



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIRECCIÓN DE CENTROS REGIONALES UNIVERSITARIOS

DOCTORADO EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL

REGIONAL

**AUTOORGANIZACIÓN Y APROPIACIÓN DEL ESPACIO URBANO
CON AGRICULTURA USANDO MODELOS DE
SIMULACIÓN BASADOS EN AGENTES**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL

P R E S E N T A

ÁLVARO VÉLEZ TORRES

**BAJO LA SUPERVISIÓN DEL
DR. RICARDO DAVID VALDEZ CEPEDA**

AGOSTO 2020

Chapingo, Estado De México



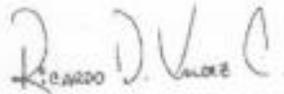
APROBADA



AUTOORGANIZACIÓN EN LA APROPIACIÓN DEL ESPACIO URBANO CON AGRICULTURA USANDO MODELOS DE SIMULACIÓN BASADOS EN AGENTES

Tesis realizada por **ÁLVARO VÉLEZ TORRES**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL



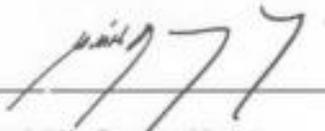
DIRECTOR: _____

Dr. Ricardo David Valdez Cepeda



ASESOR: _____

Dr. Irineo Lorenzo López Cruz



ASESOR: _____

Dr. César Adrián Ramírez Miranda



LECTOR EXTERNO: _____

Dr. Roberto Rendón Medel

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
DATOS BIOGRÁFICOS	v
RESUMEN GENERAL	vi
GENERAL ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE IMAGENES	x
ÍNDICE DE CUADROS	xi
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO 1. APROPIACIÓN DEL ESPACIO EN EL CONTEXTO URBANO UNA CONFRONTACIÓN EMPÍRICA	9
CAPÍTULO 2. MODELACIÓN Y SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES EN CIENCIA SOCIALES: UNA APROXIMACIÓN AL ESTADO DEL ARTE	34
CAPÍTULO 3. APROPIACIÓN DEL ESPACIO CON AGRICULTURA: UN ESTUDIO DE APRENDIZAJE ASOCIATIVO MEDIANTE UN MODELO DE SIMULACIÓN BASADO EN AGENTES	65
CAPÍTULO 4. MODELO DE SIMULACIÓN BASADO EN AGENTES EN LA APROPIACIÓN DEL ESPACIO EN UN HUERTO ESCOLAR	97
CAPÍTULO 5. APROPIACIÓN AUTOORGANIZADA DEL ESPACIO URBANO CON AGRICULTURA: ESTUDIO USANDO UN MODELO BASADO EN AGENTES	125
CAPÍTULO 6. RESULTADOS GENERALES	155
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES GENERALES	159
BIBLIOGRAFÍA GENERAL CONSULTADA	162

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me ha permitido sufragar estos trabajos de investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Nombre: Álvaro Vélez Torres

Fecha de Nacimiento: 19 / 02 /1983

Lugar de Nacimiento: León, Guanajuato, México

No. Cartilla Militar: Cartilla Militar: C-6679205

CURP: VETA830219HGTLRL04

Profesión: Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

Cédula Profesional: 7734469

Desarrollo Académico

Álvaro es Maestro en Ciencias del Desarrollo Rural Regional por el Centro Regional Universitario Centro Occidente de la Universidad Autónoma Chapingo. Por otro lado, en 2014 Álvaro realizó una estancia de investigación en el Olds Collage Centre for Innovation en Alberta, Canadá dentro del programa Emerging Leaders in the Americas Program. En dicha estancia, condujo un proyecto de investigación sobre uso de quitosan en el tratamiento de suero de leche para riego agrícola. Además, colaboró en el programa de biodiesel de dicho centro. Posteriormente, en 2018 realizó una estancia de investigación en el Laboratorio de Dinámicas Socio Históricas de la Universidad Autónoma de Barcelona. Por otra parte, Álvaro ha sido voluntario de 2017 hasta antes de la contingencia sanitaria por COVID-19 en la Escuela Primaria Urbana No. 23 Ford 1 del municipio de León, Guanajuato. Dicho voluntariado ha consistido en trabajar procesos de autoorganización y apropiación del espacio escolar con huertos escolares. En este sentido, se ha trabajado con niños de 1° hasta 6°. Cabe mencionar que dicha escuela ganó el octavo lugar en el ámbito municipal y segundo lugar en el ámbito estatal por dicho proyecto.

Actualmente, Álvaro conduce tres proyectos de investigación. El primero sobre cultivo de tilapia en agua tratada, el segundo aborda la producción agroecológica de jitomate y cultivos básicos con agua tratada y el tercero estudia la apropiación del espacio con agricultura usando modelos basados en agentes, todos en una planta de tratamientos del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León ubicada en la colonia Las Joyas.

RESUMEN GENERAL

AUTO ORGANIZACIÓN EN LA APROPIACIÓN DEL ESPACIO CON AGRICULTURA EN UN CONTEXTO URBANO USANDO MODELOS DE SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES

La apropiación del espacio hace referencia a la acción de manipular el espacio del que no se tiene propiedad legal. Dicha apropiación, suscita fenómenos emergentes de autoorganización social capaces de crear patrones rastreables en el espacio. No obstante, la búsqueda de dichas regularidades o patrones escapan al pleno alcance de los métodos inductivos o deductivos debido a la complejidad de dichos fenómenos. Sin embargo, un enfoque metodológico basado en agentes mediante simulaciones computacionales y trabajo de campo permitió generar mecanismos para estudiar la emergencia de dichos procesos. En este documento, hemos empleado dicho enfoque metodológico en el estudio de la apropiación del espacio con agricultura en un área de donación y en una escuela primaria. En el primer contexto, hemos identificado que cuando las personas perciben el espacio como ajeno no lo cuidan y lo apropian con basura. Sin embargo, mediante un mecanismo de aprendizaje condicionado hemos logrado que los vecinos perciban el área de donación como propia. En el segundo caso, la autoorganización ha permitido que los niños se apropien del espacio, que resuelvan conflictos emergentes por acceso al espacio y ha permitido la cooperación para repartir la cosecha. Además, los resultados simulados y medidos en campo muestran que el número de alumnos que apropian el espacio se mantiene constante al variar el porcentaje de acceso al espacio. Es decir, que solo un grupo de niños cuida y mantiene el huerto independientemente de la superficie del huerto.

Palabras claves: aprendizaje asociativo, neurociencias, circuito de recompensa, autosuficiencia alimentaria y convivencia social.

Tesis de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Rural Regional. Centros Regionales Universitarios.
Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Álvaro Vélez Torres.

Director de la Tesis: Ricardo David Valdez Cepeda.

GENERAL ABSTRACT

SELF ORGANIZATION IN THE APPROPRIATION OF SPACE WITH AGRICULTURE IN AN URBAN CONTEXT USING AGENT-BASED SIMULATION MODELS

The appropriation of space refers to the action of manipulating the space of which there is no legal property. Such appropriation stirs up emerging phenomena of social self-organization capable of creating traceable patterns in space. However, the search for such regularities or patterns is beyond the reach of inductive or deductive methods due to the complexity of said phenomena. However, an agent-based methodological approach allows, through computational simulations and field work, to generate mechanisms that allow studying the emergence of these processes. In this document, we have used this methodological approach in the study of the appropriation of space with agriculture in a donation area and in an elementary school. In the first context, we have identified that when people perceive space as foreign, they do not take care of it and appropriate it with garbage. However, through a conditioned learning mechanism we have managed to make the neighbors perceive the donation area as their own. In the second case, self-organization has allowed children to appropriate the space, resolve emerging conflicts over access to space, and has allowed cooperation to distribute the harvest. Furthermore, the simulated and measured results in the field show that the number of students who appropriate the space remains constant as the percentage of access to the space varies. That is, only a group of children cares for and maintains the garden regardless of the surface of the garden.

Key words: associative learning, neuroscience, reward circuit, food self-sufficiency and social coexistence.

Thesis of Doctorado en Ciencias en Desarrollo Rural Regional. Centros Regionales Universitarios. Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Álvaro Vélez Torres.

Advisor: Ricardo David Valdez Cepeda.

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1. Tendencias de la población rural y urbana en América Latina de 1950 a 2050	14
FIGURA 2. Urbanization and Per Capita GDP across Countries	15
FIGURA 3. La entidad creada en la interacción del espacio y tiempo, contenido y representación	18

CAPÍTULO 2

FIGURA 1. Desarrollo del enfoque contemporáneo de la simulación en ciencias sociales	48
FIGURA 2. La lógica de la simulación como método	49
FIGURA 3. Procedimiento de validación empírica	55

CAPÍTULO 3

FIGURA 1. Lona colocada para informar a los vecinos de la colonia.....	78
FIGURA 2. Apropiación del espacio ajeno urbano con basura	78
FIGURA 3. En la parte superior derecha podemos observar el contenedor para reciclar agua	79
FIGURA 4. Apropiación del espacio por guardias de seguridad	79
FIGURA 5. Planta de calabaza trasplantada por vecino de la casa de barda color verde	80
FIGURA 6. Cosecha.....	80
FIGURA 7. Actividades del mes de diciembre 2017.....	81
FIGURA 8. Mantenimiento de árboles y control de plantas.....	81
FIGURA 9. Excavado de cepas para árboles.....	82
FIGURA 10. Huerto implementado por niños	83
FIGURA 11. En el centro de la imagen se puede apreciar una portería destruida	83
FIGURA 12. Lado derecho de la imagen parcela apropiada por vecino	84
FIGURA 13. Interfase Netlogo.....	85
FIGURA 14. Simulaciones.....	86
FIGURA 15. Curva de aprendizaje	87

CAPÍTULO 4

FIGURA 1. De izquierda a derecha, jardinera equipo A, jardinera equipo C y jardinera equipo.....	104
FIGURA 2. Invernadero rustico proporcionado a los alumnos	106
FIGURA 3. Cronograma de actividades	107
FIGURA 4. Porcentaje de resolución de conflictos con el cronograma	108
FIGURA 5. Emergencia de auto organización.....	108
FIGURA 6. Proceso de tapado del invernadero	109
FIGURA 7. Siembra y trasplante	110
FIGURA 8. El 86 por ciento de los alumnos respondió que el cronograma no redujo los conflictos	111
FIGURA 10. Modelo apropiación del espacio, interface Netlogo.....	113
FIGURA 11. Comportamiento de las curvas de apropiación del espacio simuladas	114
FIGURA 12. Resultados promedio de agentes que se apropiaron del espacio con diferentes probabilidades de apropiación	115

CAPÍTULO 5

FIGURA 1. Localización de área de estudio	135
FIGURA. 2 Patrones de apropiación del espacio	137
FIGURA 3. Alimentos producidos.....	140
FIGURA 4. Valores mínimos en motivación y tasa de aprendizaje	142
FIGURA 5. Valores máximos en motivación y tasa de aprendizaje	143
FIGURA 6. Curva de motivación, complejidad y cambio de uso de suelo....	144

ÍNDICE DE IMAGENES

CAPÍTULO 1

IMAGEN 1. Apropiación del espacio ajeno urbano con basura.....	26
IMAGEN 2. Autoorganización social para la apropiación del espacio	26
IMAGEN 3. Desarrollo de la apropiación del espacio de un área de donación con agricultura de Noviembre 2016- Noviembre 2017 (De izquierda a derecha)	27
IMAGEN 4. Apropiación del espacio con una planta de calabaza.....	27
IMAGEN 5. Apropiación del espacio escolar con agricultura	28
IMAGEN 6. Auto-organización para cuidar el huerto.....	38
IMAGEN 7. Invernadero	29

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO 2

CUADRO 1. Protocolo ODD..... 58

CAPÍTULO 3

CUADRO 1. Frecuencia de agentes apropiadores..... 85

CUADRO 2. Modelo de Rescorla-Wagner (1972)..... 86

CAPÍTULO 4

CUADRO 1. Porcentaje de agentes que se apropiaron del espacio 114

CAPÍTULO 5

CUADRO 1. Resultados de apropiación espacial 138

CUADRO 2. Resultados generales 140

CUADRO 3. Frecuencias de apropiación 141

CUADRO 4. Valores iniciales 144

CUADRO 5. Regresión lineal múltiple 145

INTRODUCCIÓN GENERAL

En este trabajo de investigación se expone el tema de la apropiación del espacio. Por apropiación del espacio entendemos la totalidad de las acciones a las que procedemos para entrar en posesión de nuestro entorno, en el sentido de su transformación para un cierto fin (Noschis et al, 1973). Aunque el concepto de apropiación del espacio contempla la totalidad de las acciones para entrar en posesión de nuestro entorno en esta investigación nos concentramos en una de sus modalidades que se refiere al espacio del que no se tiene propiedad legal, como sugiere Pol (1996).

Por otro lado, la apropiación puede ser entendida como las acciones que transforman y asignan significado a un lugar (Pol, 1996). En este sentido, la apropiación hace devenir espacios en lugares significativos para el sujeto o el colectivo, pero el significado atribuido al espacio surge del conjunto de *interacciones entre el sujeto y el espacio* (Pol, 1996). Sin embargo, las interacciones que podemos llevar a cabo en el contexto urbano actual están caracterizadas por un marcado sentido impersonal. Esto es debido, principalmente, a que la planeación del espacio construido está subordinada a la competencia, al lucro, al dominio del dinero y a la especulación. De tal manera, la planeación del espacio llega a convertirse en un juego de conflictos sociales (Chombart, 1976).

Como consecuencias de tal planeación, los ciudadanos no pueden manipular el espacio en el que habitan, lo cual repercute en una pérdida del sentido de apropiación del espacio en las ciudades (Chombart, 1976). Como resultado, la apropiación impersonal de las ciudades genera que las personas perciban el espacio como algo ajeno. Lo cual a su vez genera patrones nocivos de apropiación espacial.

Por ejemplo, en colonias con problemas de inseguridad y violencia¹ las áreas verdes o áreas de donación son vandalizadas y usadas para tirar basura. Además, las personas que habitan en dichos contextos son indiferentes ante tales escenarios. Dicha indiferencia, por un lado se justifica por el miedo a confrontaciones violentas con las personas que contaminan y vandalizan. Por otro lado, las personas no perciben dichas áreas como propias. En cambio, perciben que dichas áreas son propiedad del Municipio y en consecuencia el Ayuntamiento debe conservarlas en buen estado. Con base en dicha problemática, consideramos que si cambiamos la forma en que las personas perciben el espacio podemos modificar los patrones negativos de apropiación espacial. En este sentido, es importante señalar que la apropiación del espacio es el resultado de procesos de interacción múltiples entre las personas y su entorno. En cuyo caso, las interacciones obedecen a procesos complejos. Lo cual representa un desafío metodológico *de cómo* podemos abordar dichas interacciones sin destruir la complejidad².

En este sentido, en el terreno del modelado basado en agentes, la búsqueda ha sido estudiar la complejidad social a través de buscar ¿cómo emergen patrones macro sociales a partir de comportamientos micro sociales? (Epstein y Axtell, 1996; Epstein, 2007). Por modelo basado en agentes en ciencias sociales entendemos una abstracción que pretende capturar la emergencia³ de un fenómeno. En este cometido, se usa un enfoque metodológico de modelado de abajo hacia arriba o *bottom up* (Epstein y Axtell, 1996; Wilensky y Rand, 2015).

¹ Con base en nuestro estudio de campo, hemos observado que en colonias como Cumbres de la Gloria, Las Hilamas, León II las áreas de donación o áreas verdes lucen deterioradas. Además, son usadas para tirar basura, y en general se perciben como áreas peligrosas.

²Para Cillier (1998) el método analítico de descomponer el todo en sus partes destruye las interacciones entre las partes. Por lo tanto, destruye la complejidad.

³ Por emergencia entendemos un fenómeno que surge en un sistema de las interacciones entre sus partes a un nivel local, además tal emergencia es novedosa (Wolf y Holvoet, 2004). Para Epstein y Axtell (1996), el término “emergente” denota patrones macroscópicos estables surgidos de interacciones locales de agentes (Epstein y Axtell, 1996).

Es decir, se asume que el fenómeno de interés es generado en un sistema por las interacciones entre agentes⁴ autónomos y por las interacciones⁵ con su ambiente. Dichas interacciones, obedecen a reglas simples de decisión sin la intervención de un mecanismo de control central, y como resultado emergen procesos de autoorganización⁶.

En este sentido, tanto la emergencia como la autoorganización son propiedades características de los sistemas complejos⁷ adaptativos⁸. Sin embargo, dichas propiedades son bastante sensibles a las condiciones iniciales, lo que hace imposible su predicción (Mitchell, 2009). No obstante, tales sistemas evolucionan hacia estados estables o patrones (Mitchell, 2009). Dichos patrones son los lugares más probables a los que puede evolucionar un sistema (Kauffman, 1993).

De esta manera, la simulación computacional de modelos basados en agentes en ciencias sociales nos permite explorar diferentes escenarios futuros de un sistema al variar las condiciones iniciales y los parámetros de los modelos. Lo cual permite, hacer analogías entre sistemas reales y sistemas *in silico*. Dicho argumento, se basa en que tanto los agentes artificiales como las personas siguen ciertas reglas simples de decisión enmarcadas por normas o hábitos, así como por el contexto en el que se desarrollan (Macy y Willer, 2002). Además, es importante señalar que tanto personas como agentes tienen cierta autonomía en la toma de decisiones y que aprenden a medida que interactúan entre ellos y su ambiente (Macy y Willer, 2002).

⁴ Para Holland (2005) los agentes pueden representar las entidades de estudio, incluso pueden representar a personas. La característica principal de los agentes es que pueden aprender y adaptarse. Además, a medida que aprenden y se adaptan interactúan entre sí Holland (2005)

⁵ Dichas interacciones son a menudo conflictivas.

⁶ Autoorganización es un proceso dinámico y adaptativo donde el sistema adquiere y mantiene por el mismo una estructura sin control externo (Wolf y Holvoet, 2004).

⁷ Por complejo entendemos las intrincadas relaciones entre componentes de un sistema (Cillier, 1998). De esta manera, las acciones colectivas de los componentes hacen que emerja la complejidad (Mitchell, 2009)

⁸ Por sistema complejo adaptativo entendemos un sistemas compuesto de muchos componentes que se adaptan y aprenden a medida que interactúan entre ellos y con su ambiente (Holland, 2005).

Dichas interacciones, producen patrones globales de comportamiento que no son obvios, ni fáciles de entender debido a su complejidad (Macy y Willer, 2002). Por lo que planteamos las siguientes razones para usar el modelado basado en agentes en el plano de la apropiación del espacio: la complejidad que exhibe dicho proceso, la heterogeneidad de los agentes que participan, el enfoque de abajo hacia arriba (bottom up) y la autonomía en la toma de decisiones. De esta manera, proponemos que si los procesos de apropiación del espacio emergen de las interacciones entre las personas y su ambiente. Además, que dichas interacciones están influenciadas por las normas o hábitos aprendidos por las personas en el pasado. Podemos cambiar los patrones de apropiación del espacio si cambiamos las reglas de decisión que gobiernan dicho fenómeno. Es decir, que podemos cambiar los patrones de la apropiación del espacio en lugares donde dicha práctica genera efectos negativos para las personas y para su ambiente.

Con esto en mente, la presente tesis busca desde distintos ángulos responder la siguiente interrogante ¿qué reglas de decisión son indispensables en la emergencia de procesos de autoorganización en la apropiación del espacio con agricultura en el contexto urbano? Además, que dichas reglas o mecanismos permitan captar la complejidad y la dinámica de los sistemas emergentes. Por otro lado, que dichas reglas o normas permitan que la apropiación del espacio sea una práctica transformadora visible empíricamente en nuevas formas de apropiación del espacio. En consecuencia, nos planteamos el objetivo de estudiar la emergencia de procesos de autoorganización en la apropiación del espacio con agricultura en el contexto urbano mediante un enfoque metodológico de seguimiento en campo. Además, empleamos un enfoque metodológico basado en agentes para estudiar la complejidad de dichos procesos de autoorganización.

Para ello, se recurrió a dos casos de estudio. El primer trabajo, se ubica en un área de donación en la Colonia Lomas de Las Hilamas en el Municipio de León, Guanajuato, México, y se ha llevado a cabo de Noviembre del 2016 hasta antes de la Pandemia por COVID-19. El segundo, se ubica en la Escuela Primaria Urbana No. 23 Ford 1 ubicada en la colonia San Miguel del mismo municipio.

En este caso, los trabajos se han llevado a cabo de enero del 2017 hasta antes de la Pandemia por COVID-19.

El interés en estudiar este tema se apoya en dos problemáticas. La primera, es la evidencia del aumento demográfico y del crecimiento de las ciudades, por ejemplo a nivel mundial se estima que el 54 % de la población mundial habita en las ciudades (ONU-HABITAT, 2016), y para el año 2030 será el 62 por ciento, lo equivaldrá a 5.4 billones de personas (ONU, 2016). Además, la ONU-HÁBITAT (2019) reconoce que la urbanización es una de las tendencias transformadoras del siglo XXI, y entre las consecuencias que ha traído consigo podemos señalar la desigualdad social, la degradación ambiental, los efectos del cambio climático acentuados en las ciudades y la crisis de las ciudades; delincuencia e inseguridad. Debido a lo anterior, la ONU-HÁBITAT en 2015 propuso la Nueva Agenda Urbana (CEPAL, 2016) la cual se plantea entre sus metas promover la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y la seguridad en los asentamientos humanos. Dichas metas, tienen en común que los medios de lograrlas involucran brindar acceso a la **autogestión del espacio** (CEPAL, 2016). Sin embargo, uno de los primeros obstáculos que enfrentamos para alcanzar dichas metas es la falta de acceso al espacio en las ciudades. Con falta de acceso nos referimos a la falta de mecanismos que permitan a las personas apropiarse de los espacios más cercanos a su entorno como el barrio o la colonia.

La segunda problemática, es la evidencia de que en el contexto científico existe un interés por promover estrategias que permitan que los modelos basados en agentes sean replicados, y con ello evaluar su científicidad (Wilensky y Rand, 2007, Donkin et al, 2017). Sin embargo, hay pocos estudios que aborden problemas empíricos. En nuestro caso de estudio, de apropiación del espacio con agricultura en el contexto urbano. Además, es indispensable abordar la influencia de los saberes y prácticas locales en la subjetividad del diseño y la validación de dichos modelos.

En este sentido, como sugiere De Sousa (2011) dichos saberes y prácticas locales posibilitarán escenarios acorde a las condiciones locales. Cabe mencionar, que dichos saberes y prácticas han sido excluidas del tenor científico por considerar que no son replicables o científicas (De Sousa, 2011). De esta manera, para estudiar las problemáticas descritas arriba, implementamos dos enfoques metodológicos. El primero, es un enfoque de seguimiento que ha consistido en apropiarse un espacio con agricultura. Posteriormente, observar los conflictos que emergen entre los agentes participantes y observar los procesos de autoorganización en la resolución de dichos conflictos. El segundo enfoque metodológico es el del modelado basado en agentes propuesto por (Wilensky y Ran, 2015) que en este documento consiste en identificar a los agentes clave, asignar reglas de decisión y establecer restricciones al ambiente. En este último enfoque, hemos usado la plataforma Netlogo versión 6.0.2 para simular el modelo. Además, para complementar este enfoque hemos recurrido al modelado acompañado⁹.

En este caso, ha consistido en preguntar a los informantes clave qué opinan del desempeño de los modelos y de los datos obtenidos a través de la simulación. En este sentido, algunos resultados relevantes de esta investigación son que cuando emergió un proceso de apropiación del espacio con agricultura en el área de donación bajo estudio se fomentó la emergencia de otros dos tipos de apropiación. La primera, apropiación por medio de limpieza y poda de pasto. La segunda, apropiación por medio de plantar árboles. Dichas formas de apropiación han configurado un patrón de apropiación espacial que es observable a nivel área de donación. Además, dichos patrones han emergido de las actividades individuales de tres vecinos de la colonia.

Asimismo, no hay un vecino líder que coordine los trabajos de apropiación. En consecuencia, tales procesos de apropiación espacial son el resultado de procesos de autoorganización.

⁹ Dicho modelado consiste en que los involucrados en el manejo de los recursos naturales diseñen y validen el desempeño del modelo (Torri et al, 2005).

