden ser rastreados hacia los primeros momentos del modelo. Con este modelo, Axelrod supone algunos resultados esperables: una vecindad ampliada acelera y amplía el proceso de convergencia y, por otro lado, un mayor número de rasgos por característica permite mayor probabilidad de tener rasgos compartidos. Sin embargo, los resultados más interesantes no son aquellos derivables del sentido común: son aquellos resultados impredecibles a los que sólo se puede llegar por medio de la simulación. Axelrod muestra que la intuición no predice bien el comportamiento de los sistemas complejos dinámicos, incluso los más simples. El autor encuentra entre los resultados contra-intuitivos confirmados que el número de regiones estables disminuye a medida que aumentan los rasgos o dimensiones culturales, al tiempo que disminuye con territorios más grandes, sobre 20x20.

Por ello, Axelrod discute que dos aspectos de la complejidad cultural operan en direcciones opuestas: más características culturales (religión, idioma, etc.) generan menos áreas culturales estables y mayor convergencia cultural; mientras que más rasgos por características (cristianismo, español, etc.) generan más áreas estables y menor convergencia cultural, lo que evidentemente no podía ser deducido de la formulación teórica del problema; a la primera uno podría suponer que más características culturales haría la convergencia más difícil, sin embargo, es todo lo contrario, ya que con más características hay una mayor probabilidad de que dos sitios tengan el mismo rasgo en al menos una característica y por lo tanto serán capaz de interactuar. Con la interacción viene la compartición de un rasgo en una característica cultural adicional. Así, con más características en la cultura hay una mayor oportunidad de que los vecinos tengan algo en común, y por lo tanto tendrán una mayor oportunidad de alcanzar la completa convergencia cultural entre sí.