De esta manera, sostenemos que el mecanismo que promueve dicha autoorganización es el aprendizaje asociativo. Dicho mecanismo, ha sido estudiado mediante el modelo de Rescorla-Wagner (1972) y se ha corroborado tanto en el nivel empírico como en el nivel *in silico* la correspondencia de dicho supuesto. Al respecto, los informantes clave confirmaron dicha suposición.

Por otro lado, en el caso de estudio de la escuela primaria los resultados han mostrado que la emergencia de procesos de autoorganización permite que los niños se apropien del espacio por medio del huerto escolar. En este contexto, ellos se autoorganizan asignando tareas y roles de acceso al espacio. Sin embargo, cuando el maestro toma un papel de líder los niños dejan de tomar un rol autónomo y desempeñan un papel de seguidores de órdenes. Además, este último escenario no promueve la apropiación del espacio por parte de los niños porque una vez que la maestra o maestro desisten de sacarlos a cuidar el huerto la apropiación desaparece.

Por el contrario, cuando los alumnos son los agentes encargados del proyecto acuden a cuidar el huerto de forma continua. En este sentido, cabe mencionar que emergen conflictos por el acceso al espacio continuamente y que no siempre la misma cantidad de niños, ni los mismos niños acuden a cuidar el huerto. No obstante, la apropiación permanece de forma dinámica debido a que se puede observar en el entorno escolar bien delimitados los espacios que cada salón cuida con el huerto.

Los resultados de ambos casos de estudio se discuten con más detalle en las secciones siguientes. En este sentido, el presente documento se estructura de la siguiente manera. En el segundo capítulo se describe la pertinencia del estudio de la apropiación del espacio, así como sus implicaciones epistemológicas y metodológicas usando modelos basados en agentes. En el tercer capítulo, se hace un inicial estado del arte en modelación y simulación basada en agentes¹⁰.

¹⁰ Cabe mencionar que este trabajo ha sido aceptado y publicado en la Revista Polis .

Posteriormente, en los capítulos cuatro¹¹ y cinco se plasman los resultados obtenidos medidos y simulados hasta el momento. En el capítulo seis, se plasman los resultados generales de este trabajo de investigación. Por último, el apartado de conclusiones generales. Nos resta mencionar que del capítulo uno al capítulo cinco la estructura de los apartados corresponde al formato en el que fueron enviados a diferentes revistas de investigación científica.

¹¹ Artículo aceptado y en prensa en la revista papers de la Universidad Autónoma de Barcelona

CAPÍTULO 1

APROPIACIÓN DEL ESPACIO EN EL CONTEXTO URBANO UNA CONFRONTACIÓN EMPÍRICA¹²

Álvaro Vélez Torres¹³

Resumen

Apropiar el espacio del que no se tiene propiedad legal implica transformarlo, y al mismo tiempo transformarse a sí mismo. Además, dicho proceso es complejo, dinámico y emergente. En este sentido, conscientes de la problemática actual del crecimiento poblacional, la disminución de la superficie cultivable y la congestión del espacio en las ciudades, especialmente en Latino América nos planteamos estudiar ¿De qué manera el concepto de apropiación del espacio es útil para el estudio de la emergencia de la autoorganización social en la resolución de conflictos desprendidos de la apropiación del espacio con agricultura en un contexto urbano? De esta manera, el concepto de apropiación del espacio debe ser contextualizado dentro del paradigma de la complejidad para dar cuenta de la autoorganización en la resolución de conflictos. El objetivo de este trabajo fue hacer una revisión documental del concepto de apropiación del espacio para estudiar los resultados empíricos de dos casos de estudio de apropiación del espacio con agricultura en un contexto urbano. El método usado fue investigación documental y confrontación de resultados con evidencias empíricas. Los principales resultados son que la emergencia de autoorganización puede propiciar la cooperación y la resolución de conflictos en la apropiación del espacio. Además, que al no existir un control central emergen mecanismos de control espontáneos. A nivel conceptual, reconocemos que el concepto de apropiación del espacio permite ubicar el proceso de apropiación como una transformación del espacio del que no se tiene propiedad legal. Por el contrario, no da cuenta de los conflictos, ni de las contradicciones que emergen de la apropiación del espacio.

Palabras clave: auto-organización social, emergencia y conflicto.

¹² Artículo en revisión en la revista Geografía Agrícola.

¹³ Estudiante de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Rural Regional por la Universidad Autónoma Chapingo.

Abstract

Appropriating the space that does not have legal ownership implies transforming it, and at the same time transforming itself. In addition, this process is complex, dynamic and emerging. In this sense, aware of the current problem of population growth, the decrease in arable land and the congestion of space in cities, especially in Latin America, we consider studying how the concept of appropriation of space is useful for the study of the emergence of social self-organization in the resolution of conflicts detached from the appropriation of space with agriculture in an urban context? In this way, the concept of appropriation of space must be contextualized within the paradigm of complexity to account for self-organization in conflict resolution. The objective of this work was to make a documentary review of the concept of appropriation of space to study the empirical results of two cases of study of appropriation of space with agriculture in an urban context. The method used was documentary research and confrontation of results with empirical evidence. The main results are that the emergence of self-organization can foster cooperation and conflict resolution in the appropriation of space. In addition, since there is no central control, spontaneous control mechanisms emerge. At the conceptual level, we recognize that the concept of appropriation of space allows us to locate the process of appropriation as a transformation of the space of which there is no legal ownership. On the contrary, it does not account for the conflicts, nor for the contradictions that emerge from the appropriation of space.

Keywords: social self-organization, emergency and conflict.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el 54.5 por ciento de su superficie es urbana y alberga a 4 billones de personas (ONU-HABITAT, 2016). Para el año 2050 el 60 por ciento de la población mundial vivirá en ciudades (ONU, 2014), la población prácticamente se duplicará (ONU, 2016) lo que significa que la población mundial será de aproximadamente 9 billones a 11 billones de personas (Mazoyer y Roudma, 2006). Lo que hará de la urbanización una de las tendencias más transformadoras en el siglo XXI [...] ello plantea enormes problemas de sostenibilidad en materia de vivienda, de infraestructura, de servicios básicos, de seguridad de alimentación, de salud, de educación, de empleos decentes, de seguridad y recursos naturales” (ONU, 2016). Dicha problemática, desde la década de los setenta empezó a ser objeto de estudio, el referente obligado es el derecho a la ciudad del sociólogo francés Henri Lefebvre (1901-1991) (Brown y Kristianse, 2009). Para Lefebvre la crisis de la ciudad amenazaba a la sociedad en su conjunto por lo que la toma democrática de la ciudad permitiría superar la crisis de la sociedad capitalista (Costes, 2011).

Lefebvre intuyó que el fenómeno global de la explosión de los centros urbanos y la transformación de las sociedades agrarias conducirían a las masas de proletariados del campo a emigrar a la ciudad en busca de empleo y se convertirán en las razones para la creación y expansión de las áreas infravivienda de los países subdesarrollados (Costes, 2011). Al respecto, haciendo un acercamiento en el caso de Latino América la población urbana actualmente representa casi el 80 por ciento de la población total, y las tendencias indican que la población rural seguirá disminuyendo (ONU, 2016). Lo cual nos lleva a plantear la necesidad inminente de un cambio en la forma en la que se produce el espacio. La propuesta de Lefebvre (2013) es que el espacio deja de ser considerado como absoluto y entra a la escena científica como el resultado histórico de las relaciones sociales imperantes, de esta manera si cambia la forma en la que se produce el espacio cambian también las relaciones sociales. Un aspecto relevante de esta propuesta es que su visión filosófica de la realidad apunta a una realidad

construida entre el sujeto y el objeto de conocimiento. En éste sentido, es importante destacar que un vehículo que facilitó que se instalara en la escena científica el concepto de construcción social del espacio fue que concordaba con el paradigma emergente que desde la década de los cincuenta a sesenta venía tomando forma. Esto es, el paradigma emergente de la complejidad. Después, en la década de los noventa el concepto de apropiación del espacio, desarrollado principalmente en la escuela francesa, se perfila como una alternativa conceptual y teórica para hacer operativa la producción del espacio urbano a través de la apropiación social del espacio. El concepto de apropiación espacial puede ser definido como el conjunto de acciones a las que procedemos para entrar en posesión de nuestro entorno (Noschis y Dosio, 1973). La apropiación de espacio se resume de la siguiente manera a) acción-transformación; las acciones dotan al espacio de significado individual y social, y b) identificación simbólica; las personas y grupos se reconocen en el entorno, y se atribuyen las cualidades del entorno como definitorias de su identidad (Valera, 1997; Valera y Pol 1994 en Tomeu y Pol, 2005). La acción transformación es esencial en la juventud, mientras que en la vejez lo es la identificación simbólica (Tomeu y Pol, 2005).

Sin embargo, la poca gracia de la palabra apropiación, cuyo sentido más habitual aparece asociado a la adquisición indebida de algún bien (Tomeu y Pol, 2005) ha creado una especie de aversión a su uso. La pregunta que busca responder éste trabajo de investigación es ¿De qué manera el concepto de apropiación del espacio es útil en el estudio de la emergencia de la autoorganización social en la resolución de conflictos desprendidos de la apropiación del espacio con agricultura en un contexto urbano? El interés en esta pregunta radica en la importancia de estudiar en que situaciones las personas se autoorganizan en la apropiación del espacio del que no tienen propiedad legal. Porque en el municipio de León, Guanajuato, México hemos observado casos de espacio apropiados por personas que no tienen propiedad legal, y pese a ello lo apropian con árboles, con pasto, con flores, con banquitas, pero en cuanto el municipio modifica ese espacio los vecinos desisten de la apropiación, y dejan de invertir recursos para su mantenimiento. Por el contrario, hemos observado casos en los cuales el

municipio entrega espacios equipados con juegos infantiles, con bancas, con árboles y aparatos para hacer ejercicio y los vecinos del lugar no se apropian del espacio, por el contrario empiezan a ocurrir robos, vandalismo y apropiación del espacio con basura. El argumento que guía éste trabajo es que el concepto de apropiación del espacio debe ser contextualizado dentro del paradigma de la complejidad para dar cuenta de la autoorganización en la resolución de conflictos desprendidos de la apropiación del espacio con agricultura en un contexto urbano. Debido a que nuestro objeto de estudio es complejo, decidimos en primer lugar hacer una revisión bibliográfica de los temas de crecimiento poblacional, congestionamiento del espacio urbano, pérdida del espacio cultivable e implicaciones de la crisis de la modernidad en el ámbito espacial, así como de los conceptos de emergencia y auto organización. Para poder contextualizar el problema de la apropiación del espacio con agricultura dentro de la problemática actual. Posteriormente, estudiamos los resultados empíricos de dos casos de estudio de apropiación del espacio con agricultura¹⁴ en un contexto urbano a la luz del concepto de apropiación del espacio. Para tener evidencia de la pertinencia de incorporar el estudio de procesos de auto organización en la resolución de conflictos, que ha estado ausente en este tema. El método usado fue investigación documental y confrontación de resultados con evidencias empíricas. Los principales resultados son que el concepto de apropiación del espacio permite ubicar el proceso de apropiación como una transformación del espacio del que no se tiene propiedad legal. Por el contrario, no da cuenta de los conflictos, ni las contradicciones que emergen de la apropiación del espacio.

Contextualizando el problema de la apropiación del espacio dentro de la expansión urbana y el crecimiento poblacional

Alrededor del mundo el 54.5 por ciento de su superficie es urbana y alberga a 4 mil millones de personas (ONU-HABITAT, 2016). Además, se espera que para el año 2050 el 60 por ciento de la población mundial vivirá en ciudades (ONU, 2014).

¹⁴ Desde Noviembre del 2016 a la fecha ésta investigación se lleva acabo como parte del trabajo de tesis del Doctorado en Ciencias en Desarrollo Rural Regional por la Universidad Autónoma Chapingo.

Como antecedente a mediados del siglo XX la población rural mundial superaba a la población urbana, ver figura 1. Actualmente, en el caso de Latino América la población urbana representa casi el 80 por ciento de la población total, y las tendencias indican que la población rural seguirá disminuyendo. A nivel mundial para el año 2050 “prácticamente el número de personas se duplicará, lo que hará de la urbanización una de las tendencias más transformadoras en el siglo XXI [...] ello plantea enormes problemas de sostenibilidad en materia de vivienda, infraestructura, servicios básicos, seguridad alimentaria, salud, educación, empleos decentes, seguridad y recursos naturales” (ONU, 2016).

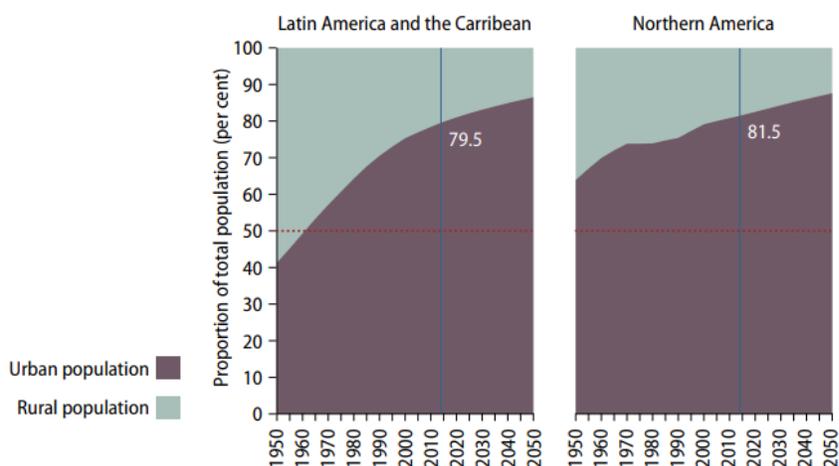


Figura 1. Tendencias de la población rural y urbana en América Latina de 1950 a 2050. Fuente (ONU, 2014).

Hoy día, a pesar de las ventajas comparativas de las ciudades, las áreas urbanas son más desiguales que las áreas rurales, cientos de millones de personas que viven en ciudades¹⁵ son pobres y viven en condiciones deficientes de vida. En algunas ciudades, la no planificada o inadecuado manejo de la expansión urbana conduce a un rápido crecimiento de la contaminación. Además, conduce a una insustentable producción de patrones de consumo (ONU, 2014). Se destaca que la violencia urbana en los países subdesarrollados se ha incrementado en las

¹⁵ Aunque esto no siempre fue así, los procesos históricos de urbanización han sido asociados con beneficios económicos [...] las ciudades han sido importantes agentes para el desarrollo y para reducir la pobreza en las áreas rurales y urbanas, [...] vivir en la ciudad es asociado con mejor nivel de vida, acceso a educación, acceso a servicios sociales (ONU, 2014).

últimas décadas con el crecimiento urbano, y que dicho crecimiento urbano agudiza la pobreza y la polarización social, principalmente en ciudades de América Latina y África (World Bank, 2011). Otro fenómeno asociado a la rápida urbanización del mundo son los asentamientos informales que han llegado a formar parte significativa de la escena urbana en muchas ciudades sub desarrolladas (Tunas, 2008). En este sentido, un argumento que ha guiado la expansión urbana y el crecimiento poblacional en las ciudades ha sido que “la urbanización y el crecimiento van de la mano: ningún país ha alcanzado nunca un ingreso medio sin un aumento significativo de la población en las ciudades. La urbanización es necesaria para sostener (pero no para promover) el crecimiento en países en desarrollo. [...] pero esto implica muchos costos sociales” (Spence et al, 2009). La urbanización es una de las características más claras del desarrollo de la actividad manufacturera y de servicios en los países en desarrollo, pero la discusión sobre la urbanización está extrañamente ausente de los análisis económicos de crecimiento y desarrollo (Spence et al, 2009). La urbanización generalizada es un fenómeno reciente, en 1900 sólo el 15 por ciento de la población mundial vivía en ciudades pero sesenta años después se estimó que la mitad de la población vivía en la ciudad (Spence et al, 2009), ver figura 1. Además, la relación entre la urbanización y los ingresos entre las naciones es sorprendente, ver figura 2.

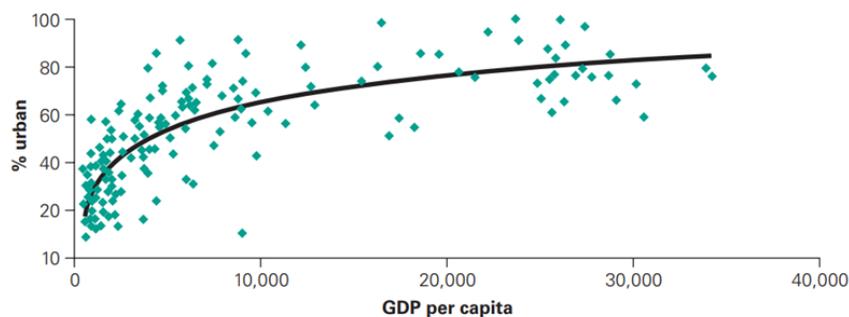


Figura 2. Urbanization and Per Capita GDP across Countries, 2000 (1996 dollars).

Fuente: (Spence, 2009).

Sin embargo, a pesar de esta correlación la urbanización no explica por sí sola el crecimiento económico de las naciones, existen muchos otros factores involucrados por ejemplo, el acceso a los mercados internacionales y el nivel de industrialización. La expansión urbana tampoco asegura las mínimas condiciones económicas de la población ya que 77.2 % de las unidades territoriales urbanas se encuentran dentro del rango alto y muy alto de marginación (Martínez y Montoy, 2009). Contrario a lo que presenciamos, la actividad agrícola ayuda al buen desempeño de otros sectores económicos, por lo que no hay que abandonarla simplemente porque no ha crecido como otros sectores (Spence et al, 2009). Y desde la década de los setenta, dichos fenómenos de urbanización y crecimiento poblacional han llamado la atención sobre el debate académico entorno al concepto de derecho a la ciudad. El primer promotor de esta idea fue el sociólogo francés Henri Lefebvre (1901-1991) (Brown y Kristianse, 2009). Para Lefebvre “la crisis de la ciudad amenaza a la sociedad en su conjunto, la toma democrática de la ciudad permitiría superar la crisis de la sociedad capitalista” (Costes, 2011). Como describió Lefebvre éste fenómeno global de la explosión de los centros urbanos y la transformación de las sociedades agrarias conducirían a las masas de proletariados del campo a emigrar a la ciudad en busca de empleo y se convertirán en las razones para la creación y expansión de las áreas infravivienda de los países subdesarrollados (Costes, 2011). En la literatura occidental, sobre el concepto de espacio se ha observado un fortalecimiento de una perspectiva anti positivista desde 1970 (Faragó, 2016). Para Lefebvre (2013) el concepto de espacio había sido asociado con la noción de un contenedor. El supuesto filosófico de la separación del sujeto cognoscente y del objeto de conocimiento se ha traducido en la ausencia del hombre en el espacio (Lefebvre, 2013). Dicho supuesto filosófico acepta que la realidad existe *per se*, que el humano tiene que descubrir las leyes generales como un simple espectador, los resultados de esta forma de construir la realidad acaban siendo descripciones, inventarios de lo que existe en el espacio o discursos sobre el espacio, pero nunca un conocimiento del espacio (Lefebvre, 2013). Para Massey (2005) el espacio es un producto de relaciones, interacciones de lo inmensamente global a lo íntimamente pequeño, el

espacio es una esfera de posibilidades múltiples y heterogéneas, y por último el espacio, siempre está en construcción. La propuesta de Lefebvre es que el espacio es una construcción social¹⁶ que se lleva a cabo por relaciones sociales. El punto más álgido de la propuesta es que el espacio deja de ser considerado como absoluto¹⁷ y entra a la escena científica como el resultado histórico de las relaciones sociales imperantes. Además, si cambia la forma en la que se produce el espacio cambian también las relaciones sociales. En este sentido, es indispensable considerar que el espacio se nos presenta como una totalidad que ejerce un control global de la sociedad a través de la práctica política, el poder y el Estado (Lefebvre, 2013), sin embargo en una ciudad donde los encuentros con la diferencia exigen heterogeneidad se crea lucha, ya que las personas compiten por la forma de la ciudad, los términos de acceso al ámbito público o el derecho a la ciudadanía (Mitchell 2003 en Brown y Kristianse, 2009). Adicionalmente, debido a que las sociedades humanas en una ciudad se comportan como sistemas complejos, su comportamiento no puede ser explicado por la adición de elementos individuales, además no hay un controlador central que gobierne todas las actividades (Mitchell, 2009). Dicho de otro modo, pese a que el espacio es una totalidad, lo que impera es el conflicto y la diferencia. Otro factor importante para la comprensión del concepto de espacio como construcción social es la idea de espacio y tiempo que juegan un rol importante en el conocimiento del mundo (Faragó, 2016). El espacio y tiempo son un marco, una estructura que permite al sujeto y al objeto de conocimiento que existan simultáneamente, ver figura 3.

¹⁶ El espacio no es humano porque los humanos lo habitemos, sino que la idea del espacio, en sí, es una construcción social, la representación cognitiva del espacio físico es el resultado de una interpretación humana (Faragó, 2016). En consecuencia el espacio y el tiempo no son dos entidades separadas; espacio y tiempo son condiciones para que cualquier cosa exista (Faragó, 2016). El espacio y tiempo son dados a nosotros como una condición histórica de nuestra existencia y como modos de percepción, el espacio no es únicamente una condición de existencia, el espacio siempre tiene una espacialidad, una estructura espacial o un territorio (Faragó, 2016).

¹⁷ Sin embargo, con la llegada de Einstein y las teorías de la relatividad en física, la naturaleza constitutiva y relativa del espacio, el poder constitutivo del espacio llegó a ser más aparente, no más pasivo, no más absoluto (Brett, 2014).

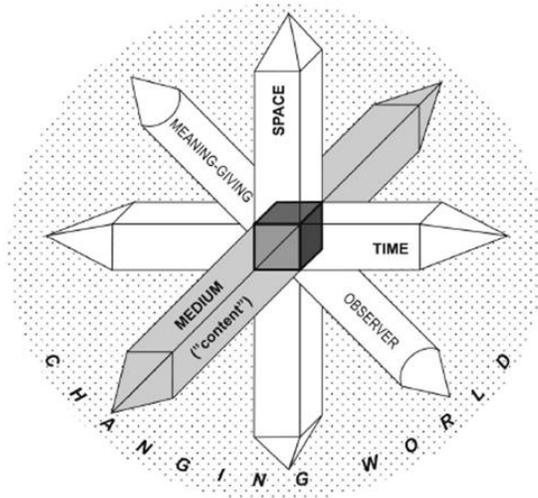


Figura 3. La entidad creada en la interacción del espacio y tiempo, contenido y representación (Fragó, 2016).

Hoy día, se percibe un consenso cada vez más amplio de que los objetos, las personas y los eventos no están ubicados en un espacio abstracto sino que existimos como parte de una red relacional que es el objeto de nuestra interpretación (Fragó, 2016). Dentro de esta red contribuimos a la construcción del espacio tanto epistemológica como ontológicamente (Fragó, 2016). Dicho en otros términos, el espacio es constantemente recreado en la práctica, “cada vez que interpretamos el mundo que nos rodea, tratamos los elementos y procesos particulares por separado o juntos como parte de un sistema dado” (Fragó, 2016). Todo lo que "vemos" como espacio es el resultado de la interacción entre los patrones existentes y nuestra interpretación de ellos (Fragó, 2016), quitamos (ignoramos o no consideramos relevante) algo de la realidad y agregamos nuestro propio punto de vista (Fragó, 2016).

La emergencia social

Para tratar con la dificultad de la complejidad social, una opción ha sido desarrollar modelos simples que reproduzcan comportamientos complejos emergentes. El término emergencia se usa para describir las situaciones en las cuales la interacción de muchos individuos autónomos produce ciertos tipos de coherencia, estas situaciones involucran comportamiento sistémico de múltiples agentes

(Epstein, Axtell, 1996). Nosotros usamos el término “emergente” para denotar patrones macroscópicos estables surgiendo de interacciones locales de agentes, en este enfoque entender como simples reglas locales de decisión hacen surgir estructuras colectivas es el objetivo central de las ciencias de la complejidad (Epstein, Axtell, 1996). El trabajo pionero en ciencias sociales para el estudio de fenómenos complejos usando simulación basada en agentes fue el modelo de segregación de Thomas Schelling (1971). Fue el primero en usar la noción de agentes. Los supuestos del modelo son que los agentes, las personas, son heterogéneos y tienen racionalidad limitada, su comportamiento se basa en reglas sencillas de decisión (v.gr. cooperar/no cooperar), el ambiente y las personas interactúan. Lo que se quiere remarcar con esto es que el espacio –como construcción social- empezaba a ser relevante para la construcción de los modelos basados en agentes, además que la concepción de los modelos basados en agentes reconoce implícitamente que la realidad se construye dinámicamente entre los agentes y su medio.

Autoorganización

Un enfoque para el estudio de la complejidad en sistemas sociales ha sido la autoorganización. La autoorganización rompe con el esquema clásico de las organizaciones sociales¹⁸, principalmente porque la autoorganización emerge en ausencia de un control central y se asume que las relaciones entre los individuos se pueden tornar conflictivas¹⁹. En términos de Asbhy (1962) la organización se

¹⁸ En el enfoque clásico de las organizaciones sociales el trabajo planeado por adelantado específica que hacer y cómo hacerlo (Taylor, 1910). Las organizaciones que son diseñadas y operadas como si fueran maquinas son burocráticas – forma burocrática de la organización Max Weber- (Visitchaichan, 2004). Las organizaciones son instrumentos creados para alcanzar otros fines (Visitchaichan, 2004). Frecuentemente se da por sentado, al menos donde se involucran objetivos económicos, que los grupos de individuos con interés comunes usualmente intentan promover esos intereses comunes (Olson, 2002). Sin embargo, si los miembros de un gran grupo – de personas racionales- buscan maximizar sus intereses personales, ellos no actuarán de antemano para sus objetivos comunes a menos que haya una fuerza coercitiva que los obligue a hacerlo (Olson, 2002). Dentro del modelo de Parson un sistema social consiste en una pluralidad de actores individuales interactuando entre ellos [...] con la tendencia a optimizar su gratificación (Parsons, 1991).

¹⁹ Los principales enfoques sobre el conflicto social que encuentra Lorenzo (2001) son: a) las teorías consensualitas; las organizaciones de cualquier sistema social tiende a la auto - compensación entre los actores y las fuerzas que articulan sus estructuras y su funcionamiento, los conflictos sociales son pues situaciones anómalas, fruto de una alteración en el discurso normal de

describe como la relación entre 2 entidades A y B. La comunicación entre A y B implica restricciones, alguna correlación entre lo que le pasa a A y B, si para un evento dado en A, todos los eventos posibles pueden ocurrirle a B, así la presencia de la organización entre las variables es equivalente a la existencia de una restricción en el producto espacio de posibilidades, la restricción es la correlación entre A y B. El enfoque filosófico que adquiere este supuesto es que la organización son las propiedades que no son intrínsecas a las cosas, pero se relacionan entre las cosas y el observador, en otras palabras la organización depende del observador, dicha organización en el sistema equivale a restricciones (Asbhy, 1962). Por ejemplo en la región (A, B) con la siguiente transformación y estados.

$$w \downarrow \frac{pqrstu v w x y}{q r s q s t t x y y} \quad v \rightarrow t \rightarrow s \rightarrow q \leftarrow p$$

En tales casos la organización depende de las restricciones que dependen del punto de vista que toma el observador (Asbhy, 1962). Para Asbhy (1962) la autoorganización es un sistema que comienza con sus partes separadas (el comportamiento de cada parte es independiente de las demás), y que las partes actúan y cambian juntas formando conexiones de algún tipo.

Contextualizando la apropiación del espacio en la crisis de la modernidad

La crisis de la modernidad en la década de los setenta (Araghi y Mc Michael, 2006), o un fin de ciclo, es un crecimiento de conciencia de simultaneidad y complejidad de lo social, lo histórico, y lo espacial, y su inseparabilidad e interdependencia (Soja, 1996). La epistemología postmoderna cuestiona la modernidad. Cuestiona su tendencia a las meta narrativas, y los discursos totalizantes que limitan el alcance de la formación del conocimiento (Soja, 1996) porque buscan una homogenización que elimina toda diversidad y pluralidad, en consecuencia la postmodernidad se presenta como una reivindicación de lo

la vida social, b) las teorías conflictivas; la sociedad encierra dentro de sí una serie de contradicciones y objetivos colectivos contrapuestos que provocan confrontaciones de interés, por esta razón, el conflicto es inherentes a cualquier dinámica social, es un imperativo estructural y un motor del cambio social.

individual y lo local frente a lo universal (Vázquez, 2011). Se debe aclarar que la postmodernidad no es una etapa que se halla después de la modernidad, como etapa histórica, el post es *espacial* antes que temporal (Vázquez, 2011). Una crítica al fin de los meta relatos es que se reclama la centralidad de un nuevo mega relato “aquel que declara al pequeño relato²⁰”, lo individual, lo local, los estudios de caso (Osorio, 2009). Retomando el tema del espacio, como resultado de la crisis de la modernidad en el ámbito académico la meta es pensar de un modo diferente el espacio debido a que la dimensión espacial nunca había sido tan relevante para nuestras prácticas y nuestras actividades políticas como hoy día (Soja, 1996), cabe preguntarse por las consecuencias, de la gestión del espacio en la sostenibilidad y la participación pública, que pueden derivarse de la apropiación y del apego al entorno público más inmediato como es el barrio (Tomeu et al, 2004). Cada vez estamos más conscientes de que somos, y siempre hemos sido, seres intrínsecamente espaciales, participantes activos en la construcción social de nuestras espacialidades abarcadoras (Soja, 1996). Desde el punto de vista de Vigosky [...] la apropiación es concebida como un mecanismo básico del desarrollo humano, la persona se apropia de la experiencia generalizada, lo que se concreta en los significados de la realidad (Tomeu y Pol, 2005). La apropiación del espacio en psicología ambiental se considera a partir de 1976 con la celebración de una conferencia internacional sobre el tema en la Universidad de Estrasburgo organizada por Perla Korosec-Sefarty (Pol, 1996). “En Marx, el término apropiación tiene dos sentidos básicos: apropiación como posesión de la naturaleza, del producto, por otra parte del ser humano, apropiación como proceso histórico (Pol, 1996).

Apropiación del espacio

El concepto de apropiación espacial puede ser definido como la totalidad de las acciones a las que procedemos para entrar en posesión de nuestro entorno, en el sentido de su transformación para un cierto uso (Noschis et al, 1973). Una forma

²⁰ Así, del sistema mundo capitalista se pasará a hablar de la globalización; de economías centrales e imperiales a una noción de imperio sin centro (Osorio, 2009).

oficial de apropiación espacial en nuestro tipo de sociedad es la propiedad privada. Sin embargo, esta es una legalización del lugar apropiado y no es una forma inherente al concepto de apropiación (Noschis et al, 1973). En otro sentido, la apropiación requiere la existencia de una motivación de los individuos para actuar y transformar el espacio (Noschis et al, 1973). El concepto de apropiación surge en psicología social y en psicología ambiental como diferenciación y matización de otros conceptos cercanos como conducta territorial y apego (Pol, 1996). Por un lado, en una línea angloamericana la psicología ambiental surge por una demanda institucional en la que se percataron que el espacio podía influir negativamente a nivel individual y a nivel social, impera el positivismo con todas sus características epistemológicas y metodológicas (Pol, 1996). Por otro lado en una perspectiva fenomenológica – francófona y germánica- en el contexto de la psicología social fenomenológica y de raíces marxistas y culturales surge la noción de apropiación del espacio (Pol, 1996). El ser humano se apropia de su espacio y lo defiende, el ser humano, como la mayoría de los seres animales marca su territorio, aun cuando sea de forma sofisticada (Pol, 1996). El ser humano precisa de sus referentes estables que le ayuden a orientarse, pero también a preservar su identidad ante sí y ante los demás – apropiación del espacio- (Pol, 1996). Cuando envejecemos, los rasgos psicológicos de las personas se hacen rígidos y se agudizan, se pierde flexibilidad y se genera más resistencia al cambio, debido a esto el espacio no tiene un sentido meramente funcional (Pol, 1996). La apropiación del espacio es el resumen de la vida y las experiencias públicas e íntimas, “la apropiación dinámica del espacio da al sujeto una proyección en el tiempo y garantiza la estabilidad de su propia identidad” (Pol, 1996). Para Lefebvre (1991) la apropiación del espacio es un proceso importante contra la alienación en la vida cotidiana (Pol, 1996). A través de la apropiación del espacio, la persona se hace así misma haciendo uso de las propias acciones en un contexto sociocultural e histórico determinado (Tomeu y Pol, 2005), no obstante nos apropiamos del espacio, pero el espacio también se apropia de nosotros, en este sentido Villela Petit habla del espacio apropiado y espacio apropiante (Pol, 1996).

El proceso de apropiación del espacio es fuertemente influenciado por las significaciones del espacio apropiado, independientemente de su propiedad legal (Tomeu et al, 2004; Tomeu y Pol, 2005). Sin embargo, la poca gracia de la palabra apropiación, cuyo sentido más habitual aparece asociado a la adquisición indebida de algún bien (Tomeu y Pol, 2005) ha creado una especie de rechazo. Algunos parámetros temporales relacionados con la apropiación espacial Barbey (1976 en Pol 1996) son la capacidad de identificación personal con un lugar, la impresión de control ejercida sobre un espacio (sobre el que no se tiene propiedad jurídica), el acuerdo y adhesión con una realidad social o espacial, la adaptación y familiaridad de un lugar. Además el modo de apropiación de cada familia y cada individuo depende de los modelos culturales, roles sociales, formas y estilos de vida.

Desapropiación del espacio

Actualmente, “el individuo o el grupo sienten que el espacio no les pertenece, que es ajeno [...] el sistema social actual, que concentra su poder sobre el espacio en unos pocos, impide sentido de apropiación del espacio por todos. La ciudades cada vez más impersonales, [...] una organización del espacio construido sin ninguna relación con sus propias necesidades y aspiraciones; la rapidez con que se modifica el espacio urbano, obliga a la gente a reorientarse, todo esto se opone a la apropiación del espacio” (Pol, 1996). En este sentido, el declive del espacio público, Bauman (2001) hace notar la desaparición de los espacios públicos tradicionales, espacios de discusión donde se genera el sentido y se negocian los significados, sustituidos por espacios de creación privada destinados a ser objetos de consumo (Tomeu y Pol, 2005). Lo que nos lleva a reflexionar el papel del espacio en la formulación de políticas públicas. De esta manera, la forma en la que se piensa el espacio puede tener implicaciones en la forma en la que se generan ciertas políticas (Massey , 2005), por ejemplo si el espacio se piensa como una mercancía, la política apuntará a la mercantilización, por el contrario si el espacio se piensa como un lugar, la política se orientara a la apropiación del

espacio. Una política del espacio orientada a la apropiación espacial es necesaria para tratar con el fenómeno de la segregación espacial. Sin embargo, el espacio al ser una construcción social puede manifestar lucha y resistencia ante los embates de las fuerzas transformadoras de la ciudad. Esto es, “las personas marginadas reinventan y producen espacio a través de la re-apropiación o re configuración del espacio existente (Nasution, 2015). Las personas marginadas están continuamente reinventando el entendimiento del espacio y del territorio en el dominio público (Nasution, 2015). La resiliencia y la creatividad emergen para modificar cada parte disponible del espacio, el resultado es la apropiación del espacio urbano (Nasution, 2015). Aunque la apropiación es económica, la acción es capaz de generar nuevas actividades económicas en la ciudad. Tal condición desarrolla un intrincado tipo de inteligencia, inteligencia del espacio marginal (Nasution, 2015). A nivel macro en una ciudad, la mercantilización del espacio alienta un desarrollo del suelo denso, completo, compacto y de gran escala, a su vez, la auto-suficiencia de los desarrolladores crean segregación dentro de la ciudad (Nasution, 2015). Así, lentamente una ciudad llega a ser una aglomeración de centros aislados, las segregaciones son peores por la desigualdad de oportunidades entre las diferentes clases sociales (Nasution, 2015). La élite considera a la ciudad como números, asignación de uso de la tierra y retorno de ganancias. Aunque, la élite es un número reducido, aún así, ellos controlan la producción del espacio” (Nasution, 2015). Sumado a la segregación espacial, actualmente presenciamos lo que ha sido denominado por Augé (1995 en Gebauer et al, 2015) como los no lugares. El no lugares se refiere a lugares que facilitan aspectos significativos de la vida moderna, sin embargo en dichos lugares los seres humanos coexisten lado a lado sin interactuar, por ejemplo en una carretera cada usuario de la autopista busca su destino individual, por lo tanto, evitar el contacto entre ellos garantiza la efectividad del lugar (Gebauer et al, 2015). Normalmente, el contacto social en este lugar ocurre principalmente involuntariamente, por ejemplo, como resultado de un accidente” (Gebauer et al, 2015).

MÉTODO

Diseñamos dos casos de estudio, el primero fue en un área de donación en la colonia Lomas de Las Hilamas, en el municipio de León, Guanajuato, México. Debido a que estábamos interesados en estudiar los conflictos emergentes y la forma de solución en ausencia de un mecanismo de control central. Usamos un método de seguimiento, es decir implementamos el huerto, sembramos algunos árboles frutales y esperamos a que emergiera algún proceso de auto organización. En el segundo caso de estudio, en la escuela primaria No. 23 Ford 1. Ubicada en la colonia San Miguel del mismo municipio, implementamos tres huertos, debido a que ese era el espacio disponible. La maestra dividió a los alumnos en tres equipos al azar. De igual manera, en lo que respecta al seguimiento solo se brindó a poyo en la parte técnica de la siembra y de seguimiento, pero lo referente a la organización y a la resolución de conflictos fue dejado a los alumnos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de la revisión bibliográfica anterior tenemos elementos suficientes para entender la pertinencia del estudio de la apropiación del espacio dentro del paradigma de la complejidad. Además, podemos reconocer el papel de la auto organización en el estudio de la apropiación del espacio. De esta manera, pasamos a describir en el primer caso de estudio²¹, el cual se ubica en una área de donación que había sido apropiada con basura, desde hace varios años, eventualmente personal de limpieza municipal limpiaban el área. Al platicar con los vecinos sobre el proyecto de sembrar en el área de donación, algunos comentaron que esa área no era de ellos que era del gobierno, pese a ser el área de donación de la colonia. Sin embargo, al ser un espacio ajeno cualquiera podía tirar basura, ver imagen 1. Al respecto Tomeu y Pol (2005) argumentan que actualmente “el individuo o el grupo sienten que el espacio no les pertenece que es ajeno [...] el

²¹ Investigación realizada dentro del programa doctoral de Ciencias en Desarrollo Rural Regional por la Universidad Autónoma Chapingo de noviembre de 2016 a la fecha. El proyecto es llevado a cabo en una colonia denominada Lomas de Las Hilamas y en una escuela primaria denominada Escuela primaria urbana No. 23 Ford con CCT 11EPER0187W ubicada en la colonia San Miguel ambos localizados en el municipio de León, Guanajuato.

sistema social actual, que concentra su poder sobre el espacio en unos pocos, impide sentido de apropiación del espacio por todos.



Imagen 1. Apropiación del espacio ajeno urbano con basura.

En este caso se sembró frijol, maíz y se plantaron seis árboles frutales. Los vecinos del lugar estuvieron de acuerdo en el proyecto. Sin embargo, no acudieron a la cita para llevar a cabo la siembra. Al principio, el área de siembra no se delimitó, los vecinos preguntaban pero nadie se involucró, pasaron tres meses y emergió un proceso de autoorganización social en la apropiación del espacio.



Imagen 2. Autoorganización social para la apropiación del espacio.

Tres guardias de seguridad, sin que nadie les dijera y sin remuneración económica se autoorganizaron y delimitaron el área sembrada con piedras. Además, recogieron la basura y limpiaron una finca ubicada dentro del área de donación, ver imagen 2. En éste caso fue un fenómeno emergente pero ocurrió sólo una vez porque después de eso los guardias se fueron de la zona, sin embargo dejaron su huella, su marca, en el espacio. En éste caso como señala Pol (1996) la acción de las personas sobre el espacio permite su apropiación, aunque dicha apropiación es dinámica, puede durar poco tiempo o prolongarse.



Imagen 3. Desarrollo de la apropiación del espacio de un área de donación con agricultura de Noviembre 2016- Noviembre 2017 (De izquierda a derecha).

Pese a la poca respuesta de las personas, se mantuvo el huerto y los árboles, de algún modo las personas lo respetaron. Sin embargo, al principio cuando no había muchas plantitas, algunas personas pisaban los surcos y las plantas. No obstante, después de que los guardias delimitaron el espacio con piedras las personas lo respetaron. En misma forma, y como sugiere (Pol, 2002b en Tomeu y Pol, 2005), “la construcción del espacio apropiado facilita comportamientos ecológicamente responsables”, ver imagen 3. Otro hallazgo relevante, es que una familia vecina se apropió de un espacio a través de sembrar una planta de calabaza, al principio delimitó con piedras su espacio, al pasar el tiempo la planta se extendió y abarcó más espacio. La familia cosecha las calabazas y riegan continuamente su planta, ver imagen 4.



Imagen 4. Apropiación del espacio con una planta de calabaza.

En el segundo caso de estudio, se implementaron tres huertos en una escuela primaria. Participaron 34 niños del quinto año. Se sembró, maíz y frijol en jardineras de la escuela que no tenían plantas. Al principio, la maestra los dividió en tres equipos, los integrantes fueron seleccionados al azar. La primera actividad que hicieron los alumnos fue delimitar su espacio, ver imagen 5.



Imagen 5. Apropiación del espacio escolar con agricultura.

En éste caso, la emergencia del conflicto entre los niños fue el rasgo característico en la apropiación del espacio escolar. Al segundo día de la siembra, un equipo de niños, sin que la maestra le dijera que lo hiciera o alguien más ajeno a su equipo, se autoorganizaron para resolver los conflictos que emergieron debido a la repartición de las tareas del cuidado del huerto –regar y cuidar en el recreo el huerto-. En una hoja de papel resolvieron entre ellos mismos los días que cada quién deberían cuidar y regar el huerto. Al preguntarles por qué se habían repartido las tareas, los niños respondieron “es que teníamos muchos problemas, uno no sabía cuando le tocaba regar”, ver imagen 6. Después de que el primer equipo se auto-organizo y formo su cronograma de actividades, los otros dos grupos hicieron lo mismo.

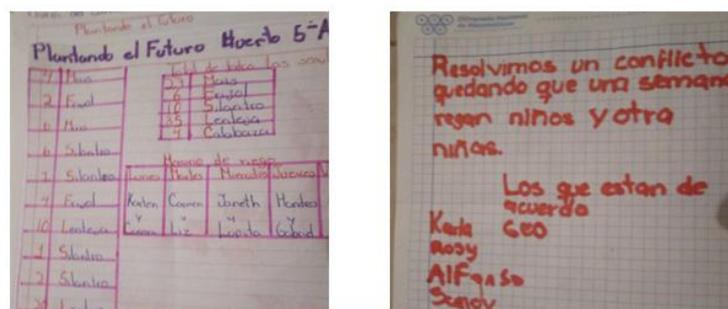


Imagen 6. Auto-organización para cuidar el huerto.

En este caso se pueden apreciar la acción transformación en la apropiación del espacio como sugiere Pol (1996). Los niños mediante la acción transformación del espacio se lo apropiaron. Sin embargo, lo que no explica el concepto de apropiación del espacio es de qué manera la auto-organización emerge para resolver los conflictos de la apropiación del espacio. Posteriormente, en Agosto del

año 2017 los niños pasaron a sexto años, debido a esto cambiaron de maestra. Por lo que no estaba claro si continuarían con el huerto o no. Sin embargo, los alumnos decidieron participar, solo que en esta ocasión lo harían sin apoyo de su maestro en turno, y las actividades las realizarían a la hora de recreo. En este caso, se les proporcionó una estructura para construir un invernadero. Además, ellos tenían que ponerse de acuerdo para comprar el hule y tapar el invernadero. Al principio, la mayoría de los alumnos participaban. Se sembró jitomate, tomate y chile, ver imagen 7. Al transcurrir el tiempo, empezaron a emerger los conflictos, por ejemplo las niñas no dejaban entrar a los niños, su argumento fue que no todos acudían a regar cuando les tocaba. Al final del proyecto, solo un grupo de niñas se ocupó del invernadero.



Imagen 7. Invernadero

Pese a que los niños cambiaron de maestro persistió la apropiación del espacio con agricultura. De igual manera, los niños resolvieron los conflictos autoorganizándose. Aún no es claro algún patrón, pero lo que sí es consistente es que la auto-organización ha sido la forma con la que se han resuelto los conflictos en la apropiación del espacio escolar.

CONCLUSIONES

El concepto de apropiación del espacio permite identificar mediante las acciones-transformaciones la forma en que se da la apropiación del espacio. Sin embargo, es necesario incluir la emergencia del conflicto y las soluciones en ausencia de un control central. Por lo que proponemos usar el concepto de autoorganización. Por otro lado, la autoorganización en la apropiación del espacio no siempre es para resolver conflictos, en algunos casos permite la cooperación. Debido a esto, debe contextualizarse el concepto de la apropiación del espacio dentro del paradigma de la complejidad para poder dar cuenta del fenómeno en su conjunto. Lo que necesariamente implica recurrir a un método que lo permite, en éste sentido la teoría basada en agentes y el método de la simulación computacional basada en agentes son una opción.

BIBLIOGRAFÍA

1. Araghi, F., Mc Michael, P. (2006). "Regresando a lo histórico mundial: una crítica al retroceso posmoderno en los estudios agrarios", en *ALASRU* (3). Pp 1-49.
2. Asbhy, R.W. 1962. Principles of the self organizing system. In *Co Special Double Issue* vol. 6.
3. Brett, M.2014. Space, Territory, Occupy: Towards a Non- Phenomenological Dwelling. *Electronic Thesis and Dissertation Repository*.
4. Bertalanfy, V.L. 1972.The history and status of general systems theory. *Academy of Managment Journal*, vol. 15. No 4.
5. Brown, A., Annali, K. 2009. Urban Policies and the Right to the City. Rights, responsibilities and citizenship. *Management of social transformations. UN-HABITAT*.
6. Costes, L. 2011. Del derecho a la ciudad de Henri Lefebvre a la universalidad de la urbanización moderna. *Urban NS02*.
7. Epstein, J., Robert A.1996. Growing artificial societies. *Social Science from the Bottom up*.

8. Faragó, L. The social (sociological) turn in the discourse about space. Romanian Review of regional studies, Volume XII, number 1, 2016.
9. Gebauer, Miriam., Nielsen, Helle Thorsoe., Schlosser, Jan Todtloff., Sorensen, Bent. 2015. Non-Place. Aalborg Universitet.
10. Laguerre, M.S. 1994. The Informal City. Approach. In: The informal City. Palgrave Macmillan, London.
11. Lefebvre, H. 2013. La producción del espacio. Ed. Capitán Swing. Traducción Emilio Martínez Gutiérrez.
12. Lorenzo, C.P. 2001. Principales teorías sobre el conflicto social. Norba 15. Revista de Historia. Cáceres, 2001:237-254.
13. Martínez, R.S., Rafael M.O. 2009. La expansión urbana sobre el campo mexicano. La otra cara de la crisis agrícola. Revista Estudios agrarios.
14. Massey, D. 2005. For space. SAGE Publications Ltd. Disponible en https://selforganizedseminar.files.wordpress.com/2011/07/massey-for_space.pdf
15. Mazoyer, M., Laurence, R. 2006. A history of world agriculture. ED. EARTHSCAN. London. 520 pp.
16. Mitchell, M. 2009. Complexity a guide tour. Oxford University Press.
17. Nasution, I. 2015. Urban Appropriation: Creativity in Marginalization. Procedia. Social and Behavioral Sciences 184 (2015)4-12.
18. Noschis, K., Maria-José D., Pierre Feddersen, P., Euphrosyne, T. 1978. Ekistics. Vol. 45. No. 273.
19. Olson, M. The Logic of collective action. Public goods and the theory of groups. Harvard University Press. Twentieth printing, 2002.
20. ONU, 2014. United Nations. 2014. World urbanization Prospects. Economic & Social Affairs.
21. ONU, 2016. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III) Nueva agenda urbana.
22. ONU-HABITAT. 2016. Reporte Ciudades del mundo. Urbanización y Desarrollo: futuros emergentes.