Apéndice B

Diagrama de clases del modelo

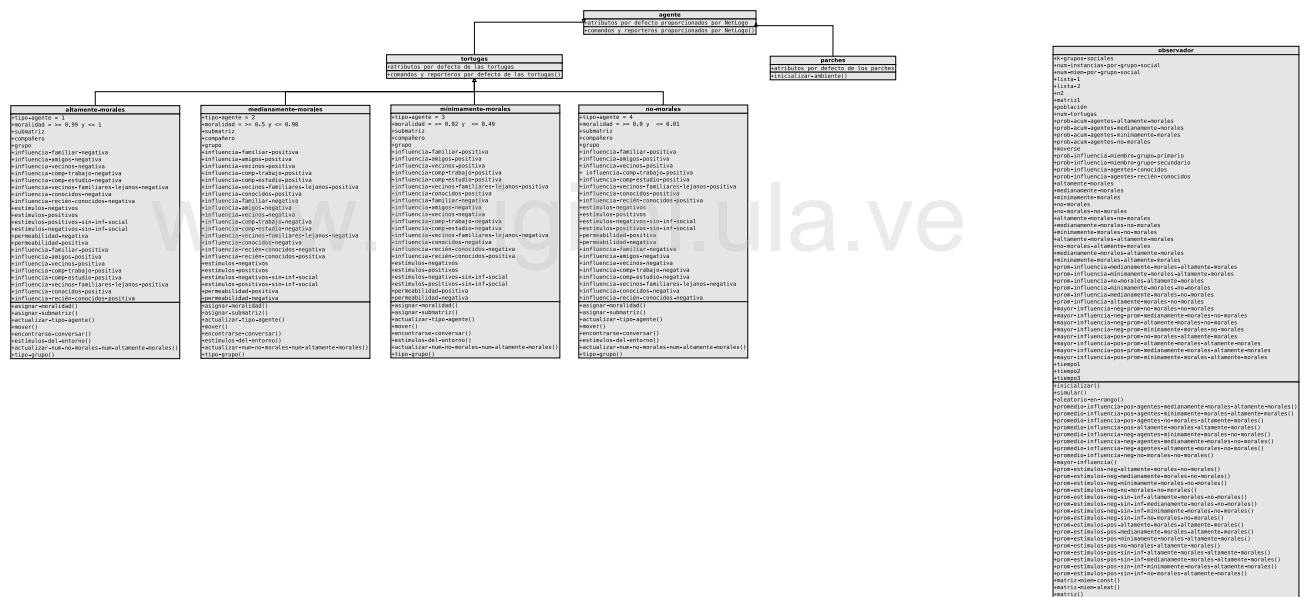


Figura B.1: Diagrama de clases del modelo

Diagrama de flujo del modelo

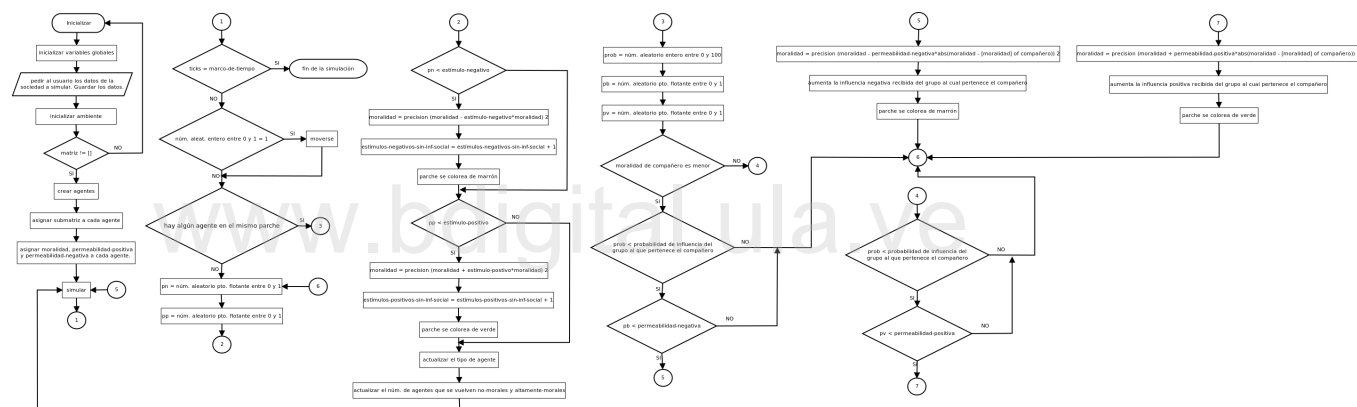


Figura C.1: Diagrama de flujo del modelo

Bibliografía

- Adamson, G. y Sapia, P. (2005). *Psicología Social Para Principiantes*. Buenos Aires, Argentina: Era Naciente SRL, primera edición.
- Andersen, M. y Taylor, H. (2010). *Sociology: The Essentials*. USA: Cengage Learning, sexta edición.
- Andrighetto, G., Campenni, M., y Cecconi, F. y Conte, R. (2010). The complex loop of norm emergence: A simulation model. En Takadama, K., Cioffi, y Deffuant, G., editores, *Simulating Interacting Agents and Social Phenomena: The Second World Congress*, volumen 7, pp. 19–35. Tokio: Springer.
- Arroyo, M. y Hassan, S. (2007). Simulación de procesos sociales basada en agentes software. *EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, (14):139–161. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=297125205006>.
- Audi, R. (2004). *DICCIONARIO AKAL DE FILOSOFÍA*. (Huberto Marraud y Enrique Alonso, trad.). Obra original: *The Cambridge Dictionary of Philosophy*, publicada en 1999. Madrid España: AKAL.
- Axelrod, R. (1984). *The Evolution of Cooperation*. New York: Basic Books.
- Axelrod, R. (1997a). Advancing the art of simulation in the social sciences. En Conte, R., Hegselman, R., y Terna, P., editores, *Simulating Social Phenomena*, pp. 21–40. Berlin: Springer.
- Axelrod, R. (1997b). The dissemination of culture: A model with local convergence and global polarization. *The Journal of Conflict Resolution*, 41(2):203–226. doi:10.1177/0022002797041002001.

- Axelrod, R. (2004). La complejidad de la cooperación. modelos de cooperación y colaboración basados en agentes. *Fondo Cultura Económica*, p. 275. Disponible en <http://p3.usal.edu.ar/index.php/miriada/article/download/31/71>.
- Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory*. New York: George Braziller.
- Blanco, C. (2011). Diversidad cultural y probabilidad diferenciada de interacción comunicativa. Tesis de Máster, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Sociales.
- Borrill, P. y Tesfatsion, L. (2011). Agent-based modeling: The right mathematics for the social sciences. W., (Eds.). *Elgar Recent Economic Methodology Companion, Northampton*, pp. 228–258. Disponible en <http://philpapers.org/archive/BORACE.pdf>.
- Boudon, R. (2006). Homo sociologicus: Neither a rational nor an irrational idiot. *PAPERS Revista de Sociologia*, 80:149–169. Disponible en <http://papers.uab.cat/article/view/v80-boudon/pdf-en>.
- Boudon, R. (2010). Homo sociologicus: Neither a rational nor an irrational idiot. En Noguera, J. A., (Ed.), *Teoría sociológica analítica*, capítulo 7, pp. 173–190. Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS), Madrid.
- Bravo, V. (2003). Propuesta de un sistema de gestión de servicios multiagentes para el sedia. Tesis de Máster, Mérida: Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Postgrado de Computación.
- Bruce, S. y Yearley, S. (2006). *The Sage Dictionary of Sociology*. London: SAGE Publications Ltd.
- Bur, R. y Nine, L. (2003). *Psicología Para Principiantes*. Buenos Aires, Argentina: Era Naciente SRL, primera edición.
- Burmeister, B., Haddadi, A., y G., M. (1997). Application of multi-agent systems in traffic and transportation. *Software ingeneering IEE Proceedings*, 114(1):51–60.

- Castelló, L. y Eguiluz, S. (2007). *The fate of bilingualism in a model of language competition, Advancing Social Simulation: The First World Congress*. Springer Verlag.
- Cederman, L. (2003). Modeling the size of wars. *American Political Science*, 97(1):135–150. Disponible en https://www.jstor.org/stable/3118226?seq=1#page_scan_tab_contents.
- Cederman, L., Haddadi, A., y G., M. (2003). Endogenizing geopolitical boundaries with agent-based modeling, proceedings of the national academy of sciences. *Software ingeneering IEE Proceedings*, 1.
- Chin, K., Gan, K., Alfred, R., Anthony, P., y Lukose, D. (2014). Agent architecture: An overview. *Transactions on Science and Technology*, 1(1):18–35. Disponible en http://transectscience.org/pdfs/vol1n1/1118_35.pdf.
- Cicerón, M. (45 a.C.). De fato. En Ferrater, J., (Ed.), *Diccionario de Filosofía*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- Cooley, C. (1909). Primary groups. En Black, A. y W., P., editores, *Social Organization*, capítulo 3, pp. 23–31. New York: Charles Scribner's Sons.
- Durkheim, E. (1893). *La división del trabajo social* (Carlos G. Posada, 1985, trad.). Buenos Aires: Planeta-Agostini.
- Durkheim, E. (1895). Las reglas del método sociológico. (antonio ferrer y robert, trad.). En Akal, R., (Ed.), *Encuadernación en tapa blanda de editorial ilustrada*, 71, p. 156.
- Durkheim, E. (1897). El suicidio, trad. por lucila gibaja, buenos aires, ed. schapire. *PAPERS Revista de Sociologia*, 57:39–72. Disponible en <https://ddd.uab.cat/pub/papers/02102862n57/02102862n57p39.pdf>.
- Durkheim, E. (1924a). Determinación del hecho moral. En Pérez, J. L. M., (Ed.), *Sociología y Filosofía* (José María Bolaño, trad.), capítulo 2, pp. 36–50. COMARES S.L., Granada.
- Durkheim, E. (1924b). *Suciologíe el philosophie*. París: C. Bouglé.