23. Osorio, J. 2009. El megarrelato postmoderno. Frontera Norte. Vol. 21, núm 42.
24. Panasuk, R.M., Sumudu, L. 2012. Constructivism: Constructing Meaning or Making sense? International Journal of Humanities and Social Science. Vol 2. No. 20.
25. Parsons, T. 1991. The Social System. Routledge.
26. Pol, E. (1996) La apropiación del espacio. En L. Iñiguez y E. Pol (coord.) Cognición, representación y apropiación del espacio. Barcelona, Publicaciones Universitat de Barcelona, Monografies Psico/Socio/Ambientals n°9.
27. París, D. (2001). Weber: racionalidad y política, disponible en http://148.206.107.15/biblioteca_digital/capitulos/100-2605apc.pdf.
28. Rajaona, M., Nele, S., Folkard, Asch. 2012. Potencial of waste water use for jatropha cultivation in arid environments. Agriculture, 2012, 2, 376-392.
29. Rodríguez-Zoya, L. y Leónidas-Aguirre, J. 2011. Teorías de la complejidad y ciencias sociales. Nueva estrategia epistemológica y metodológica. En Nómadas revista crítica de ciencias sociales y jurídicas 130(2011,2).
30. Schelling, T. 1971. Dynamic models of segregation. Journal of Mathematical Sociology. Vol. 1, pp 143-186.
31. Soja, E.W. 1996. Thirdspace: journeys to Los Angeles and other real-and-imagined places. Cambridge, Mass: Blackwell.
32. Spence, M., Patricia, C.A., Buckley, R.M. Commission on growth and development. 2009. Urbanization and growth. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
33. Taylor, W.F. 1910. The principles of scientific management. Harper & Brothers Publishers New York and London 1919. Disponible en [http://strategy.sjsu.edu/www.stable/pdf/Taylor,%20F.%20W.%20\(1911\).%20New%20York,%20Harper%20&%20Brothers.pdf](http://strategy.sjsu.edu/www.stable/pdf/Taylor,%20F.%20W.%20(1911).%20New%20York,%20Harper%20&%20Brothers.pdf)
34. Tomeu, V.M., Enric, P.U. 2005. La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares.

- Anuario de Psicología. 2005, vol. 36, nº3, 281-297. Universitat de Barcelona.
35. Tomeu, V.M., Enric, P.U., Guàrdia, J., Maribel, P. 2004. Un modelo de apropiación del espacio mediante ecuaciones estructurales. Medio Ambiente y Comportamiento Humano, 2004, 5(1 y 2), 27-52.
 36. Tunas, D. 2008. The Spatial Economy in The Urban Informal Settlement. IFoU.
 37. Vázquez, A. 2011. La posmodernidad. Nuevo régimen de verdad, violencia metafísica y fin de los metarrelatos. Nomadas. Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas I (29).
 38. Valera, S. 1993. El significado social del espacio. Tesis doctoral no publicada.
 39. Visitchaichan, S. 2004. Revisiting Weber's Theory of Bureaucracy and its usefulness for analyzing organizational structures and issues. Disponible en <https://www.tci-thaijo.org/index.php/pajournal/article/.../19842>
 40. Weaver, W. 1948. Science and Complexity. American Scientist, 36:536 (1948)-
 41. World Bank. 2011. Violence in the city. Understanding and supporting community responses to urban violence. The World Bank.

CAPÍTULO 2

MODELACIÓN Y SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES EN CIENCIAS SOCIALES: UNA APROXIMACIÓN AL ESTADO DEL ARTE²²

Álvaro Vélez Torres

Estudiante de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Rural Regional por la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. Email: aibem@hotmail.com.

Resumen

Axelrod (1997) sugiere que la modelación y la simulación con agentes es una tercera vía de hacer ciencia, y su potencial no radica en la predicción, sino en la comprensión de procesos fundamentales de fenómenos complejos. ¿De qué forma la modelación y simulación computacional basada en agentes puede ayudar en ciencias sociales a estudiar fenómenos complejos? El supuesto es que permite estudiar mediante sociedades artificiales la emergencia de fenómenos, y establecer vínculos entre los supuestos teóricos y los hechos empíricos. Además, los modelos basados en agentes permiten estudiar comportamientos emergentes a nivel macro a partir de estudiar comportamientos micro –bottom up-. Al respecto, este documento tiene el objetivo de construir un inicial estado del arte en este tema. Los retos y problemas pendientes se ubican en la validación empírica, en este sentido la estimación estadística y el modelado acompañado son los principales enfoques.

Palabras clave: validación empírica, simulación social, complejidad.

²² Artículo publicado en Polis Latinoamericana DOI: 10.32735/S0718-6568/2019-N53-1392.

Modeling and simulation based on agents in social sciences: an approach to the state of the art

Abstract

Axelrod (1997) suggests that modeling and simulation with agents is a third way of doing science, and its potential lies not in prediction, but in the understanding of fundamental processes of complex phenomena. How can modeling and computer simulation based on agents help in the social sciences to study complex phenomena? The assumption is that it allows to study through artificial societies the emergence of social phenomena, and establish links between theoretical assumptions and empirical facts. In addition, agent-based models allow the study of emerging behaviors at the macro level by studying microbottom up behaviors. Consequently, this document aims to build an initial state of the art on this subject. The challenges and pending problems are located in the empirical validation, in this sense the statistical estimation and the accompanying modeling are the main approaches.

Keywords: empirical validation, social simulation, complexity.

Modelagem e simulação baseada em agentes em ciências sociais: uma abordagem ao estado da arte

Resumo

Axelrod (1997) sugere que modelar e simular com agentes é uma terceira maneira de fazer ciência, e seu potencial não está na previsão, mas na compreensão de processos fundamentais de fenômenos complexos. Como a modelagem e a simulação computacional baseadas em agentes podem ajudar as ciências sociais a estudar fenômenos complexos? O pressuposto é que permite estudar através de sociedades artificiais o surgimento de fenômenos sociais, e estabelecer ligações entre pressupostos teóricos e fatos empíricos. Além disso, modelos baseados em agentes permitem o estudo de comportamentos emergentes em nível macro, estudando os comportamentos de microbiotomia. Conseqüentemente, este documento visa construir um estado inicial da arte sobre este assunto. Os desafios e problemas pendentes estão localizados na validação empírica, neste sentido, a estimação estatística e a modelagem de acompanhamento são as principais abordagens.

Palavras-chave: validação empírica, simulação social, complexidade.

Introducción

¿Cómo existe el orden en un universo regido por el desorden? (Wiener, 1989), ¿Cómo emergen patrones macro sociales a partir de comportamientos micro sociales? (Epstein y Axtell, 1996; Epstein, 2007). La simulación basada en agentes en ciencias sociales ofrece alternativas para hacer frente a estos cuestionamientos. Según Axelrod (1997) la simulación basada en agentes en ciencias sociales es una tercera vía de hacer ciencia. Los componentes básicos de un modelo basado en agentes son un conjunto heterogéneo de agentes, un conjunto de reglas sencillas de decisión y un ambiente en el que interactúan dichos agentes (Epstein, 2007). La modelación y simulación basada en agentes en ciencias sociales es más adecuada para entender procesos esenciales de fenómenos complejos, que para la predicción de fenómenos (Axelrod, 1997). Antecedentes, a partir del siglo XVII la filosofía mecanicista, entre los fundadores destacan Descartes y Newton, concibió que el mundo funcionaba como una gran máquina, cuyas piezas o componentes interactuaban con base en leyes deterministas (Ivarola, 2015). Por lo que bastaba conocer con precisión las condiciones iniciales de un fenómeno, así como las leyes que lo gobiernan para predecir su comportamiento futuro (Wiener, 1989). De esta manera, con el advenimiento del método de Descartes²³ el paradigma dominante de la ciencia²⁴ quedó establecido bajo el paradigma reduccionista. Se dejaron de lado las explicaciones teleológicas de la realidad que entrañaban a la filosofía (Asbhy, 1962), y en su lugar la cuantificación, la medición y la predicción tomaron el lugar central del que hacer científico. Pero es hasta la mitad del siglo XIX que el paradigma reduccionista comenzó a ser fuertemente cuestionado. En letras de Prigogine et al, (1984) “nuestra visión de la naturaleza está experimentando un cambio radical hacia lo múltiple, lo temporal y lo complejo, por largo tiempo una

²³ Discurso del Método, Traducción de García, 2010.

²⁴ La ciencia busca un conocimiento ordenado de la naturaleza, el conocimiento se genera entre las relaciones sujeto - objeto, sin embargo su estudio por separado ha establecido una controversia irreconciliable sobre la percepción de la naturaleza, en éste sentido “*las principales teorías del conocimiento son el idealismo, el empirismo, el realismo, el positivismo, el pragmatismo y el materialismo*” (Cesarman, 1986:35), y cada uno aborda la realidad de diferentes puntos de vista.

visión mecanicista²⁵ del mundo dominó la Western Science”. La forma de estudiar la realidad dio un cambio tan radical como la revolución copernicana. Primero, la realidad dejó de ser independiente del sujeto observador. En palabras de Kosik (2015) la realidad²⁶ es concreta, está conformada por leyes, sin embargo dichas leyes son derivadas de una relación entre la praxis social y el mundo real. Después, los fenómenos de la realidad empezaron a estudiarse como sistemas complejos, y muchos de ellos mostraban comportamientos caóticos²⁷. Como fue señalado por Warrent (1948) el énfasis del avance científico ha sido el estudio de dos variables a la vez, pero los seres humanos son más propensos a fenómenos en los que intervienen un número demasiado grande de variables, además muchas de estas variables no son cuantitativas, consecuentemente el estudio de los fenómenos, en especial los sociales, implican un conjunto complejo organizado de variables (Warrent, 1948). En este sentido, la probabilidad y la estadística han tratado problemas que podemos llamar complejidad desorganizada (Warrent, 1948). Debido a que se puede calcular la correlación entre variables, pero eso no explica el porqué de tales correlaciones. Por otro lado, el enfoque organicista, auxiliado de la teoría general de sistemas, implica tratar simultáneamente con números considerables de factores que están interaccionando en un todo

²⁵ La filosofía mecanicista tiene sus orígenes en el siglo XVII, y ha permanecido como paradigma dominante hasta los albores del siglo XIX. Entre los fundadores encontramos a Descartes, Galileo, Boyle, Newton [...] la concepción del mundo bajo éste paradigma el mundo funcionaba como una gran máquina, cuyas piezas interactuaban sobre las leyes deterministas (Ivarola, 2015).

²⁶ La realidad es concreta; existe. Sin embargo, “ el conjunto de fenómenos que llenan el ambiente cotidiano y la atmósfera común de la vida humana, que con su regularidad, inmediatez y evidencia penetran en la conciencia de los individuos asumiendo un aspecto independiente y natural, forman el mundo de la pseudoconcreción, [...] El pensamiento que destruye la pseudoconcreción para alcanzar lo concreto es un proceso en el curso del cual bajo el mundo de la apariencia se revela el mundo real; tras la apariencia externa del fenómeno se descubre la ley del fenómeno, la esencia, [...] Dicha esencia, sin embargo, no es independiente, sino derivada de un proceso dialéctico entre el hombre – la praxis social- y el mundo real (Kosik, 2015).

²⁷ Edward Lorenz (1969) mientras trabajaba con modelos atmosféricos en un ordenador, realizaba pruebas rutinarias [...] alimentó un modelo construido con la ecuación logística, pero por accidente vario mínimamente las condiciones iniciales del modelo (0,506127 a 0,506) los resultados fueron totalmente diferentes, eran no lineales, aperiódicos [...] por lo que “cualquier sistema físico de comportamiento aperiódico sería impredecible” surgió el caos. Sin embargo, dicho comportamiento caótico presentaba un patrón recurrente organizado alrededor de un atractor (Gleick, 1987).

orgánico, dicho en otras palabras son problemas de una complejidad organizada²⁸ (Warrent, 1948). Sin embargo, el estudio de la complejidad organizada entraña una característica insoslayable. Por un lado, los fenómenos sociales pueden llegar a ser no lineales, impredecibles y evolutivos. Opuesto a lo anterior, los fenómenos pueden presentar patrones de comportamiento. La cibernética ha tratado con estos problemas asumiendo que tanto los seres humanos como las máquinas comparten la peculiaridad de mantener el orden para reducir la entropía (Wiener, 1989) en este proceso el ambiente a través del feedback promueve comportamientos adaptativos y evolutivos (Wiener, 1989). Si bien, no se puede evitar el caos, se puede controlar (Asbhy, 1957; Wiener, 1989; Maturana y Varela, 1994) Pero ¿Los estados de desorden y orden son estados de la realidad descubiertos o inventados? Para Asbhy (1962) y para Foerster (1996) son inventados, apelan a una visión filosófica constructivista de la realidad. De esta manera, el conocimiento de la realidad es un proceso activo entre el hombre y la realidad (Piaget y García, 1982; Glasersfeld, 1974). Regresando al tema central de éste trabajo. La evidencia de que casi cualquier elemento de nuestro ambiente es hecho por el hombre, o ha sido modificado por él, nos revela que la realidad social es cada vez más artificial²⁹ (Simon, 1996). Las leyes que gobiernan los elementos – símbolos- [...] dependen de nuestra actividad colectiva (Simon, 1996). Entonces ¿Cómo estudiar dichas sociedades artificiales? Una respuesta es imitar la realidad –empírica-, en otras palabras haciendo uso de la simulación (Simon, 1996). La simulación computacional es un enfoque metodológico cuando un fenómeno social no es accesible [...] debido a las estructuras complejas el observador no puede claramente dibujar lo que está pasando. La simulación se basa en un modelo construido por investigadores que es más observable que el fenómeno de estudio

²⁸ Pero este nuevo enfoque de asumir la ciencia debe de considerar un uso moral de los descubrimientos científicos. Además, implica el uso del poder sabiamente para mejorar las condiciones de vida en lo individual y colectivo. Este uso del poder debe sacrificar los intereses egoístas a corto plazo – personales o nacionales- con el fin de lograr un mejoramiento para todos (Warrent, 1948).

²⁹ Debemos de tener cuidado de no igualar lo biológico con lo natural. Un bosque puede ser un fenómeno de la naturaleza, pero una granja no (Simon, 1996).

(Nigel y Conte, 1995). En este sentido, las dificultades más abundantes para el estudio de la realidad social han sido la dificultad de llevar a cabo cierto tipo de experimentos controlados, el supuesto clásico del actor racional y la falta de metodologías para sistemas dinámicos en ciencias sociales (Epstein y Axtell, 1996). Es sólo en las década recientes, a partir de 1980, que los avances en la computación han hecho posible la modelación basada en agentes de manera práctica (Epstein y Axtell, 1996). En este enfoque, las estructuras sociales fundamentales y los comportamientos grupales emergen de la interacción de operadores individuales en un ambiente artificial bajo reglas sencillas de decisión – racionalidad limitada- (Epstein y Axtell, 1996). Las sociedades artificiales son vistas como laboratorios, donde crecen ciertas estructuras para descubrir mecanismos locales o micro que son suficientes para generar estructuras macro sociales y comportamientos colectivos de interés (Epstein y Axtell, 1996). A la fecha, uno de los retos de la simulación social basada en agentes es el de la validación empírica de los modelos propuestos, en este sentido las principales propuestas pueden clasificarse en dos enfoques. El primer enfoque, la validación empírica con métodos estadísticos, el segundo enfoque el moldeamiento acompañado que consiste en que los actores involucrados en la construcción del modelo sean los validadores del desempeño. ¿De qué forma la simulación computacional basada en agentes puede ayudar en ciencias sociales a estudiar fenómenos complejos? El supuesto es que la modelación y simulación computacional con agentes permite estudiar mediante sociedades artificiales la emergencia de fenómenos sociales, y establecer vínculos entre los supuestos teóricos y los hechos empíricos. En éste sentido, la validación empírica de un modelo basado en agentes debe incluir a los actores involucrados en el modelo. Estas serán guías para este documento que tiene el objetivo de construir un inicial estado del arte de la simulación basada en agentes en ciencias sociales para identificar los avances relevantes y los problemas aún no resueltos en este campo de investigación incipiente. En la segunda sección se desarrollan las características generales de los modelos basado en agentes, en la tercera sección se hace énfasis en la simulación de modelos basados en agentes, y en la última

se estudia el problema de la validación empírica de los modelos basado en agentes

Modelos en las ciencias sociales

Construir un modelo es una forma de entender el mundo, un modelo es una simplificación menos detallada y menos compleja que la realidad (Nigel y Klaus, 2005). Casi todas las investigaciones en ciencias sociales operan mediante la simplificación de fenómenos, algunas veces dichas representaciones son solamente verbales (Nigel y Terna, 1999). En otros campos, por ejemplo en la economía, las representaciones son mucho más formales y frecuentemente en términos estadísticos o ecuaciones matemáticas (Nigel y Terna, 1999). Pero como señala Nigel y Terna (1999) estas representaciones son más consistentes y generalizables que las descripciones verbales. Sin embargo, los modelos estadísticos y matemáticos tienen algunas desventajas. Primero la gran cantidad de ecuaciones que se requiere para representar un fenómeno real son simplemente muy complicadas para ser analizadas. Esto se debe a que los fenómenos que pretenden ser modelados involucran relaciones no lineales. Así, la ventaja del formalismo matemático se esfuma. Una solución común al problema de la formalización matemática es simplificar los supuestos hasta que las ecuaciones sean tratables y puedan ser resueltas, desafortunadamente esas suposiciones frecuentemente son poco probables y las teorías generadas muy engañosas (Nigel y Terna, 1999). Otra dificultad en las ciencias sociales es llevar a cabo ciertos tipos de experimentos controlados, en particular, probar las hipótesis mediante relacionar el comportamiento individual con el comportamiento macroscópico (Epstein y Axtell, 1996). Finalmente, en las ciencias sociales el uso de la teoría de juegos y la teoría del equilibrio han estado preocupadas por el equilibrio estático, han ignorado esencialmente los tiempos dinámicos, adicionalmente se asume que los individuos son homogéneos y que son racionales; poseen información infinita (Epstein y Axtell, 1996).

Modelos basados en agentes en ciencias sociales

Es sólo en las décadas recientes, que los avances en la computación han hecho posible la modelación basada en agentes de manera práctica (Epstein y Axtell, 1996). Los modelos basados en agentes de procesos sociales asumen que las sociedades son sociedades artificiales, en este enfoque las estructuras sociales fundamentales y los comportamientos grupales emergen de la interacción de operadores individuales en un ambiente artificial bajo reglas de decisión sencillas; los agentes tienen racionalidad limitada (Epstein y Axtell, 1996). Las sociedades artificiales son vistas como laboratorios, donde crecen ciertas estructuras para descubrir mecanismos locales o micro que son suficientes para generar estructuras macro sociales y comportamientos colectivos de interés (Epstein y Axtell, 1996).

Los modelos computacionales basados en agentes permiten distinguir un enfoque de las ciencias sociales para el cual el término generativo³⁰ es adecuado. Al defender esta terminología el modelado basado en agentes se distingue del enfoque inductivo o deductivo (Epstein, 2007), no es inductivo porque el comportamiento de los agentes es aleatorio, no es deductivo porque la construcción del modelo es de abajo hacia arriba –bottom up-. El modelado computacional basado en agentes es una nueva herramienta para investigación empírica que permite someter a prueba teorías, con enfoques interdisciplinarios (Epstein, 2007). Nosotros aplicamos el término modelos “basado en agentes” para referirnos a las técnicas de modelación computacional para el estudio de fenómenos sociales, incluyendo el comercio, la migración, la formación de grupos, la interacción con el ambiente, la transmisión de la cultura, la propagación de enfermedades, y las dinámicas de población (Epstein y Axtell, 1996). Dichos modelos presentan comportamiento evolutivo, y para su estudio se requiere un enfoque trans disciplinar (Epstein y Axtell, 1996). Un modelo basado en agentes

³⁰ Generativo versus inductivo y deductivo. Desde un punto de vista epistemológico, la ciencia social generativa, si bien es empírica, no es inductiva. Su relación con lo deductivo es más sutil. Esta conexión es interesante porque hay una tradición intelectual en la cual. [...] lo generativo implica deducción, pero no al revés (Epstein, 2007).

es una alternativa al pensamiento clásico donde la evolución de los sistemas se describe usando funciones, ecuaciones y algoritmos (Olaru et al, 2009). El modelo computacional basado en agentes – o sociedad artificial- es un nuevo instrumento científico (Epstein, 2007). Trata principalmente de ¿cómo pueden las interacciones locales descentralizadas de agentes heterogéneos y autónomos generar el surgimiento de regularidades a nivel macro? (Epstein, 2007). Las características de los modelos computacionales basados en agentes para Epstein (2007) son:

- a) Heterogeneidad; Las poblaciones de los agentes pueden ser diferentes en innumerables formas- genéticamente, culturalmente, relaciones sociales, por preferencias- dichas diferencias pueden cambiar o adaptarse endógenamente en el tiempo.
- b) Autonomía; No hay un control central sobre el comportamiento en los agentes modelados, o control de arriba hacia abajo- . Por supuesto, pueden haber retroalimentación de estructuras macro a micro estructuras. Además, los agentes están condicionados a normas o instituciones propias del lugar donde nacen. De hecho las estructura macro y micro evolucionan, sin embargo no se especifica una autoridad central o controlador central.
- c) Espacio explícito; todos los eventos ocurren en el espacio específico.
- d) Interacciones locales; típicamente los agentes interactúan con sus vecinos en un espacio definido.
- e) Racionalidad limitada; los agentes no tienen información global, los agentes no tienen poder computacional infinito. Por lo que siguen simples reglas.

De acuerdo con Epstein y Axtell (1996) los componentes de un modelo basado en agentes son:

- a) Agentes; los agentes son personas de la sociedad artificial. Cada agente tiene estados y reglas de comportamiento individual. Algunos estados son arreglados por la vida de los agentes mientras otros cambios ocurren en la interacción con otros agentes o con el medio externo.
- b) El ambiente; la vida en una sociedad artificial se desarrolla en un ambiente de algún tipo. Puede ser un paisaje, o más abstracto como redes. Sin

embargo, el ambiente juega un papel fundamental en el modelo porque los agentes reciben señales del ambiente todo el tiempo, y esto modifica su conducta.

c) Reglas; hay reglas para cada agente y para el ambiente.

De acuerdo a lo anterior, un modelo basado en agentes constituye una sociedad artificial integrada por agentes autónomos, y heterogéneos, que interactúan entre sí y con el ambiente bajo reglas sencillas de decisión (Rodríguez y Pascal, 2015). Además, un modelo basado en agentes es una representación de un sistema original o de referencia que es conceptualizado como un sistema de multi-agentes (Klügl y Bazzan, 2012) donde cada agente evalúa su situación y toma decisiones, además los agentes pueden evolucionar y presentar comportamiento emergente (Bonabeau, 2002). Así, una estructura emergente o comportamiento emergente es generado por interacciones entre entidades locales, a pesar de que dichos comportamientos emergentes sólo son observables a nivel macro (Klügl y Bazzan, 2012). Debido a esto, los modelos basados en agentes encaran la promesa de constituirse en una metodología empíricamente operativa para el estudio de la complejidad social a través del modelado y la simulación computacional en el estudio de la organización y la dinámica de sistemas complejos (Rodríguez y Pascal, 2015).

Emergencia y modelos basados en agentes

Los modelos basados en agentes son especialmente útiles para estudiar la emergencia de fenómenos (Epstein y Axtell, 1996). En las ciencias de la complejidad, podemos llamar la emergencia como una distribución sesgada, un estado macroscópico o patrón de agregados inducido por la interacción de agentes y su ambiente, debido a que estos patrones emergen de abajo hacia arriba –bottom up-, la emergencia se considera un fenómeno de auto-organización (Epstein y Axtell, 1996). Lo cual es útil para explicar ¿cómo el comportamiento microscópico heterogéneo de comportamientos individuales genera regularidades macroscópicas en la sociedad? (Epstein y Axtell, 1996).

Entender como simples reglas locales hacen surgir estructuras colectivas es el objetivo central de las ciencias de la complejidad (Epstein y Axtell, 1996).

Construcción de un modelo basado en agentes en ciencias sociales

Nigel y Terna (1999) sugieren que un modelo basado en agentes se puede construir como un sistema de producción, la característica de este enfoque es que incluye mecanismos para recibir información del ambiente, dicha información es almacenada y sirve de insumo para futuras acciones. Un sistema de producción tiene tres componentes: a) un conjunto de reglas, b) una memoria de trabajo y c) un intérprete, dichos modelos basados en agentes son útiles para estudiar fenómenos evolutivos debido a que tienen el potencial de aprender de sus ambientes y de otros agentes, y guardar dicho conocimiento en su memoria de trabajo, sin embargo, las reglas de decisión siempre permanecen inalterables³¹ (Nigel y Terna 1999). En éste sentido, una de las tareas más relevantes pero difíciles de llevar a cabo en el modelado basado en agentes es decidir cuáles son los aspectos principales de comportamiento e interacción en la sociedad artificial (Ribeiro et al, 2003). Para estudiar esto, se ha usado la noción de estructura social (la colectividad como un todo no es idéntico a la suma de los individuos que la conforman, pero la suma de las relaciones entre los individuos se comporta como un todo) (Ribeiro et al, 2003). Un ejemplo de tal idea fue encontrada en la teoría de pequeños grupos de Jean Piaget, dicha teoría permite el estudio de las estructuras sociales con base en el supuesto de que los sistemas de relaciones sociales son estructuras que permiten el intercambio social (Ribeiro et al, 2003).

Modelación y simulación

Al pasar tres siglos después de Newton estamos fuertemente familiarizados con el concepto de ciencia natural relacionada con la física y la biología, una ciencia natural es un cuerpo de conocimiento de alguna clase de cosas, objetos o

³¹Esta es una debilidad porque a menudo las reglas de decisión cambian, por ejemplo al ocurrir un evento impredecible. En el mundo real los agentes cambian continuamente sus reglas de decisión, existen las excepciones.

fenómenos en el mundo (Simon, 1996). La tarea central de la ciencia de la naturaleza es [...] mostrar que la complejidad es sólo un máscara para la simplicidad; para encontrar patrones en el caos (Simon, 1996). Sin embargo, hoy día, el mundo en el que vivimos es mucho más hecho por el hombre, o artificial, casi cada elemento de nuestro ambiente muestra evidencia de ser hecho por el hombre (Simon, 1996). El ambiente que nos rodea está tapizado de cadenas de símbolos que nosotros recibimos a través de los ojos y oídos, escritura, lenguaje, y las leyes que gobiernan estas cadenas de símbolos [...] dependen de nuestra colectividad artificial (Simon, 1996). En éste sentido debemos de tener cuidado de no igualar lo biológico con lo natural, por ejemplo, un bosque puede ser un fenómeno de la naturaleza; una granja no [...] la variedad de especies de las que dependemos para comer, como nuestra comida, nuestro maíz, nuestro ganado son artefactos de nuestro ingenio, más aún un campo arado no es más natural que una calle pavimentada (Simon, 1996). Con estos supuestos es claramente comprensible que el estudio de sociedades humanas es una tarea para tratar con sistemas complejos artificiales. De tal manera, a través de un proceso de imitación artificial se pueden comprender fenómenos de sociedades. Generalmente, nosotros nombramos la imitación como “simulación”, tratamos de entender los sistemas imitados a través de la simulación, en este sentido la computadora ha extendido el rango de los sistemas que pueden ser imitados (Simon, 1996). La simulación es una técnica para lograr el entendimiento y la predicción del comportamiento de sistemas, otro enfoque concibe a la simulación como un recurso para generar nuevo conocimiento (Simon, 1996). Pese a sus virtudes, la simulación no es mejor que las suposiciones para construirla, una computadora solo puede hacer lo que ha sido programada para hacer (Simon, 1996). Entonces, bajo qué supuestos una simulación puede ayudar a construir nuevo conocimiento. Primero, cuando conocemos problemas y asumimos para su estudio leyes fundamentales de comportamiento mecánico. Segundo, cuando no conocemos mucho acerca de los problemas, ni de las leyes naturales que gobiernan el comportamiento interno de un sistema (Simon, 1996). Cuanto más estamos dispuestos a abstraer los detalles de un conjunto de fenómenos, más fácil será

simular los fenómenos, no es necesario saber toda la estructura interna, sino solo esa parte que es crucial (Simon, 1996).

La simulación basada en agentes

Uno de los primeros trabajos en aplicar la simulación basada en agentes fue el trabajo de Thomas Schelling (1971) en su modelo de la segregación espacial (Epstein y Axtell, 1996). La idea central de éste trabajo es explicar cómo emerge la segregación espacial en un vecindario, los supuestos son que hay dos tipos, o grupos, bien definidos de personas, las cuales siguen reglas sencillas para interactuar o no con un miembro de un grupo ajeno, en base a beneficios o coerción, el modelo se basa en el comportamiento individual que tiene un efecto en el comportamiento macro del vecindario, para éste trabajo se usó un ambiente de autómatas celulares (Schelling, 1971). La simulación computacional es un enfoque metodológico alternativo cuando un fenómeno social no es accesible, la simulación se basa en un modelo construido por investigadores que es más observable que el propio modelo del objetivo (Nigel y Conte, 1995). Debido a esto, en simulación social, todas las investigaciones deben ser teóricamente fundamentadas, metodológicamente sofisticadas y creativas, estas cualidades son especialmente necesarias porque el campo de la simulación en ciencias sociales, que tiene apenas 20 años de trayectoria, no hay tradiciones de investigación bien establecidas, y hay una variedad de enfoques en simulación de los que se puede escoger (Nigel y Klaus, 2005). Los científicos sociales pueden construir modelos simples de pequeños aspectos de la realidad y descubrir las consecuencias de sus supuestos teóricos en la sociedad artificial que han construido, un requisito para lograr esto son las teorías formalizadas³² que puedan ser programadas

³²El problema de si la actividad humana puede ser interpretada de acuerdo a leyes científicas ha sido muy discutido, en éste sentido, las formalizaciones son proposiciones generales sobre la sociedad que pueden expresarse en diferentes niveles de abstracción usando diverso tipo de variables, así el nivel más bajo es el que se mantiene cerca de los hechos concretos, son las generalizaciones empíricas (Di Tella, 1992). Se trata de constataciones acerca de regularidades que se observan en las relaciones entre fenómenos, en este nivel no se intenta deducir (Di Tella, 1992). Un nivel superior, o paso siguiente, es la generalización científica que intenta formular leyes,

(Nigel y Klaus, 2005). En éste sentido, las matemáticas han sido usadas, algunas veces, como medios de formalización en ciencias sociales, pero esto nunca ha llegado a ser ampliamente aceptado (Nigel y Troitzsh, 2005).

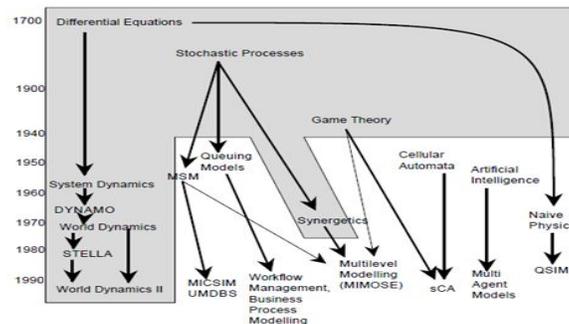


Figura 1. Desarrollo del enfoque contemporáneo de la simulación en ciencias sociales. Fuente: (Nigel y Conte, 1995)

De 1945 a la fecha se ha pasado de un enfoque que enfatiza el uso de ecuaciones diferenciales, área en gris, al uso de teorías formalizadas, no precisamente de forma matemática, para el estudio de fenómenos sociales mediante la simulación basada en agentes, **ver figura 1**. Nigel y Conte, (1995) señalan algunas características relevantes del desarrollo de los modelos de simulación en éste período a) en los sistemas dinámicos usando ecuaciones diferenciales no hay comunicación entre agentes, la complejidad de los sistemas es baja y el número de agentes es uno, b) en la micro simulación no hay comunicación entre agentes, la complejidad es alta y el número de agentes es grande, c) en los modelos de teoría de colas no hay comunicación entre agentes, la complejidad es baja y el número de agentes es grande, d) en el uso de autómatas celulares la

o relaciones entre variables, que deberían tener validez universal, o dentro de límites específicos. Dichas leyes, es mejor llamarlas hipótesis (Di Tella, 1992).

comunicación entre agentes es permitida, la complejidad es baja y el número de agentes es grande, y c) en los modelos basados en agentes la comunicación de los agentes es válida, la complejidad es alta y el número de agentes es reducido (Nigel y Conte, 1995).

La lógica de la simulación en ciencias sociales

Asumimos que existe un fenómeno en el mundo real para investigar, el objetivo de crear un modelo es simplificar éste fenómeno, posteriormente el modelo se simula y se espera establecer conclusiones relevantes porque se asume que los modelos son bastante similares (Nigel y Conte, 1995). Sin embargo, en ciencias sociales, el objetivo es siempre dinámico, cambiante en el tiempo e interactúa con su ambiente (Nigel y Conte, 1995). El punto de partida para la simulación es establecer un objetivo, abstraer del mundo real las características relevantes del problema bajo estudio y construir un modelo, además debido a que la simulación computacional trata de establecer relaciones entre el fenómeno real y el fenómeno simulado es indispensable la recopilación de datos – de hechos empíricos- para determinar los parámetros y las condiciones iniciales del modelo (Nigel y Conte, 1995). De esta manera se tienen datos colectados – de hechos empíricos- y datos simulados, **ver figura 2.**

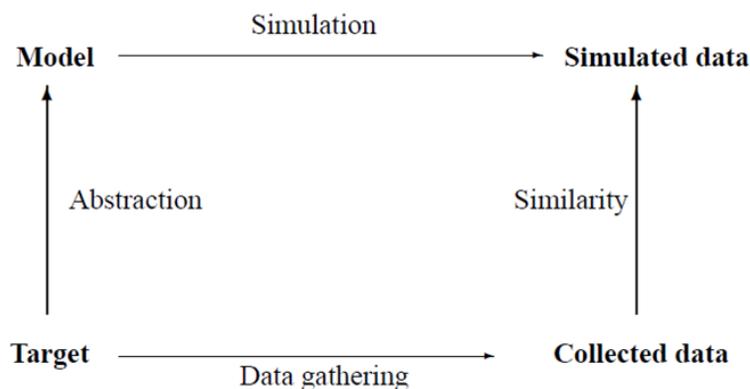


Figura 2. La lógica de la simulación como método.

Fuente: (Nigel y Conte, 1995)

El investigador desarrolla un modelo basado en un proceso social, en forma de programa computacional, éste modelo se corre y su comportamiento se mide (Nigel y Conte, 1995). De hecho, el modelo es usado para generar los datos simulados. “Estos datos simulados se pueden comparar con los datos recopilados de la forma habitual, v.gr. observación, para verificar si el modelo genera resultados que son similares a los producidos por los procesos reales que operan en el mundo social (Nigel y Conte, 1995). Al respecto, “algunos modeladores estadísticos y de simulación enfatizan el deseo de comprensión y otros enfatizan la necesidad de hacer predicciones, todas las simulaciones tienen de hecho que satisfacer ambos requisitos: un modelo predictivo exitoso contribuirá a la comprensión, al menos hasta cierto punto, mientras que un modelo explicativo siempre será capaz de hacer algunas predicciones, incluso si no son muy precisas” (Nigel y Conte, 1995). Una característica de modelos simulados basados en agentes es que se conciben para la tarea de entender los procesos de forma dinámica, por otro lado los modelos simulados estadísticamente se ocupan de explicar la correlación entre variables en un punto en el tiempo (Nigel y Conte, 1995). Por último, la simulación basada en agentes es parecida a una metodología experimental, “uno puede configurar un modelo de simulación y luego ejecutarlo muchas veces, variando las condiciones en las que se ejecuta y explorar los efectos de diferentes parámetros” (Nigel y Conte, 1995).

Fases de la investigación en la simulación basada en agentes

Según Nigel y Conte (1995) la investigación en la simulación empieza por identificar un rompecabezas, una cuestión cuya respuesta no es conocida, este puede ser el objetivo de la investigación, posteriormente se hacen observaciones en el mundo real, se adoptan supuestos teóricos y se propone un marco teórico, el siguiente paso es la verificación; en efecto es un paso de "depuración". Desafortunadamente, éste proceso puede ser difícil de llevar a cabo con simulaciones complejas y, en particular, es difícil saber si se han erradicado todos los errores restantes, “la dificultad se ve agravada por el hecho de que la mayoría de las simulaciones de ciencias sociales dependen de procesos pseudoaleatorios [...] por lo que se espera que las ejecuciones repetidas produzcan resultados

diferentes” (Nigel y Conte, 1995). En seguida, esta la validación que consiste en comparar el desempeño del modelo simulado con las pruebas empíricas. El siguiente paso es el análisis de sensibilidad; a cambios significativos en los parámetros o a las condiciones iniciales. Por último, la publicación de los resultados (Nigel y Conte, 1995).

La emergencia en la simulación social

La emergencia, auto organización, es uno de los fenómenos más interesantes, la idea central es que los sistemas de gran complejidad sobreviven y se reproducen gracias a la capacidad de ajuste, espontáneo y gradual, debido a presiones de su ambiente (Nigel y Conte, 1995). En particular, la pregunta de la emergencia³³ es central en el campo de la simulación social [...] la simulación computacional ha sido aplicada a diferentes procesos dinámicos sociales, o patrones de comportamiento para estudiar bajo qué condiciones esas estrategias o patrones se estabilizan (Nigel y Conte, 1995). Sin embargo, el estudio de la sociedad siempre ha estado plagado de dificultades metodológicas y empíricas por ejemplo: las teorías sociales fallan al no proporcionar modelos específicos, categorías de análisis e instrumentos conceptuales para explorar la sociedad real, como resultado hay una gran brecha entre la investigación empírica y la teoría³⁴ (Nigel y Conte, 1995). Además, la auto-organización en la simulación basada en agentes rompe con la dicotomía de la cooperación y el conflicto para explicar las dinámicas sociales. Según Nigel y Conte (1995) usualmente, la acción social es considerada entre la cooperación y el conflicto (la estructura del dilema del prisionero), sin embargo esta dicotomía es fallida por muchas razones:

³⁴ Hoy día, los sociólogos insatisfechos con la pobre predicción, y con el poder explicativo de las teorías, se han refugiado en el reclamo de que la realidad social no puede ser descrita científicamente porque es construida a través de las mentes de agentes heterogéneos (Nigel y Conte, 1995). Desprendido de lo anterior, los investigadores sociales tienen el derecho a interpretar sus auto-reportes, y a elaborar sus interpretaciones de la realidad (Nigel y Conte, 1995). Como medio para tratar esta dificultad, los estudios de simulación social basados en agentes brindan la oportunidad de llenar la brecha entre la investigación empírica y el trabajo teórico (Nigel y Conte, 1995).

- a) hay muchas formas de cooperación y conflicto; así como muchas formas de altruismo y egoísmo.
- b) las alternativas no son claras, hay formas en las cuales la cooperación puede generar el conflicto.
- c) el engaño se puede usar para ayudar y la cooperación para engañar.

Algunos trabajos como el de Olaru et al (2009) han empleado el uso de la lógica difusa para el estudio de procesos sociales que no son dicotómicos como la emergencia de redes de innovación. Debido a lo anterior, la idea de emergencia, es central para el campo de la simulación social y parece proporcionar un puente entre diferentes disciplinas y sub campos (Nigel y Conte, 1995). Resumiendo, la simulación computacional permite explorar dinámicamente la interacción entre agentes autónomos que siguen reglas sencillas y que interactúan entre ellos y con el ambiente para estudiar los procesos por los cuales emergen patrones y estructuras (Rodríguez y Pascal, 2015). La simulación basada en agentes puede ser definida como un experimento social. (Klügl y Bazzan, 2012). En la simulación basada en agentes el ambiente desempeña un papel clave porque tiene gran influencia en el comportamiento de los agentes (Klügl y Bazzan, 2012). La simulación basada en agentes es más una forma de pensar que una tecnología, la forma de pensar una simulación basada en agentes consiste en la descripción de un sistema desde la perspectiva de sus unidades constituyentes (Bonabeau, 2002). Se recomienda usar simulación basada en agentes cuando el comportamiento de los agentes no es lineal, y cuando el uso de ecuaciones diferenciales no es posible para describir dichos comportamientos (Bonabeau, 2002). La simulación por computadora se convertirá en un nuevo e importante método de construcción y evaluación de teorías en las ciencias sociales (Nigel y Terna, 1999). Al igual que todas las nuevas metodologías, tomará algún tiempo refinar las técnicas y codificarlas para que se necesite un mínimo de prueba y error. En la actualidad, experimentar con simulaciones por computadora sigue siendo un arte que se aprende mejor a través de la práctica y observando de cerca a los más experimentados (Nigel y Terna, 1999).

Validación empírica

En las últimas décadas, el uso de los modelos basados en agentes en ciencias sociales ha estado orientado a contrastar datos simulados con datos empíricos, y a la validación de teorías (Liu, 2011). Sin embargo, el uso de modelos basados en agentes en ciencias sociales ha estado dirigido a cuestiones que no requieren rigurosos procesos de validación empírica (Liu, 2011). En general, el término validación quiere decir una buena correspondencia entre un sistema real y un modelo artificial (Liu, 2011). Un modelo basado en agentes debe ser validado interna y externamente, con la validación interna un investigador puede obtener conclusiones causales, así como la robustez del modelo- no sensibles a condiciones iniciales, por otro lado la validación externa es cuando las simulaciones hechas por un modelo son soportadas por evidencia empírica (Liu, 2011). Por consiguiente ¿Por qué la validación empírica es la base fundamental para aceptar o rechazar un modelo basado en agentes?, ¿Existen otras formas de validación de modelos basados en agentes más allá de la reproducción del comportamiento de hechos- datos empíricos? (Windrum et al, 2007). Debido a que la idea detrás del modelado y la simulación es el uso de un sistema artificial en vez de un sistema del mundo real, la correspondencia entre el primero y el último es fundamental, por lo tanto la llave del éxito (Klügl and Bazzan, 2012). No obstante, probar que un modelo es correcto en general es difícil para los modelos basados en agentes porque los métodos de validación tradicional no siempre son aplicables (Wilensky and Rand, 2007 en Olaru et al, 2009). Las simulaciones de modelos basados en agentes son útiles; la pregunta es entender su utilidad (Olaru et al, 2009).

Validación empírica de un modelo basado en agentes usando simulación estadística

Siguiendo a Windrum et al (2007) para el estudio de un “proceso generador de datos del mundo real en adelante (rwDGP), se asume que el proceso se puede deducir de un conjunto de condiciones iniciales”. Supongamos que el modelador conoce que el sistema real es ergódico, y que además el rwDGP muestra un comportamiento suficientemente estacionario después de T para (casi) todo los puntos de parámetros y condiciones iniciales (Windrum et al, 2007). Para un conjunto particular de condiciones iniciales, parámetros micro y macro (ejemplo, θ, Θ, x_0 y \underline{X}_0), asumimos que el rwDGP corre hasta encontrar alguna forma de comportamiento estable (para al menos $T > T+1$ veces) (Windrum et al, 2007). Ahora, suponemos que estamos interesados en un conjunto de estadísticas $S = \{s_1, s_w, \dots\}$ y que pueden ser escritos en la simulación en el modelo simulado, en adelante (mDGP) $\{x_t, t = 1, \dots, T\}$ que $\{\underline{X}_t, t = 1, \dots, T\}$ (Windrum et al, 2007). Para cualquier corrida de datos ($m=1,2,\dots,M$) la simulación generará un valor para el estadístico s_j (debido a la naturaleza estocástica del proceso, cada corrida – y cada valor de s_j – debe ser diferente de los demás (Windrum et al, 2007). De esta manera, después de haber producido M independientes corridas, uno ha generado una distribución para s_j que contiene M observaciones, esta distribución puede ser resumida por computadora, por ejemplo su media $E(s_j)$, y su varianza $V(s_j)$ (Windrum et al, 2007). Sin embargo, es importante recalcar que los momentos M van a depender de las condiciones iniciales que fueron escogidas para θ, Θ, x_0 y \underline{X}_0 (Windrum et al, 2007), **ver figura 3.**

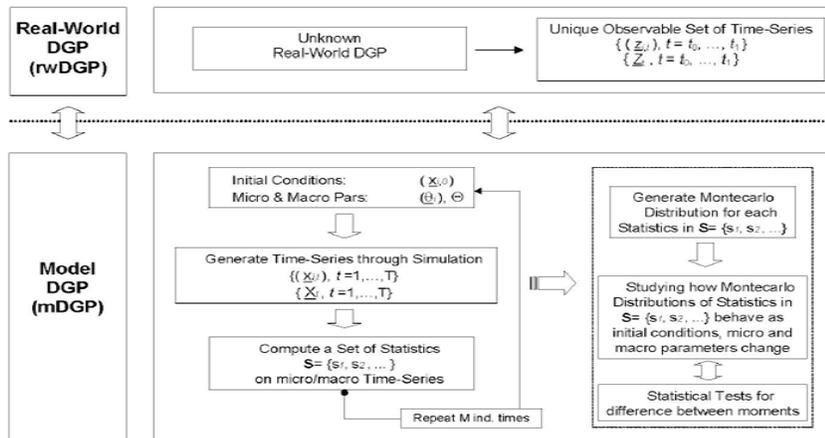


Figura 3. Procedimiento de validación empírica

Fuente: (Windrum et al, 2007)

Dentro de éste proceso, la calibración y la validación son los retos para el diseño de modelos basados en agentes (Ten et al, 2014). El análisis de sensibilidad es una herramienta estadística para analizar el efecto de variaciones e incertidumbre en la entrada y salida de los resultados del modelado (Ten et al, 2014). El análisis de sensibilidad puede ser útil para la calibración y validación del modelo, pero debido a que las metodologías disponibles para análisis de sensibilidad no son particularmente adecuadas para modelos no lineales, el análisis de sensibilidad en modelos basados en agentes es poco factible (Ten et al, 2014). Es adecuado pensar en una combinación de métodos para el análisis de sensibilidad que ofrezcan una mejor comprensión de la sensibilidad de los modelos (Ten et al, 2014). En la práctica, sin embargo, muchos modelos basados en agentes tienen una complejidad bastante alta, por lo que resulta ser muy difícil realizar el análisis de sensibilidad, hasta el punto de ser prácticamente imposible (Ten et al, 2014). Por lo que una alternativa es construir modelos basados en agentes de baja complejidad. En este sentido los niveles de rendimiento y análisis de modelos basados en agentes pueden ayudar a tipificar los modelos basados en agentes y con base en ello determinar el tipo de validación necesaria, según Axtell y Epstein (1994) dichos niveles son:

- a) Nivel cero: El modelo es una caricatura de la realidad.

- b) Nivel 1: El modelo es cualitativamente consistente con las macro estructuras empíricas. Ejemplo la distribución de los agentes.
- c) Nivel 2: El modelo produce consistencia cuantitativa con las estructuras empíricas macro. Estimaciones estadísticas.
- d) Nivel 3. El modelo exhibe consistencia cuantitativa con las estructuras empíricas micro.

Sin embargo, algunos investigadores de modelos basados en agentes en economía, comprometidos con el moldeamiento cuantitativo, son críticos a la sugerencia de que una completa validación empírica es posible (Windrum et al, 2007). Ellos sugieren que hay dificultades insuperables para desarrollar una ciencia social empírica al modo de las ciencias naturales (Windrum et al, 2007). Una vía alterna para tratar con el problema de la validación empírica de los modelos basados en agentes en ciencias sociales es el uso de la computadora como un laboratorio artificial en el cual, las relaciones causales – entre variables- puede ser probado para incrementar el conocimiento de una estructura causal subyacente del fenómeno de mundo real bajo estudio (Windrum et al, 2007). En otras palabras, en vez de insistir en la validación empírica buscar en la sociedad artificial el entendimiento de procesos clave en el fenómeno de estudio de la realidad social. Los riesgos de este enfoque, sin embargo, son que se construyen formalizaciones, supuestos de referencia, que no tienen ningún vínculo con la realidad (Edmonds y Moss 2005 en Windrum et al, 2007).

Problemas metodológicos de la validación empírica

Como señala (Windrum et al, 2007) los problemas metodológicos centrales de la validación empírica son:

- 1) Concreción versus simplificación; para tratar con la complejidad del mundo real los científicos (no sólo los economistas) modelan procesos por simplificación y se centran en la relación entre un limitado número de variables. Sin embargo, ¿es posible modelar todos los elementos de un fenómeno de la realidad?, ¿cómo podemos conocer todos los elementos diferentes de dicho fenómeno? Los economistas generalmente están de

acuerdo en aislar – concreción- un mecanismo causal, mediante la abstracción de ciertas entidades que pueden tener un impacto en los fenómenos estudiados.