- EL Hadouaj, S., Drogoul, A., y Espié, S. (2001). How to combine reactivity and anticipation: The case of conflicts resolution in a simulated road traffic. En Moss, S. y Davidsson, P., editores, *Multi Agent Based simulation*. Berlin.
- Epstein, J. (2013). *Agent-Zero: Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science*. Nueva Jersey: Princeton University Press.
- Epstein, J. y Axtell, R. (1996). *Growing Artificial Societies: Social Science From the Bottom Up*. Washington D.C.: The Brookings Institution.
- Ferrater, J. (1994). *Diccionario de Filosofía*, volumen 3. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- García, R. (2000). *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de los sistemas complejos*. Barcelona: Gedisa.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.
- García-Valdecasas Medina, J. (2011). La simulación basada en agentes: Una nueva forma de explorar los fenómenos sociales. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, (136):91–110. doi:10.5477/cis/reis.136.91.
- García-Valdecasas Medina, J. (2014). Explicación, mecanismo y simulación: otra manera de hacer sociología. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales.*, 0(28):35–58. Disponible en <http://revistas.uned.es/index.php/empiria/article/view/12120>.
- Gilbert, N. (2002). Varieties of emergence. En Macal, C. y Sallach, D., editores, *Social Agents: Ecology, Exchange, and Evolution. Agent 2002 Conference*, pp. 41–50. Chicago: University of Chicago and Argonne National Laboratory.
- Gilbert, N. (2004). *Agent-based social simulation: Dealing with complexity*. Centre for Research on Social Simulation, University of Surrey.
- Gilbert, N. (2008). *Agent-Based Models*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

- Gilbert, N. y Terna, P. (2000). How to build and use agent-based models in social science. *Software ingeneering IEE Proceedings*, 1(1):57–72.
- Gilbert, N. y Troitzsch, K. (2005). *Simulation for the Social Scientist*. New York: Open University Press, segunda edición.
- Graham, J., Haidt, J., Koleva, S., y Motyl, M. (2012). Moral foundations theory: The pragmatic validity of moral pluralism. Disponible en <https://ssrn.com/abstract=2184440>.
- Hedstrom, P. (2010). La explicación del cambio social: Un enfoque analítico. En Noguera, J. A., (Ed.), *Teoría sociológica analítica*, capítulo 9, pp. 173–190. Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS), Madrid.
- Holland, J. (1998). *Emergence. From chaos to order*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Hume, D. (1739). *A Treatise of Human Nature*. Oxford: Clarendon Press, 1896 edición. Disponible en <https://people.rit.edu/wlrgsh/HumeTreatise.pdf>.
- Izquierdo, L., Galán, J., Santos, J., y Del Olmo, R. (2008). Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales.*, (16):85–112. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=297124024004>.
- Jori3n, P. (2006). Adam smith’sinvisiblehand revisited: An agent-based simulation of the new york stock exchange. In *Proceedings of the First World Congress on Social Simulation. Kyoto, August 2006*. Berlin: Springer Verlag, pp. 247–254.
- Kaelbling, L. P. (1991). A situated-automata approach to the design of embedded agents. *SIGART Bulletin*, 2(4):85–88. Disponible en <http://www.cs.tufts.edu/comp/150BBR/papers/p85-kaelbling.pdf>.
- Kant, I. (1785). *Fundamentación de la metafísica de las costumbres* (Manuel García Morente, trad.). Obra original publicada en 1785.
- Lafforgue, M. E. (2013). *Sociología Para Principiantes*. Buenos Aires, Argentina: ERREPAR ERA NACIENTE SRL.