- 2) Las teorías instrumentalistas; en este enfoque las teorías son entidades para predecir, no intentan ser una descripción del mundo real.
- 3) Fuerte versus débil apriorismo: Las teorías son desarrolladas a priori para la colección de datos, y los datos colectados son interpretados usando dichas teorías.

Alternativas para la validación empírica de modelos basados en agentes

El punto de partida para el diseño e implementación de un modelo debe ser caracterizado por un balance entre teoría y evidencia (Moss, 2008). Los modelos económicos computacionales son extremos en este sentido, ya que incorporan teoría utilitaria, teoría económica de la producción y distribución, teoría general del equilibrio y teoría de juego. En el extremo opuesto está el modelado acompañado³⁵. En dicho enfoque al inicio los modelos incorporan poca evidencia, no hay teorías adoptadas. Posteriormente los modelos son redefinidos en todo el proceso. Por último se requiere de una validación por un experto (Moss, 2008). La característica del moldeamiento acompañado es que se usa el juego – Rol Played Game-, dicho juego consiste en que los actores involucrados intercambien papeles y evalúen de esta manera el modelo simulado. Este enfoque ha sido usado, principalmente, para la gestión y manejo de recursos naturales y pertenece a la escuela Francesa (Torri, et al, 2005). En muchos casos, el método de analizar datos de un RPG – Rol Played Game- simulado es comparado con expertos, y usando análisis estadístico (Torri, et al, 2005). Otra herramienta para el fin de estandarizar un método para el diseño de modelos basados en agentes es el ODD

³⁵No intentan predecir el estado futuro de un sistema. Es más parecido a entender la organización en la cual este se encuentra, para imaginar la organización buscada, para monitorias y representar continuamente los cambios observados en el sistema, para hacer posible sugerir adaptaciones y aprendizaje continuo por la observación de los efectos. b) cada tomador de decisiones en un sistema social tiene su propio punto de vista de la realidad del sistema. (Bousquet, 2014).

protocolo para el diseño de modelos basados en agentes, a pesar de haber sido creado para modelos en ecología y manejo de recursos naturales, puede ser usado para el diseño de modelos basados en agentes de sistemas sociales (Polhill et al, 2008), **ver cuadro 1**.

Cuadro 1
Protocolo ODD

Visión de conjunto	Objetivo
Objetivo	Estados de las variables y escalas de análisis Visión general del proceso y programación: supuestos.
Diseño de conceptos	Diseño de conceptos
Detalles	Inicialización: valores iniciales de las variables Entradas Submodelos

Fuente: (Polhill et al, 2008)

Resumidamente, la validación de un modelo basado en agentes depende de los elementos teóricos del modelo simulado (Liu, 2011). En particular, cuando el objetivo de la investigación no es hacer predicciones empíricas, o cuando los datos externos de validación no son disponibles, en este caso los investigadores escogerán cuidadosamente los parámetros de la teoría, y si la teoría no explica algunas suposiciones o parámetros, los supuestos deben basarse en hallazgos empíricos (Liu, 2011). “Para ser específico, no está claro para los modeladores qué parámetros se deben usar cuando una teoría proporciona pocas hipótesis para probar, qué tan seguros estamos de que un modelo basado en agentes es leal a una teoría [...] sigue siendo una tarea desafiante para los académicos de los modelos basados en agentes que buscan llevar a cabo la validación empírica” (Liu, 2011). Hasta la fecha no hay un consenso científico de cómo y en qué casos realizar una validación empírica de los modelos basados en agentes.

Resultados y discusiones

La simulación basada en agentes es útil para el estudio de sociedades artificiales en donde las interacciones entre agentes locales y su ambiente ocurre bajo reglas sencillas de decisión, lo que provocan que emerjan comportamientos observables a nivel macro (Nigel y Conte, 1995). En los modelos basados en agentes el ambiente interactúa y evoluciona directamente con los agentes, lo que tiene incidencia directa en la emergencia de dichos fenómenos. Sin embargo, si consideramos que los fenómenos de la realidad son inaccesibles para ser representados y modelados de una manera completa, y adicionalmente, hoy día no hay teorías del comportamiento emergente que se salgan del supuesto de la racionalidad y del dilema conflicto-cooperación ¿cómo podemos entonces pensar otra realidad? Si nuestros cuadros de pensamiento están condicionados a estos supuestos. La respuesta no es clara, ni definitiva, ni general, mucho menos estática pero lo que los pioneros en la modelación y simulación basada en agentes aceptan es que los experimentos con sociedades artificiales pueden ayudar a entender procesos fundamentales de fenómenos complejos. Esta es la virtud principal de los modelos basados en agentes que ayudan a estudiar la complejidad social con base en modelos simples. No obstante, como sugieren Axtell y Epstein (1994) “si no podemos entender los sistemas artificiales complejos mejor de lo que entendemos los sistemas reales, entonces como podemos haber hecho progreso” en el entendimiento de los fenómenos sociales (Axtell y Epstein, 1994) lo cual nos lleva al problema de la programación computacional y los programas disponibles, dicho tema no fue abordado en este trabajo pero será recuperado en otra contribución. Sin embargo, el programa Netlogo ha tenido gran impacto por su versatilidad en el estudio de sociedades artificiales, ver por ejemplo Wilensky and Rand (2013).

Por otro lado, la validación empírica es el reto principal de la modelación y simulación basada en agentes. Principalmente, porque depende de la postura filosófica, epistemológica y teórica adoptada para el desarrollo del modelo. En las

últimas décadas el uso de los modelos basados en agentes en ciencias sociales ha estado orientado a contrastar datos simulados con datos empíricos, y a la validación de teorías (Liu, 2011). Sin embargo, el uso de modelos basados en agentes en ciencias sociales ha estado dirigido a cuestiones que no requieren rigurosos procesos de validación empírica (Liu, 2011). Lo cual no deja fuera la posibilidad de desarrollar enfoques de modelación y simulación que involucren aspectos relevantes de los fenómenos bajo estudio, dichos hallazgos pueden servir de insumo para genera modelos más mecánicos de procesos sociales. En general, la validación de un modelo basado en agentes depende de evaluar cuidadosamente los elementos teóricos del modelo simulado (Liu, 2011), en particular cuando el objetivo de la investigación no es hacer predicciones empíricas, o cuando los datos externos de validación no son disponibles (Liu, 2011). En este sentido, el enfoque del modelado acompañado, pese a ser aplicado principalmente para el manejo colectivo de recursos naturales, puede ayudar a validar los resultados de la modelación y simulación a través de un consenso participativo que involucre a los actores principales del modelo.

Conclusiones

La modelación y simulación de modelos basados en agentes bajo la tradición de Epstein, Axelrod y Axtell son útiles para estudiar fenómenos complejos en ciencias sociales debido a que permiten llevar a cabo experimentos en sociedades artificiales con gran heterogeneidad de agentes autónomos que interactúan entre ellos y su ambiente bajo reglas sencillas de comportamiento. Esto permite estudiar la emergencia de estructuras macro sociales a partir de estudiar comportamientos micro –bottom up-. Por otro lado, la simulación basada en agentes es útil para establecer vínculos entre el desarrollo de teorías y las pruebas empíricas porque se centra en la abstracción de los procesos fundamentales de un fenómeno, y aunque se puede llevar a cabo la predicción de fenómenos no es su objetivo principal. La validación empírica es la cuestión fundamental para el desarrollo de la modelación y simulación usando agentes, en éste sentido el modelado acompañado y lógica difusa son alternativas que deben ser exploradas.

Bibliografía

1. Asbhy, W. 1957. *An introduction to Cybernetics*. Chapman & Hall, London.
2. Asbhy, R.W. 1962. Principles of the self organizing system. In Co Special Double Issue vol. 6. Disponible en <http://csis.pace.edu/~marchese/CS396x/Computing/Ashby.pdf>.
3. Axelrod, R. 1997. *The complexity of cooperation agent based models of competition and collaboaration*. Ed. Princeton studies in complexity.
4. Axtell, R., Robert A., Epstein, J. Michael C. 1995. Aligning Simulation Models: A case Study and Results. Computational and MATHematical Organization. Disponible en http://www-personal.umich.edu/~axe/research/Aligning_Sim.pdf.
5. Axtel, R. Joshua, E. 1994. Agen-Based Modeling: Understanding our creations. The bulletin of Santa Fe Institute. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/17d3/21793b9f55864c90ba0e4f094a0474edd1e5.pdf>.
6. Bonabeau, E. 2002. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. PNAS vol. 99. suppl3. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.082080899>.
7. Bousquet F. 2014. Companion Modelling. *A participatory Approach to Suppor Sustainable Development*. Michel Étienne Editor. Ed. Springer. France.
8. Cesarman E. 1986. *Orden y caos*. Ed. Gernika. México. 35, 39 pp
9. Di Tella, T. 1992. La formalización teórica en ciencias sociales. Disponible en <http://www.educ.ar>.
10. Epstein, J. 2007. *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton, NJ: Princeton University Press. Chapter I.

11. Epstein, J.M. *Remarks on the foundation of agent-Based generative social science*. The Brooking Institute, Washington, DC. CSED Working Paper No. 41. July 2005.
12. Epstein, J. Robert, A. 1996. *Growing artificial societies*. Social Science from the Bottom up. The Brookings Institution.
13. Foerster, H. von (1996). *Cibernética de la cibernética*. En H. von Foerster, *Las semillas de la cibernética* (pp. 89-93). Barcelona. Ed. Gedisa.
14. García, M. 2010. *Traducción del El discurso del método de René Descartes* (1637). Fuente Colección Austral- ESPASA CALPE. Madrid.
15. Glasersfeld, E. von (1974). *Piaget and the Radical Constructivist Epistemology*. In Smock C.D. % Glasersfels E. von (eds) *Epistemology and education*.
16. Gleick, J. 1987. *Chaos Making a New Science*. ESPA-BOOK. Traducción Juan Antonio Gutiérrez.
17. Ilya, P., Norbert, W., Stengers, I. 1984. *Order out fo chaos: Man´s new dialogue with nature*. Batman New Age Books. 335 pages.
18. Ivarola, L. 2015. La nueva filosofía mecanicista: sus principales aportes dentro de la filosofía de la ciencia. eikasias. Revista de filosofía. Disponible en <http://www.revistadefilosofia.org/61-12.pdf>.
19. Kosik, K. 2015. *Dialéctica de lo concreto*. Marxismo crítico. Word press. Disponible en <https://marxismocritico.files.wordpress.com/2012/05/dialecticadeloconcreto.pdf>
20. Klügl, F., Ana, B. 2012. Agent-Based Modeling and Simulation. Artificial Intelligence Magazine. Vol. 33. No. 3: Fall 2012. DOI: <https://doi.org/10.1609/aimag.v33i3.2425>.
21. Liu, F. 2011. Validation and Agent-based modeling: a practice of contrasting simulation results with empirical data. *New Mathematics and Natural Computation*. Vol 7, No. 3(2011) 515-542. DOI: <https://doi.org/10.1142/S1793005711002050>.

22. Maturana H., Francisco V. 1994. *De Máquinas y Seres Vivos. Autopoiesis: La organización de lo vivo*. Ed. Lumen.
23. Moss, S. 2008. Alternative Approaches to the Empirical Validation of Agent-Based Models. *Journal of Artificial Societies and social simulation* vol.11, no. 15. DOI : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/1/5.html>.
24. Nigel, G., Rosario, C. (Eds). 1995. *Artificial Societies. The computer simulation of social life*. UCL Press.
25. Nigel, G. Klaus G. T. 2005. *Simulation for the social scientist*. Open University Press. Mc Graw Hill Educatio.
26. Nigel, G., Pietro, T. 1999. How to build and use agent-based models in social science. *Mind & Society* (2000) volume1. DOI : <https://doi.org/10.1007/BF02512229>.
27. Olaru, D., Sharon, P., Denize, S. 2009. Alternative ways of verification and validation of computational models: A case of replication in the innovation networks. Published at the 25th IMP-conference in Marseille, France in 2009. Disponible en https://www.impgroup.org/paper_view.php?viewPaper=7200.
28. Polhill, J., Gary, P., Brown, D., Grimm, V. (2008). 'Using the ODD Protocol for Describing Three Agent-Based Social Simulation Models of Land-Use Change'. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 11(2)3 DOI : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/2/3.html>.
29. Piaget, J., Rolando G. 1982. *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*. Ed. XXI.
30. Ribeiro, M., A.C. da, R., Bordini, R. 2003. A system of Exchange Values to support social interaction in Artificial Societies. *Proceedings of the Interantional Conference on Autonomous Agents*. 2. 81-88. DOI : [10.1145/860575.860589](https://doi.org/10.1145/860575.860589).
31. Rodríguez-Zoya, L., Pascal, R. 2015. Modelos basado en agentes: aportes epistemológicos y teóricos para la investigación social. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*. UNAM. Nueva Época, Año, LX, núm. 225. Pp. 227-262. ISSN-0185-1918.

32. Schelling, T. 1979 *Micromotives and Macrobehavior*. W.W. Norton & Company.
33. Schelling, T. 1971. Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Sociology*. Vol. 1, pp 143-186.
34. Simon, H. 1996. *The Sciences of the artificial*. Third edition. The MIT Press.
35. Ten, G., George, v., Arend, L. 2014. *Sensitivity analysis for agent-based models: a low complexity test-case*. Miguel, Amblard, Barceló & Madella (eds) *Advances in Computational Science and Social Simulation*. Barcelona: Autónoma University of Barcelona, 2014, DDD repository.
36. Torri, D., Francois B., Toru I. Guy T., Vejpas, C. 2005. *Using Classification Learning in Computation Modeling*. In: Lukose D., ShiZ. (eds) *Multi-Agent Systems for Society*. PRIMA 2005. Lecture Notes in Computer Science, vol 4078. Springer, Berlin, Heidelberg.
37. Teoría ergódica. (2017, 20 de agosto). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 15:52, noviembre 15, 2017 desde https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Teor%C3%ADa_erg%C3%B3dica&oldid=101245755.
38. Windrum, P., Giorgio F., Moneta, A. 2007. Empirical Validation of Agent-Based Models: Alternatives and Prospects. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 10, no. 2,8. DOI: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/10/2/8.html>.
39. Wiener, N. 1989. *Cybernetics and society*. Free Association Books/London/1989.
40. Wilensky, U. William, R. 2015. *An introduction to Agent-Based Modeling*. Modeling Natural, Social and Engineered complex systems with Netlogo. MIT Press.

CAPÍTULO 3

APROPIACIÓN DEL ESPACIO CON AGRICULTURA: UN ESTUDIO DE APRENDIZAJE ASOCIATIVO MEDIANTE UN MODELO DE SIMULACIÓN BASADO EN AGENTES³⁶

Álvaro Vélez Torres³⁷, Ricardo David Valdez Cepeda³⁸ e Irineo López Cruz³⁹

Resumen

Las formas de apropiación del espacio pese a tener una fuerte base inconsciente siguen un patrón de aprendizaje condicionado. Se sostiene que la forma en la que se apropia el espacio esta sesgada por el aprendizaje adquirido en ensayos sucesivos. En este sentido, hemos ensayado un proceso de apropiación del espacio de un área de donación que en el pasado fue apropiada con basura, con escombros, con restos de poda y con eventuales incendios para quemar la basura. La apropiación ha sido con actividad agrícola, con árboles frutales, con árboles de sombra y con juegos infantiles en la colonia Lomas de Las Hilamas del municipio de León, Guanajuato, México. En este documento, exploramos la construcción de un modelo basado en agentes que dé cuenta de la apropiación del espacio como un proceso de aprendizaje condicionado, para lo cual se retoma el modelo del aprendizaje asociativo de Rescorla-Wagner. Planteamos que si los colonos perciben el área de donación como un espacio ajeno mediante un proceso de ensayos sucesivos de exposición a ver a un agente apropiarse del espacio se puede lograr que algunos otros vecinos se apropien también del espacio. La apropiación del espacio comenzó en noviembre del 2016, y a la fecha (diciembre del 2018) se ha observado que los vecinos perciben el espacio como propio, y que se ha reducido la apropiación con basura. Los resultados del modelo de simulación basado en agentes usan una tasa de aprendizaje de 0.84 y hemos obtenido que en promedio 2 agentes se apropian el espacio en 121 veces en un tiempo discreto de un año. Dichos resultados son similares a los obtenidos en los trabajos de campo.

Palabras clave: Neuro ciencia, Aprendizaje asociativo, espacio ajeno, complejidad, sistemas complejos.

³⁶ Artículo aceptado y en prensa en la Revista Papers de la Universidad Autónoma de Barcelona.

³⁷ Estudiante del Doctorado en Desarrollo Rural Regional, Universidad Autónoma Chapingo.

³⁸ Profesor Investigador Universidad Autónoma Chapingo.

³⁹ Profesor Investigador Universidad Autónoma Chapingo.

Abstract

The forms of appropriation of space despite having a strong unconscious base, follow a pattern of conditioned learning. It is maintained that the way in which space is appropriated is biased by the learning acquired in successive trials. In this sense, we have tried a process of appropriation of the space of a donation area that in the past was appropriate with rubbish, with rubble, with remains of pruning and with possible fires to burn the garbage. The appropriation has been with agricultural activity, with fruit trees, with shade trees and with playgrounds in the neighborhood of Lomas de Las Hilamas in the municipality of León, Guanajuato, Mexico. In this document, we explore the construction of a model based on agents that accounts for the appropriation of space as a conditioned learning process, for which the Rescorla-Wagner associative learning model is taken up again. We propose that if the colonists perceive the donation area as a space outside by means of a process of successive tests of exposure to see an agent take over the space, it can be achieved that some other neighbors also appropriate the space. The appropriation of space began in November 2016, and to date (December 2018) it has been observed that neighbors perceive space as their own, and that appropriation with garbage has been reduced. The results of the simulation model based on agents use a learning rate of 0.84 and we have obtained that on average 2 agents appropriate the space 121 times in a discrete time of one year. These results are similar to those obtained in field work.

Keywords: Neuroscience, associative learning, alien space, complexity, complex systems.

Introducción

El concepto de apropiación del espacio puede ser definido como la totalidad de las acciones a las que procedemos en la transformación de nuestro entorno con un cierto fin (Noschis et al, 1973). Además, puede ser entendido como acciones que transforman y asignan significado a un lugar (Pol, 1996). En este sentido, la apropiación hace devenir espacios en lugares significativos para el sujeto o el colectivo, pero el significado atribuido surge del conjunto de procesos de *interacción entre el sujeto y el espacio* (Pol, 1996). Sin embargo, las interacciones que podemos llevar a cabo en el contexto urbano actual están caracterizadas por un marcado sentido impersonal. Esto es debido, principalmente, a que la planeación del espacio construido está subordinada a la competencia, al lucro, al dominio del dinero y a la especulación (Chombart, 1976). De tal manera, la planeación del espacio llega a convertirse en un juego de conflictos sociales (Chombart, 1976). Como consecuencias de tal planeación, los ciudadanos no pueden manipular el espacio en el que habitan, lo cual repercute en una pérdida del sentido de apropiación del espacio en las ciudades (Chombart, 1976). Como resultado, la apropiación impersonal de las ciudades genera que las personas perciban el espacio como algo ajeno. Lo cual repercute en los patrones de apropiación espacial. Por ejemplo, en colonias con problemas de inseguridad y violencia⁴⁰ las áreas verdes o áreas de donación son vandalizadas y usadas para tirar basura. Además, las personas que habitan en dichos contextos son indiferentes ante tales escenarios. Dicha indiferencia, por un lado se justifica por el miedo a confrontaciones violentas con las personas que contaminan y vandalizan. Por otro lado, las personas no perciben dichas áreas como propias. En cambio, perciben que dichas áreas son propiedad del Municipio, y en consecuencia el Ayuntamiento debe conservarlas en buen estado. Para acotar el sentido de espacio en este documento, suponemos como sugiere van Fraassen (2013) que

⁴⁰ Con base en nuestro estudio de campo, hemos observado que en colonias como Cumbres de la Gloria, Las Hilamas, León II las áreas de donación o áreas verdes lucen deterioradas. Además, son usadas para tirar basura y en general se perciben como áreas peligrosas.

decir que las cosas están ubicadas en el espacio indica que tienen alguna relación entre sí. De igual manera, decir que las cosas suceden en el tiempo implica que suceden en cierto orden (van Fraassen, 2013). De esta manera, entendemos el espacio como el orden que asignamos arbitrariamente a las cosas y al tiempo como la secuencia que describe dicho orden. Aceptamos, además, que los fenómenos existen en espacios y tiempos simultáneos. De esta manera, el espacio no es un elemento físico concreto de la realidad, sino que es una construcción social interpretada, es una condición de posibilidad (Faragó, 2016). Al respecto, consideramos que la construcción del espacio puede ser interpretada como un proceso de aprendizaje. Dicha aseveración se justifica en la evidencia propiciada por las neurociencias. Dicha evidencia, establece que la raíz de todos los procesos de aprendizaje a nivel cerebral corresponden a reconexiones neuronales que han permitido los procesos de adaptación en humanos (Lehrer, 2009). Sin embargo, las dinámicas que exhiben dichos procesos son impredecibles, es decir, no deliberadas. Además, la experiencia adquirida se transmite de generación en generación a través de procesos de enseñanza – aprendizaje como lo evidencia la escritura, la cultura, el idioma y la religión. No obstante, el descubrimiento de nuevo conocimiento encierra siempre un proceso de azar y en muchos casos es el resultado de errores (Lehrer, 2009, William, 2007). En este sentido, todo proceso de aprendizaje puede llegar a ser inconsciente. Por ejemplo, ajustamos inconscientemente nuestro comportamiento a medida que nos movemos de una ciudad a otra (Fontana-Giusti, 2016). De esta manera, si consideramos que un conjunto $n > 1$ de personas ha adquirido un aprendizaje sobre cómo se deben de apropiar el espacio en diferentes situaciones, podemos considerar que una vez presentes tales situaciones, las personas se apropiaran del espacio de forma inconsciente. Sin embargo, dicho aprendizaje no es una piedra monolítica e inmóvil. Por el contrario, podemos considerar que el inconsciente colectivo⁴¹ es transformable, porque la idea, la visión y la percepción del espacio también están abiertas a la re-calibración, la re-educación y la transformación (Loukaki, 2014). En este sentido, en este documento se recurrió al

⁴¹ De los aspectos geográficos del espacio.

modelo del aprendizaje asociativo propuesto por Rescorla-Wagner (1972)⁴². Por un lado, dicho modelo permite estudiar procesos de aprendizaje en la apropiación del espacio y por otro lado modificarlos. El supuesto básico del modelo se basa en el circuito del miedo. Dicho circuito, explica que mediante un proceso de anticipación los organismo aprenden y se adaptan a los cambios del ambiente (Leher, 2009). De esta manera, si el organismo anticipa con éxito el resultado de un fenómeno su cerebro libera dopamina y en consecuencia experimenta una sensación de felicidad (Leher, 2009). Por el contrario, si no anticipa con éxito un fenómeno su cerebro no libera dopamina y experimenta una sensación de disgusto y malestar (Leher, 2009). En la vida real, no anticipar el resultado de ciertos fenómenos puede causar la muerte de los organismos por lo que el miedo a no anticipar el resultado se traduce en un mecanismo de aprendizaje (Leher, 2009). En consecuencia, en el modelo de Rescorla-Wagner (1972)⁴³ el aprendizaje ocurre cuando en un ensayo la expectativa del organismo no coincide con lo sucedido (Wilson, 2012). En otras palabras, cuando un organismo predice el flujo de una acción su aprendizaje es cero (Wilson, 2012). Por el contrario, cuando no puede anticipar el resultado, el organismo aprende (Wilson, 2012). En este contexto, desde la década de los ochentas el ascenso de las emociones a la esfera científica ha enfatizado el papel de las emociones en la toma de decisiones racionales (Lehrer, 2009). En este sentido, los esfuerzos han sido encaminados a estudiar ¿cómo funciona el cerebro emocional cuando tomamos decisiones? Una respuesta es que la toma de decisiones es un proceso de predicción y adaptación (Lehrer, 2009). La predicción se asocia a la dopamina, una hormona relacionada con el placer, con sensaciones agradables y con las formas más viscerales de disgusto (Lehrer, 2009). Por ejemplo, si se enseña a un mono a esperar jugo de frutas después de cierta secuencia de eventos sus células de dopamina supervisan cuidadosamente la situación, y si todo va bien según lo previsto sus neuronas dopaminérgicas secretan un pequeño estallido de placer, y en este caso el mono está feliz (Lehrer, 2009). Pero si las expectativas no se cumplen, si

⁴² En Black y Prokasy (1972).

⁴³ En Wilson (2012).

después de cierta secuencia de eventos el mono no obtiene el jugo de frutas que anticipó, sus células de dopamina entran en huelga e inmediatamente envían una señal anunciando el error y dejan de liberar dopamina, en este caso el mono no está feliz (Lehrer, 2009). Por otro lado, la adaptación se asocia a la novedad (Lehrer, 2009). Para esto, el cerebro amplifica el impacto de las predicciones equivocadas, cada vez que experimenta algo inesperado la corteza cerebral inmediatamente se da cuenta (Lehrer, 2009). De esta manera, cada vez que las neuronas de dopamina hacen una predicción errónea, las células de la corteza cingulada anterior envían una señal eléctrica única conocida como negatividad relacionada con el error (Lehrer, 2009). En otras palabras, cada vez que se experimenta una sensación de alegría o de desilusión, de miedo o de felicidad, las neuronas están ocupadas reconectándose a sí mismas construyendo una teoría de qué señales sensoriales precedieron a las emociones (Lehrer, 2009). Estos hallazgos, han sido aplicados en el plano de la simulación basada en agentes en el estudio de la emergencia de fenómenos sociales. Por ejemplo, Epstein (2013) diseñó un modelo basado en agentes que estudia por qué emergen comportamientos hostiles hacia personas de diferentes nacionalidades, incluso en personas que nunca han sido agredidas por extranjeros. En este fin, Epstein (2013) recurre al uso de tres componentes; un componente emocional, un componente de racionalidad limitada y un componente social. Cabe mencionar, que el componente emocional se basa en el modelo del aprendizaje asociativo propuesto por (Rescorla-Wagner, 1972 en Wilson, 2012). Dicho modelo de aprendizaje asociativo corresponde a los modelos denominados de ensayo discreto o primera generación de modelos de aprendizaje asociativo (Vogel *et al*, 2006). En estos modelos, la unidad mínima de aprendizaje es el ensayo. Sin embargo, hoy día existe evidencia que indica que el aprendizaje depende de la relación temporal entre el estímulo neutral y la respuesta condicionada, es decir que el aprendizaje es visto como un proceso continuo (Vogel *et al*, 2006). A esta nueva generación de modelos se les reconoce como modelos de tiempo real (Vogel *et al*, 2006). No obstante, dichos modelos recurren a los conceptos de estímulo neutral y respuesta condicionada para explicar la adquisición del

aprendizaje. Sin embargo, lo que es diferente es la forma dinámica en la que conciben el proceso. En este contexto, encontramos los estudios de redes neuronales aplicadas a sistemas complejos adaptativos. Por ejemplo, Holland (2005) reconoce el mecanismo de if /then como el supuesto básico del proceso de adaptación y aprendizaje. Es decir, los componentes de tales sistemas utilizan este mecanismo condicional para adquirir aprendizaje y adaptarse a su medio. Otro trabajo, Kauffman (1993) emplea redes booleanas autónomas en el estudio de procesos de adaptación en sistemas complejos. Sin embargo, ambos enfoques antes descritos recurren al mismo supuesto ontológico. Es decir, los elementos de los sistemas o redes booleanas se encienden si recibe cierta señal o se apagan si recibe otra. No obstante, dichas redes se basan en el mismo concepto articulador de identificar un estímulo neutral y asignar una respuesta condicionada. De esta manera, en este estudio se empleó el enfoque de ensayo discreto porque en este caso de estudio solo teníamos acceso a observar los cambios en las parcelas en las que implementamos el proceso de apropiación del espacio. Además, solo teníamos acceso a observar que ocurría después de implementar los procesos de apropiación. Es decir, observar que ocurría después de cada evento de apropiación. Sin embargo, se empleó el enfoque de modelado basado en agentes para capturar la complejidad de tales procesos. En este sentido, el trabajo de Vinicius *et al* (2017) estudia mediante modelado basado en agentes un proceso de apropiación del espacio. Sin embargo, dicho trabajo es de índole teórico y los parámetros del modelo no están calibrados con mediciones de campo. Sumado a lo anterior, no existen trabajos de carácter teórico, *in silico* y empírico que den cuenta de procesos de apropiación del espacio con agricultura en contextos urbanos. Con base en la problemática anterior, nos propusimos hacer un estudio exploratorio respecto a la apropiación del espacio con agricultura como un proceso de aprendizaje asociativo. Además, con los resultados obtenidos diseñar un modelo de simulación basado en agente en plataforma Netlogo útil en el estudio de la apropiación espacial como aprendizaje asociativo. El objetivo de dicho modelo fue estudiar vía simulación el mecanismo de aprendizaje condicionado usando el modelo de Rescorla-Wagner para identificar consistencias entre los

resultados simulados y los resultados medidos en campo. El contexto en el que hemos desarrollado la investigación es urbano, es una superficie de 800 m², el espacio en cuestión en los últimos años ha sido apropiado con basura, con escombros, con restos de poda y eventualmente se prende fuego para quemar la basura y el pasto seco. Por lo que hemos catalogado este tipo de apropiación como apropiación del espacio ajeno. Dicha problemática reviste interés en numerosos estudios sobre la problemática en las ciudades. A nivel mundial el 54.5 por ciento de su superficie es urbana y alberga a 4 billones de personas (ONU-HABITAT, 2016). Para el año 2050 el 60 por ciento de la población mundial vivirá en ciudades (ONU, 2014), la población prácticamente se duplicará (ONU, 2016) lo que significa que la población mundial será de aproximadamente 9 billones a 11 billones de personas (Mazoyer & Roudma, 2006). Lo que hará de la urbanización una de las tendencias más transformadoras en el siglo XXI [...] “ello plantea enormes problemas de sostenibilidad en materia de vivienda, infraestructura, servicios básicos, seguridad alimentaria, salud, educación, empleos decentes, seguridad y recursos naturales” (ONU, 2016). La colonia donde se ubica dicha área de donación se llama Lomas de Las Hilamas, en el municipio de León, Guanajuato, México. Los trabajos de apropiación del espacio con agricultura comenzaron en noviembre del 2016⁴⁴. Al respecto del área de donación, en los últimos años ningún vecino ha mostrado interés por el área de donación pese a ser un área ubicada enfrente de sus hogares. Antes de comenzar la apropiación con agricultura les preguntamos a los vecinos que opinaban del área de donación. Las respuestas fueron que era un área del gobierno y que no les pertenecía. Después del primer año de trabajos (noviembre del 2017) algunos vecinos comentaron que se abstiene de participar en la apropiación del área por temor a confrontaciones con otros vecinos, con el gobierno o con las personas que tiran basura en el área de donación. A la fecha (2018), es el segundo año que hemos sembrado en una superficie de 40 m², hemos plantado 16 árboles frutales y 5 de sombra. Eventualmente hemos llevado a cabo reuniones para acordar labores de limpieza. Sin embargo, el mantenimiento del área se ha restringido a 2 personas.

Al respecto, al inicio del estudio le preguntamos a ocho personas de la colonia seleccionadas al azar cuál era su percepción del área de donación. A lo que respondieron que esa área no era de ellos que le pertenecía al Municipio. Posteriormente, después de implementar el proyecto de apropiación del espacio realizamos la misma pregunta a ocho personas seleccionadas al azar y respondieron que esa área era de la colonia y que no se habían integrado al proyecto porque no tenían tiempo. Cabe mencionar, que se ha respetado el área del huerto y que se ha disminuido la basura en el área de donación. Por otra parte, el modelo basado en agentes que hemos desarrollado fue alimentado una tasa de aprendizaje del 0.84 y una tasa olvido de 0.16 para cada agente. Dichos valores se obtuvieron de una serie de ensayos realizados en un estudio de apropiación del espacio en un huerto escolar⁴⁵. Dichos ensayos consistieron en asignar a los niños una superficie para construir un huerto y registrar después de cuántos ensayos (días) los niños se apropiaron del espacio. Los resultados fueron que en el segundo ensayo los niños delimitaron su espacio, barrieron la basura y regaron el huerto. En este sentido, establecimos que 1 es el valor más bajo de aprendizaje y que 0 es el valor más alto. Es decir, que cuando los niños anticipan que el espacio del huerto les pertenece pueden predecir con certeza que lo pueden apropiar sin temor a que algún niño o maestro se los impida, por lo tanto su aprendizaje disminuye. Por el contrario, al inicio los niños preguntaban reiteradamente si los maestros o la directora de la escuela no los regañaría por apropiarse del espacio con el huerto. En otras palabras, no podían predecir con precisión que sucedería y por lo tanto su aprendizaje aumentó. De esta manera, en este caso de estudio ajustamos la velocidad de aprendizaje con base a la fecha observada como sugiere (Behrens *et al*, 2007). En nuestro caso, establecimos que en el primer ensayo los niños aprendieron que el espacio era propio y en ensayos sucesivos reforzaron dicho aprendizaje. Para establecer la tasa de aprendizaje de 0.84 tomamos como referencia el trabajo de Black y Prokasy (1972). Sin embargo, determinar dicho valor sigue siendo objeto de estudio (Behrens *et al*, 2007). Con

⁴⁵ Dichos trabajos se llevan a cabo en la Escuela Primaria Ford No. 1. Se ubica en la colonia Barrio de San Miguel del Municipio de León, Guanajuato, México. Los trabajos comenzaron en 2017 a la fecha.

dicho valor, los resultados simulados muestran que en promedio en un año emergerán procesos de apropiación del espacio 122 días, y que el número de agentes será de dos. Es decir, que 122 veces que se lleve a cabo un proceso de apropiación únicamente dos personas se apropiaran del espacio. Dichos datos son análogos con los obtenidos en campo. Es decir, el número de personas que han llevado a cabo procesos de apropiación es de dos, eventualmente se ha observado una participación de tres o cuatro personas, sin embargo en la mayoría de los casos únicamente dos. Con respecto al método que hemos empleado, lo hemos denominado *de seguimiento*, y ha consistido en implementar la apropiación del espacio con agricultura y observar los fenómenos emergentes. Además, debido a que seguimos los principios del modelado basado en agentes, no existe un organizador de los trabajos, por el contrario estamos centrados en observar la emergencia de patrones de abajo hacia arriba debido a que trabajamos con conjuntos de $n > 1$ de personas.

Método

El presente apartado está organizado de la siguiente manera, primero se describirá brevemente en qué consiste la técnica de modelado y simulación basada en agentes. En seguida, presentaremos el pseudo código que diseñamos en el estudio de la apropiación del espacio como aprendizaje asociativo y por último presentamos como se recabaron los datos en campo.

Enfoque metodológico basado en agentes

Resumiendo, el enfoque metodológico basado en agentes es una técnica de modelado y simulación computacional que permite brindar heterogeneidad a los agentes; unidades autónomas que representan personas o cosas (Wilensky and Rand, 2013). Todos los agentes siguen reglas sencillas de decisión, y no hay un control central de arriba hacia abajo que controle las acciones de los agentes, por el contrario las interacciones entre los agentes, así como entre los agentes y su ambiente generan patrones recurrentes que emergen de abajo hacia arriba cuando simulamos el modelo (Wilensky and Rand, 2013; (Epstein & Axtell, 1996). Esta técnica está indicada para estudiar fenómenos complejos, lo que queremos

decir con sistema complejo es un sistema de muchas partes inter conectadas que no pueden estudiarse de manera aislada (Wilensky and Rand, 2013). De esta manera, en su estudio el método analítico no es pertinente (Gershenson, 2007).

Pseudo código

Siguiendo las recomendaciones de (Wilensky and Rand, 2013) en la construcción de un modelo basado en agentes lo principal es identificar los mecanismos que pueden generar y explicar los fenómenos de la realidad que queremos simular. Debido a que nos interesa estudiar la apropiación del espacio como un proceso de aprendizaje asociativo, diseñamos el siguiente pseudo código. Anexamos código Netlogo, ver anexo 1.

1. Crea una sociedad artificial de agentes.
2. Divida en dos categorías, vecinos y apropiadores.
3. Establezca un mecanismo para que los agentes caminen.
4. Establezca un mecanismo de reforzamiento positivo con una tasa de aprendizaje de 0.84.
5. Establezca un mecanismo de reforzamiento negativo con una tasa de extinción de 0.16.
6. Mecanismo de aprendizaje, si un agente de la categoría vecinos observa a un apropiador aprende que puede apropiar el espacio. Si su nivel de aprendizaje es mayor que 0.84 apropia el espacio disponible.
7. Mecanismo de extinción, si un agente de la categoría de vecinos con una tasa de aprendizaje mayor o iguala a 0.84 no observa aun apropiador aplica un reforzamiento negativo y su aprendizaje disminuye en 0.16. Si su aprendizaje es menor que 0.84 aprende que el espacio es ajeno y no lo apropia.
8. Establezca un tiempo discreto de 1 año.
9. Simule un año.
10. Estudia la curva de agentes que aprenden a apropiarse del espacio.

Para diseñar el mecanismo de aprendizaje asociativo se usó la ecuación del aprendizaje asociativo (Rescorla-Wagner, 1972 en Wilson, 2012) ver ecuación siguiente.

$$\Delta V = \alpha\beta (\lambda - \Sigma V) \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

ΔV = Aprendizaje

α = Tasa de aprendizaje

β = Novedad

λ = Error de predicción

ΣV = fuerza asociativa entre el estímulo neutral y la respuesta condicionada

En dicha ecuación, el aprendizaje sigue una curva asintótica con valores de 0 a 1. Donde los valores cercanos a 1 indican poco aprendizaje y los valores cercanos a 0 indican extinción del aprendizaje u/o olvido. Además, al inicio de los ensayos la fuerza asociativa entre el estímulo neutral y la respuesta condicionada adquieren valores de 0 y el error de predicción adquiere valores cercanos a 1. Esto quiere decir que al inicio de los ensayos los organismos son incapaces de asociar el estímulo neutral con la respuesta condicionada y por lo tanto no pueden anticipar el resultado. Por otro lado, la tasa de aprendizaje es una constante que se asigna con base en evidencia empírica y cuyos valores oscilan de 0 a 1. De esta manera, un valor cercano a 0 indica una tasa baja de aprendizaje y viceversa. En este sentido, para precisar la operatividad de la ecuación en el apartado de resultados se mostrarán un ejemplo.

Método de seguimiento

Etapas 1 (de noviembre de 2016 a diciembre del 2017)

La primera actividad que realizamos fue platicar con los vecinos de la colonia sobre la posibilidad de llevar a cabo agricultura en el área de donación de la colonia. Posteriormente, acudimos con el presidente de colonos para solicitar permiso para llevar a cabo el proyecto. Como paso siguiente, platicamos

nuevamente con los vecinos, colocamos una lona para informar los días y el horario en los que estaríamos trabajando el proyecto. En seguida, llevamos a cabo la siembra de frijol, maíz y calabaza en el mes de marzo. Posteriormente hemos usado un método de seguimiento que ha consistido en observar como los vecinos han reaccionado a la implementación del proyecto e identificar que fenómenos han emergido.

Etapa 2 (de enero del 2018 a diciembre del 2018)

En el siguiente año repetimos el mismo procedimiento, es decir platicamos con los vecinos, platicamos con el presidente de colonos, invitamos a las personas a la siembra de frijol y maíz, y por último sembramos. Cabe señalar, que en este ciclo sembramos hasta el mes de mayo.

Resultados

En este documento, es importante enfatizar que el método de seguimiento que hemos presentado corresponde a un estudio de caso. Además, que dicho método ha permitido transformar de manera empírica la forma de apropiación del espacio. Esto reviste interés, debido la búsqueda de soluciones de orden práctico que ayuden a construir escenarios de desarrollo en el contexto actual de crisis ambiental, social y económica que se acentúa en los contextos urbanos. Sumado a lo anterior, dicho estudio permite hacer acercamientos teóricos entre varias disciplinas. Regresando a los resultados obtenidos en campo, uno de los primeros hallazgos fue que a pesar de acordar una fecha para llevar a cabo los trabajos de agricultura en el área de donación ningún vecino acudió a la cita. Posteriormente, con el transcurso del proyecto algunos vecinos de la colonia preguntaban y ofrecían su ayuda para participar, sin embargo no acudían a ayudar. En la siguiente figura podemos apreciar la lona que se colocó para informar a los vecinos, así como a un integrante de la colonia



Figura 1. Lona colocada para informar a los vecinos de la colonia

Fuente: (Elaboración propia)

Como mencionamos anteriormente, antes de llevar a cabo la apropiación del área de donación con agricultura dicha área fue apropiada con basura y escombros, ver figura 2.



Figura 2. Apropiación del espacio ajeno urbano con basura

Fuente: (Elaboración propia)

Debido a que el área de donación fue cubierta con tepetate, además de que es un suelo con muchas piedras recurrimos a la siembra de frijol como mejorador de suelo. Además, invitamos a los vecinos a reciclar el agua de sus casas, sin embargo sólo un vecino apoyaba. Para facilitar la recolección de agua reciclada colocamos un contenedor, sin embargo se lo robaron, ver figura 3.



Figura 3. En la parte superior derecha podemos observar el contenedor para reciclar agua.

Fuente: (Elaboración propia)

Al inicio de las actividades, y hasta la fecha, los niños se han acercado a ayudar, ver figura 4. Sin embargo, no los forzamos a participar y solo cuando ellos vienen los invitamos a colaborar.

Hasta ese momento, nosotros seguíamos con la apropiación del área de donación con agricultura y con ocho árboles frutales sin que ningún vecino se involucrara. Pero en el mes de febrero del 2017 unos guardias de seguridad de la colonia llevaron a cabo una apropiación del área de donación. Primero, recogieron la basura del área de donación y delimitaron el huerto con piedras, ver figura siguiente. Después de que este fenómeno emergió, las personas empezaron a no cruzar por el área del huerto, ya que antes de esto continuamente observábamos pisadas en los surcos.

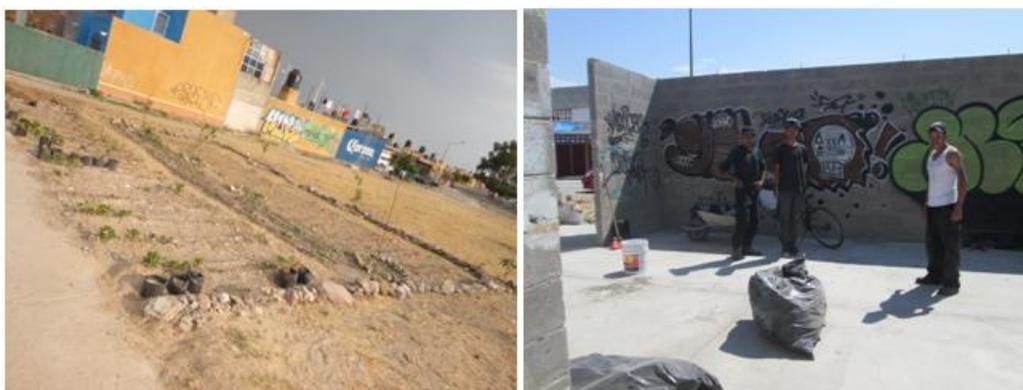


Figura 4. Apropiación del espacio por guardias de seguridad

Fuente: (Elaboración propia).

Posteriormente, a mediados de agosto del 2017 un vecino de una casa ubicada a un costado del área de donación trasplanto una planta de calabaza y delimito la superficie de la planta con piedras, ver figura 5.



Figura 5. Planta de calabaza trasplantada por vecino de la casa de barda color verde

Fuente: (Elaboración propia)

En el mes de noviembre realizamos la cosecha y en promedio obtuvimos 3 kilos de frijol y 20 mazorcas de maíz en una superficie de 20 m², ver figura 6. Cabe mencionar, que no usamos ningún tipo de herbicidas, el control de las plantas competidoras fue por medio mecánico. La semilla que obtuvimos de frijol la guardamos para volver a sembrar y el maíz lo compartimos con los niños de la colonia.



Figura 6. Cosecha. Fuente: (Elaboración propia)

Posteriormente, en el mes de diciembre del 2017 cortamos las plantas de maíz y las enterramos en el suelo para incorporar materia orgánica. En este mismo mes, colocamos un pasa manos, una banca a un costado del huerto, así como un par de porterías con la intención de promover la apropiación del espacio. Además, con ayuda de un vecino plantamos 8 nuevos árboles frutales, ver figura siguiente.



Figura 7. Actividades del mes de diciembre 2017

Fuente: (Elaboración propia)

Segundo año

En esta ocasión pospusimos la siembra hasta el mes de mayo, principalmente porque no logramos que los vecinos nos proporcionaran agua reciclada para regar el huerto. Sembramos frijol y maíz. El cuidado y mantenimiento de los árboles estuvo a cargo de nosotros y a cargo de un vecino que participo en la plantación.



Figura 8. Mantenimiento de árboles y control de plantas

Fuente: (Elaboración propia)

En el mes de septiembre, se acordó con los vecinos hacer una limpieza del área de donación, así como llevar a cabo la plantación de 6 árboles de sombra “fresnos”. Sin embargo, solo un vecino acudió a limpiar el área. Posteriormente otros dos vecinos ayudaron hacer las cepas para los árboles. Esta fue la única ocasión que hubo más de dos vecinos trabajando en la apropiación del área, ver figura 9.



Figura 9. Excavado de cepas para árboles.

Fuente: (Elaboración propia)

En el mismo mes, un grupo de niños nos solicitaron el apoyo para poner un huerto en el extremo sur del área de donación, enfrente de sus casas. Sembramos maíz, calabazas y rábanos. Sin embargo, los niños no regaron el huerto y solo prosperaron algunas plantas de frijol y de calabaza, ver figura 10.



Figura 10. Huerto implementado por niños.

Fuente: (Elaboración propia)

Como comentamos anteriormente colocamos un par de porterías. Sin embargo, en el mes de octubre del 2018 una fue destruida y la otra se la robaron. Algunos vecinos comentaron que fueron niños de otra colonia, pero que nadie dijo nada por temor a agresiones por parte de las pandillas o de los papás de los niños. En dicha área se observaba continuamente niños y adultos jugando a la pelota, ver figura siguiente.



Figura 11. En el centro de la imagen se puede apreciar una portería destruida

Fuente: (Elaboración propia)

Por último llevamos a cabo la cosecha, esta ocasión obtuvimos 2 kilos de frijol y 20 mazorcas de maíz. Debido a que cosechamos en octubre, decidimos sembrar frijol nuevamente debido a la abundante precipitación ese año, ver figura 12.

Además, en esta segunda siembra un vecino de la colonia sembró una superficie de 3 m² de frijol y regularmente cuida su huerto.



Figura 12. Lado derecho de la imagen parcela apropiada por vecino

Fuente: (Elaboración propia)

Resultados del modelo

En la interface de Netlogo, figura 13, podemos apreciar agentes de color violeta que representan a los vecinos de la colonia, agentes de color rojo que representan a los contaminadores⁴⁶ y a un agente verde que representa al agente apropiador. En este modelo, centramos nuestra atención en el mecanismo de aprendizaje. Suponemos que si los vecinos apropian el área de donación como si fuera ajena a través de un proceso de aprendizaje pueden apropiarlo como si fuera propio. De esta manera, hemos establecido dos parámetros, el primero corresponde a un reforzamiento positivo; cuando un agente –vecino- en el mundo artificial mira al agente apropiador aumenta en 0.84 su tasa de aprendizaje, y empieza a apropiar el espacio disponible. Sin embargo, una vez que deja de verlo aplica un reforzamiento negativo y extingue su aprendizaje en 0.16, y si su nivel de

⁴⁶ En este modelo los contaminadores no tienen la capacidad de aprender, sino solo de contaminar.

aprendizaje es menor a 0.84 aprende que el espacio es ajeno y deja de apropiarse el espacio disponible.