- Laver, M. y Sergenti, E. (2011). *Party Competition: An Agent-Based Model*. Nueva Jersey: Princeton University Press.
- Lustick, I. (2000). Agent-based modelling of collective identity: testing constructivist theory. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 3(1):135–150. Disponible en <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/3/1/1.htm>.
- López, A., Hernández, C., y J, P. (2002). Towards a new experimental socio-economics. complex behaviour in bargaining. *Journal of Socioeconomics*, 31:423–429. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=297125205006>.
- Maes, P. (1991). The agent network architecture (ana). *SIGART Bulletin*, 2(4):115–120. Disponible en <http://thirdworld.nl/the-agent-network-architecture-ana>.
- Nelson, M., Burkhart, R., Langton, C., y Askenazi, M. (1996). *The Swarm Simulation System: A Toolkit for Building Multi-Agent Simulations*. Centre for Research on Social Simulation, University of Surrey.
- North, M., Collier, N., y Vos, J. (2006). Experiences creating three implementations of the repast agent modeling toolkit. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, 16(1):1–25. doi:10.1145/1122012.1122013.
- Park, R. (1921). Sociology and the social sciences the group concept and social research. *The University of Chicago Press*, 27(2):169–183. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/2764822>.
- Railsbacka, S., Ayllónb, D., Bergerc, U., Grimmb, V., Lytinend, S., Shepparde, C., y Thielef, J. (2017). Improving execution speed of models implemented in netlogo. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 20(1). doi:10.18564/jasss.3282.
- Rescorla, R. A. y Wagner, A. R. (1972). A theory of pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. En Black, A. y W., P., editores, *Classical conditioning II: Current research and theory*, capítulo 3. New York: Appleton-Century-Crofts.

- Rodríguez, L. y Pascal, R. (2015). Modelos basados en agentes: aportes epistemológicos y teóricos para la investigación social. *Revista mexicana de ciencias políticas y sociales*, 60(225):227–261. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-19182015000300227&nrm=iso.
- Schelling, T. (1971). Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Sociology*, 1:143–186. doi:10.1080/0022250X.1971.9989794.
- Simon, H. (1955). A behavioral model of rational choice. *The Quarterly Journal of Economics*, 69(1):99–118. Disponible en <http://www.math.mcgill.ca/vetta/CS764.dir/bounded.pdf>.
- Simon, H. (1973). *Las ciencias de lo artificial*. Barcelona, A.T.E.
- Squazzoni, F. (2008). The micro-macro link in social simulation. *Sociologica*. doi:10.2383/26578.
- Van Dam, K., Nikolic, I., y Lukszo, Z. (2012). *Agent-based modelling of socio-technical systems*, volumen 9. Netherlands: Springer. Disponible en <http://www.springer.com/us/book/9789400749320>.
- Vicsek, T. (2002). Complexity: The bigger picture. *Nature*, 418(6894):131–131. doi:10.1038/418131a.
- Weaver, W. (1948). “science and complexity” en american scientist. *PAPERS Revista de Sociologia*, 36:536–544. Disponible en <http://people.physics.anu.edu.au/~tas110/Teaching/Lectures/L1/Material/WEAVER1947.pdf>.
- Wilensky, U. (1999). Netlogo. Disponible en <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Accedido el 22-05-2015.
- Wooldridge, M. (2009). *An Introduction to MultiAgent Systems*. John Wiley and Sons, 2nd edición. Disponible en <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=ea8d1adcc50dd5c0a3f8cbc54617c1a9>.

- Wooldridge, M. y Jennings, N. (1995). Intelligent agents: theory and practice. En Gilbert, N. y Troitzsch, K., editores, *Simulation for the Social Scientist*, p. 173. New York: Open University Press.
- Ygge y Akkermans (1995). Power load management as a computational market. In *Proceedings of the first international conference on multi-agent systems*.

www.bdigital.ula.ve