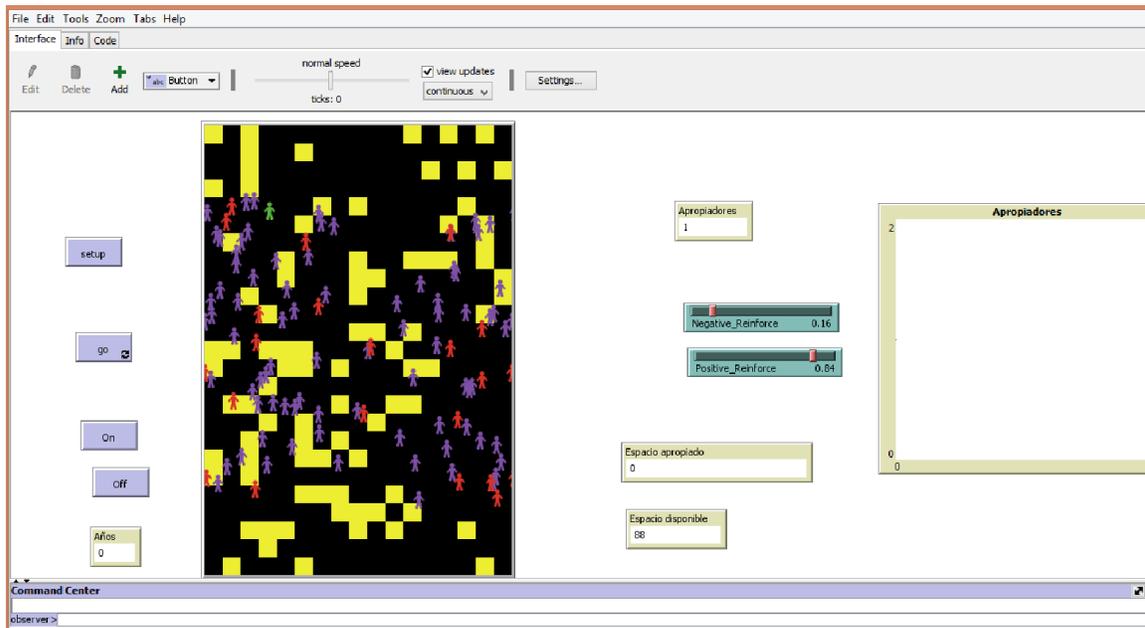


Figura 13. Interfase Netlogo. Fuente: (Elaboración propia)

Simulamos 10 veces el modelo con diferentes condiciones iniciales. La frecuencia de agentes que aprenden a apropiarse del espacio fue de dos, tres y más de cuatro. En promedio obtuvimos que 121 días al año dos agentes están apropiando el espacio. Mas precisamente, 40 días tres agentes lo hacen y 10 días cuatro agentes, ver cuadro 1

Cuadro 1. Frecuencia de agentes apropiadores

Ensayo	Frecuencia de 2	Frecuencia de 3	Frecuencia =>4
1	72	1	0
2	150	44	8
3	91	17	2
4	146	82	28
5	142	33	14
6	112	44	7
7	119	36	5
8	127	44	12
9	129	54	10
10	122	47	15
Σ	1210	402	101
<i>X media</i>	121	40.2	10.1
<i>P</i>	0.34	0.11	0.03

Fuente: (Elaboración propia)

Como podemos apreciar en la figura siguiente, el rango de agentes que apropian el espacio osciló de dos a cuatro, a pesar de que observamos algunos casos de cinco y seis agentes, la mayor frecuencia fue de dos agentes.

Cabe mencionar que la gráfica comienza en uno y no en cero porque desde el inicio de la simulación existe un agente apropiador.

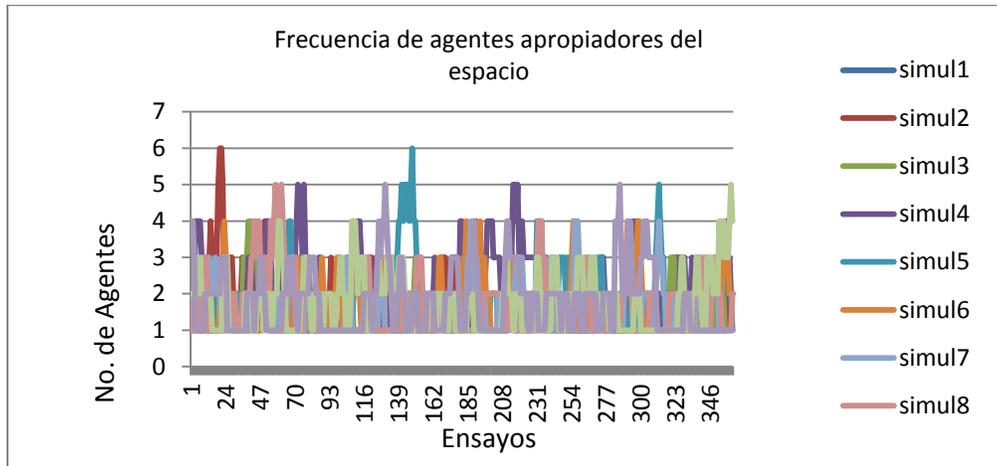


Figura 14. Simulaciones. Fuente: (Elaboración propia)

La tasa de apropiación de aprendizaje que empleamos fue obtenida de un estudio como fue mencionado arriba, ver cuadro 2.

Cuadro 2. Modelo de Rescorla-Wagner (1972)

Ensayo	Δv	V_t	$(\lambda - V_t)$	$\alpha \beta (\lambda - V_t)$	Δv
1.0	0.0	0.0	100.0	84.0	84.0
2.0	84.0	84.0	16.0	14.9	14.9
3.0	14.9	98.9	1.1	1.1	1.1
4.0	1.1	100.0	0.0	0.0	0.0
5.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: (Elaboración propia)

En este trabajo, retomamos los resultados presentados por Behrens *et al* (2007). En dicho trabajo, se estudia la curva de aprendizaje condicionado y se observa que la tasa de aprendizaje en el primer ensayo es superior a 0.8 pero inferior a 0.84. Además, en los ensayos posteriores dicha curva muestra un comportamiento

asintótico que no supera el límite de 0.84. De lo anterior, en nuestro caso de estudio asignamos un valor de 0.84 debido a que observamos que en el primer ensayo los niños aprendieron a apropiarse del espacio como fue mencionado arriba. Además, pasado dicho ensayo su curva de aprendizaje describió un comportamiento asintótico. Es decir, más ensayos no generaban más aprendizaje. De esta manera, establecimos que la diferencia entre la novedad - β - y el error de predicción - λ - fue de 0.16 lo cual nos da una tasa de aprendizaje de 0.84 en el primer ensayo, una tasa de 14.9 en el segundo ensayo hasta que el aprendizaje es cero. Es decir, la diferencia entre la sorpresa y la predicción son cero, ver tabla 2. De igual manera, podemos observar en la tabla 2 que la fuerza asociativa - V_t - en el primer ensayo es 0, y en el segundo ensayo es 0.84. Por lo que deducimos que la tasa de reforzamiento negativo - λV_t - es de 0.16. Con esto en mente, construimos la curva que describe el aprendizaje y la extinción en el modelo basado en agentes descrito arriba, ver figura 15. Cabe mencionar, que en el modelo de Rescorla-Wagner (1972) el aprendizaje nunca llega al cien por ciento, y la curva describe un comportamiento asintótico.

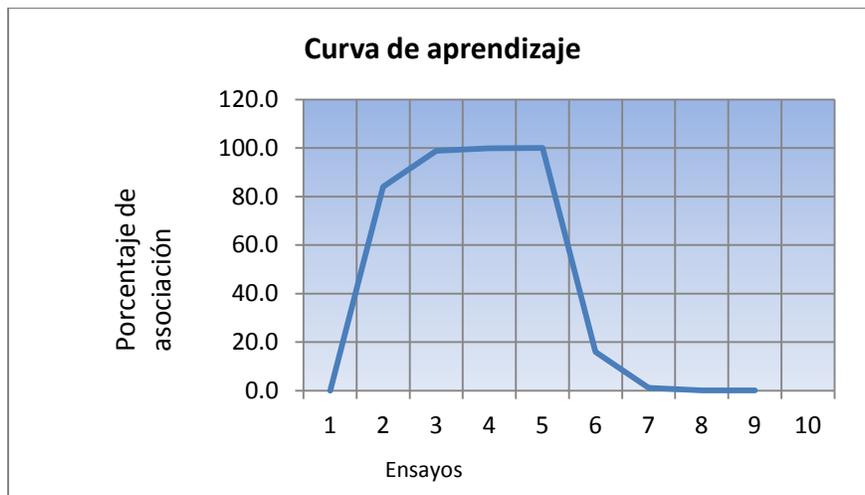


Figura 15. Curva de aprendizaje

Fuente: (Elaboración propia)

Análisis y Discusión

El ambiente social se puede conceptualizar como el tipo de interacciones que establecen las personas con su entorno (Granada, 2001). Además, dichas interacciones están influenciadas por los roles y actividades que realizan las personas en dichos entornos (Granada, 2001). En este sentido, en este caso de estudio el reconocimiento por parte de los vecinos de que el área de donación era ajena hasta antes de los procesos de apropiación con agricultura que hemos llevado a cabo. Y el reconocimiento explícito por parte de los vecinos de que el área de donación es propia después de los procesos de apropiación con agricultura que hemos implementado nos sugiere que se ha experimentado un proceso de apropiación de un espacio ajeno a un espacio propio. Dicho proceso en suma es complejo y consideramos que el modelo basado en agentes que hemos empleado, pese a utilizar mecanismos deterministas dicho fenómeno de estudio corresponde en este documento siempre *“a un conjunto complejo de fenómenos, y no a un fenómeno simple y directamente observable”* (Lazarfeld & Boundon, 1962). Además, reconocemos que los parámetros usados en dicho modelo podrían *“variar considerablemente según el medio social del individuo o individuos estudiados”* (Lazarfeld & Boundon, 1962). Lo que nos interesa exponer en las siguientes líneas es cómo interpretar el proceso de apropiación del espacio como un proceso de aprendizaje condicionado y en qué medida el modelo basado en agentes que hemos desarrollado ayuda a explicar dicho fenómeno. Primero, como sugiere Durkheim (2001) los actos que realizamos están definidos fuera de nosotros en el derecho y las costumbres, y a pesar de eso, dicha realidad no deja de ser objetiva porque no soy yo quien los ha creado, sino que los he recibido por medio de la educación. De esta manera, los modos de actuar, de pensar y de sentir presentan la propiedad notable de que existen fuera de las conciencias individuales (Durkheim, 2001). Además, dichas conductas o pensamiento no son sólo exteriores al individuo, sino que están dotados de un poder imperativo y coercitivo en virtud del cual se imponen a él, lo quiera o no (Durkheim, 2001). En este sentido, en las charlas que hemos tenido con los vecinos de la colonia, principalmente antes de implementar la apropiación con agricultura y al finalizar el

primer año de labores, comunicaron que no querían participar en el proyecto por temor a confrontarse con otros vecinos, por temor a que el gobierno tomará alguna acción legal contra ellos al sentir que apropiarse del espacio del área de donación era un acto ilícito. En este sentido, como sugiere Weber (2002) muchos de los valores y fines que parecen orientar la acciones de las personas no las podemos comprender a menudo, con plena evidencia, sino tan sólo, en ciertas circunstancias, captarlos intelectualmente. De esta manera, podemos interpretar que el método científico construye y expone las conexiones – subjetivas aprendidas condicionalmente (cultura)- del comportamiento humano que influyen en su acción (Weber, 2002). Dicha acción se estudia como la desviación de la acción puramente racional con un fin bien definido, la subjetividad se estudia científicamente como una desviación de un fin puramente racional (Weber, 2002). De esta manera, los resultados empíricos que mostramos de la apropiación del espacio con agricultura en un contexto urbano son una desviación en el curso racional de la construcción de las ciudades donde el gobierno se encarga de administrar y cuidar el territorio. Sin embargo, esta desviación permite la apropiación subjetiva del espacio en condiciones donde el espacio es ajeno. Por lo que consideramos que a través de nuevos aprendizajes podemos lograr una transformación en la forma que concebimos la realidad. En este plano, el modelo de aprendizaje asociativo de Rescorla-Wagner (1972) se basa en la teoría Pavloviana que tiene como punto central identificar una respuesta y un estímulo no condicionado, el ejemplo clásico es la salivación. En presencia de alimentos, las glándulas salivales se activan, sin necesidad de ningún tipo de adiestramiento anterior. A esto se le llama fuerza asociativa entre un estímulo neutral y una respuesta incondicionada (Rescorla & Wagner, 1972). De esta manera, suponemos que un estímulo neutral es el espacio y que la respuesta incondicionada es apropiarlo. Como argumento lógico establecemos que si A es un organismo que ocupa un lugar en un espacio y tiempo definido, y que B es otro organismo en el mismo tiempo definido. Luego entonces, solo si A se desplaza B puede ocupar su lugar. Es decir, toda vez que un espacio esté disponible puede ser ocupado. Por ejemplo, si soy expuesto a ver a personal de limpieza en un área

de donación, cada vez que los observe aprendo que esa área pertenece al municipio, que es ajena y que no es mi responsabilidad cuidarla. En este proceso, reconocemos que hablamos de procesos dinámicos complejos y adaptativos que incorporan tanto actitudes personales, como roles institucionales de la administración pública y que cuando ambos se unen generan normas de conducta (Hofstede, 2018). Es importante resaltar, que son procesos dinámicos adaptativos y que podemos orientarlos en alguna dirección a través de procesos de aprendizaje asociativo. Por ejemplo, si en ensayos sucesivos percibo el espacio como ajeno, es decir está ocupado o es de alguien más, la apropiación del espacio que lleve a cabo será como un contenedor de residuos. Es decir, cuando separamos la basura e incluso cuando la depositamos en contenedores especiales. Estamos apropiando un espacio ajeno, los rellenos sanitarios. Sin embargo, debido a que no lo observamos directamente ante nuestros ojos es como si la basura desapareciera. En este caso, el estímulo neutral es el espacio y la respuesta incondicionada es apropiarlo. De esta manera, si ensayamos con un estímulo condicionado donde el espacio aparece ante nuestros ojos como ajeno, y con una respuesta condicionada donde el espacio ajeno sirve para depositar basura. Después de varios ensayos habremos aprendido que en presencia de un espacio ajeno la apropiación es como contenedor de basura. Por el contrario, si cambiamos la respuesta ante el estímulo neutral. Es decir, si exponemos a los vecinos de la colonia a ensayos en los que un agente apropia el espacio ajeno con cultivos, con plantas y con árboles. Además, dicho agente periódicamente limpia el área de donación los vecinos aprenden con cada ensayo que el espacio es propio y que ellos también lo pueden apropiar. De esta manera, se reduce la apropiación con basura y escombros. Como lo demuestran los resultados de este estudio de caso. Por otro lado, el modelo basado en agente que se presentó arriba permitió capturar la complejidad de los procesos de apropiación del espacio. Dichos procesos, se estudiaron como mecanismos de aprendizaje asociativo y los resultados simulados son consistentes con los resultados medidos en campo. De esta manera, tal correspondencia evidencia que los parámetros usados en dicho modelo corresponden a procesos empíricos. Además, el modelo basado en

agentes que discutimos permite ajustar los parámetros de tasa de aprendizaje y extinción. De esta manera, se pueden obtener mediciones empíricas en diferentes contextos y ajustar los parámetros del modelo con la finalidad de validar el su desempeño. Por último, señalamos que los resultados de las simulaciones del modelo presentado son relevantes desde un punto de vista metodológico. Es decir, que podemos emplear un enfoque que incorpore tanto evidencia empírica como resultados simulados. Sin embargo, una crítica que se hace a este tipo de estudios, en los que se usan los datos empíricos para generar un modelo de simulación, es que las respuestas emergentes del modelo pueden considerarse respuestas impuestas (Railsback, 2001). No obstante, este enfoque es un avance en los estudios de validación de los modelos basados en agentes.

Conclusiones

Podemos establecer que el modelo del aprendizaje asociativo de Rescorla-Wagner (1972) es útil en el estudio de la apropiación del espacio como aprendizaje condicionado. Además, que existe una relación positiva entre el aprendizaje asociativo y la apropiación del espacio. De esta manera, se pueden ensayar procesos de aprendizaje asociativo en donde el espacio ajeno sea percibido como un espacio propio. En nuestro trabajo dicho aprendizaje se logró con agricultura en un periodo de dos años. La tasa de aprendizaje de 0.84 que fue usada en el modelo arrojó resultados de simulaciones similares a los obtenidos en el estudio empírico. Por lo que consideramos que el modelo presentado es útil en el estudio de la apropiación del espacio como aprendizaje asociativo.

Bibliografía

1. Behrens, T., Mark, W., Walton, M., Matthew, R. 2007. Learning the value of information in an uncertain world. *Nature Neuroscience*. Volume 10, Number 9.
2. Black, A., Prokasy, W. 1972. *Classical Conditioning II: Current Theory and Research*. Appleton – Century – Crofts, New York. Educational Division, Meredith Corporation. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/233820243_A_theory_of_Pavlovian_conditioning_Variations_in_the_effectiveness_of_reinforcement_and_non_reinforcement/link/00b495321aae3132e8000000/download
3. Chombart, P. 1976. Appropriation of space and social change. Center of social Ethomogy and Psychosociology 1. Disponible en: <https://iaps.architexturez.net/doc/oai-iaps-id-iaps-00-1976-001>
4. Cicourel Aaron, Victor. 1982. *El método y la medida en sociología*. Traducción De Eloy Fuente Herrero. Editorial Nacional. España.
5. Durkheim, Émile. 2001. *Las reglas del método sociológico*. Fondo de cultura económica. Traducción Ernestina De Champourcín.
6. Epstein, Joshua M. 2013. *Agent-Zero Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science*. Princeton University Press.
7. Epstein, J., Robert A. 1996. *Growing artificial societies. Social Science from the Bottom up*. The Brooking Institute.
8. Faragó, László. 2016. The social (sociological) turn in the discourse about space. *Romanian Review of Regional Studies*, Volume XII, Nंबर 1, 2016. Disponible en <http://rrrs.reviste.ubbcluj.ro/arhive/Artpdf/v12n12016/RRRS12120161.pdf>.
9. Fontana-Giusti, DGK. 2016. *The Unconscious and space Venice and the work of Albrecht Durer*. In: Shannon, H. J., Lorens E. H. *Architecture and the Unconscious*. ImprintRoutledge.
10. Gershenson, Carlos. 2007. Design and control of self organizing systems. *Coplt ArXives*.

11. Granada, Henry. 2001. El ambiente social. *Investigación y desarrollo*, vol. 09, núm, 1, julio, 2001, pp. 388-407. Universidad del Norte Barranquilla, Colombia. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/268/26890102.pdf>.
12. Hofstede Jan, Gert. 2018. Artificial sociality. Disponible en <https://geerthofstede.com/wp-content/uploads/2018/05/Artificial-sociality-2018-05-22-Web-version.pdf>.
13. Holland, J. 2005. Sistemas Adaptativos Complejos. Redes Neuronales. Traducción de Alejandro Pazos y Antonio Rivas. Disponible en https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9449/CC_019_art_10.pdf
14. Kauffman, E. 1993. The origins of order : self-organization and selection in Evolution . Oxford University Press, New York.
15. Lazarfeld, P.F., Raymond, B. 1985. *Metodología de las ciencias sociales, de los conceptos a los índices empíricos*. Ed. Laia. Social sciences 528 p.
16. Lehrer, Jonah. 2009. *How we decide?* Houghton Mifflin Harcourt. Boston-New York.
17. Loukaki, Argyro. 2014. The geographical Unconscious. Routledge.
18. Mazoyer, M., Laurence, R. 2006. *A history of world agriculture*. ED. EARTHSCAN. London. 520 pp.
19. Noschis, K., Maria-José D., Pierre Feddersen, P., Euphrosyne, T. 1978. Appropriation of space: a method and two case studies. *Ekistics*. Vol. 45. No. 273.
20. ONU, 2016. *Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III) Nueva agenda urbana*.
21. ONU-HABITAT.2016. Reporte Ciudades del mundo. Urbanización y Desarrollo: futuros emergentes.
22. Pol. E. 1996. La apropiación del espacio. En L. Iñiguez y E. Pol (Coord) *Cognición, representación y apropiación del espacio*. Barcelona, Publicacions Universitat de Barcelona, Monografias Psico/Socio/Ambientals n°9.

23. Railsback, S. 2001. Concepts from complex adaptive systems as a framework for individual-based modeling. *Ecological Modelling* 139 (2001) 47-62.
24. van Fraassen, Bas C. 1970. *An introduction to the philosophy of time and space*. Random House in 1970.
25. Vinicius M. Netto, Joao Meirelles, and Fabiano L. Ribeiro. 2017. Social Interaction and the City: The Effect of Space on the Reduction of Entropy complexity. Volume 2017, Article ID 6182503, 16 pages. <https://doi.org/10.1155/2017/6182503>
26. Vogel, E., Fabián, A., Castro, M., Paola, S. 2006. Modelos matemáticos del condicionamiento clásico: evolución y desafíos actuales. 2006. *Revista Latinoamericana de Psicología*, volumen 38, N° 2, 215-243.
27. Weber, Max. 2002. *Economía y sociedad. Fondo de cultura económica*. Traducción: José Medina Echavarría, Juan Roura Farella, Eugenio Imaz, Eduardo García Máñez y José Ferrater Mora.
28. William, C. 2007. *Re-Engineering Philosophy for limited beings*. Harvard University Press.
29. Wilensky, U. William, R. 2015. *An introduction to Agent-Based Modeling*. Modeling Natural, Social and Engineered complex systems with Netlogo. MIT Press.
30. Wilson, W.J. 2012. *The Rescorla-Wagner Model, Simplified*. Albion College. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:n-4iMzqS848J:campus.albion.edu/wjwilson/files/2012/03/RWSimplified.pdf+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=mx>

Anexo 1.

Código Netlogo

patches-own [use]

turtles-own [energy]

breed [agricultors agricultor]

```

breed [vecinos vecino]
breed[contaminadors contaminador]
to setup
  ca
  setup-turtles
  setup-patches
  reset-ticks
end

to setup-patches
ask patches with
[(random-float 100) < 20]
[set pcolor yellow]
ask patches [ if pcolor = yellow [ set use "apropiable"]]
end

to setup-turtles
  create-agricultors 1 [setxy random-ycor random-xcor set color green ]
  create-vecinos 80 [setxy random-ycor random-xcor set color violet ]
  create-contaminadors 20 [setxy random-ycor random-xcor set color red ]
  ask turtles [set shape "person"]
end

to go
  move-agricultors
  move-vecinos
  move-contaminadors
  tick
  if ticks mod 360 = 0 [stop]
  ;if ticks mod 90 = 0 [stop]
end

```

```

to move-agricultors
  ask agricultors [fd 1]
  ask agricultors
  [if use = "apropiable" [set pcolor green ] ]
end
to move-contaminadors
ask contaminadors[fd 1]
ask contaminadors[if use = "apropiable" [set pcolor brown]]
end
to move-vecinos
ask vecinos[fd 1 ]
ask vecinos
  [ if can-move? 1 [
    if any? agricultors-on patch-ahead 1 [set energy energy + Positive_Reinforce ]
    if energy >= 0.8 [set color green ]]]
ask vecinos[
  if (color = green) and (energy >= 0.8) and (use = "apropiable") [set pcolor
green]]
ask vecinos
[if energy > 0.8 [ set energy energy - Negative_Reinforce
  if      energy      <      0.8          [set      color      violet]]]

```

CAPÍTULO 4

MODELO DE SIMULACIÓN BASADO EN AGENTES EN LA APROPIACIÓN DEL ESPACIO EN UN HUERTO ESCOLAR⁴⁷

Álvaro Vélez Torres, Ricardo Valdez Cepeda e Irineo López Cruz

Resumen

Realizamos un estudio exploratorio de la emergencia de conflictos-soluciones en ausencia de mecanismos de control de arriba hacia abajo en la apropiación del espacio con agricultura. La investigación se realizó en la escuela primaria Urbana No. 23 en León, Guanajuato, México. Usamos un método de seguimiento, y con los resultados construimos un modelo de simulación basado en agentes en ambiente Netlogo para estudiar la tasa de apropiación del espacio en función de diferentes probabilidades de apropiación (0.8, 0.5, 0.3 y 0.1). Obtuvimos una similitud entre los datos simulados y los datos medidos. En el séptimo año de las simulaciones la media de agentes que se apropió del espacio fue del 61 por ciento contra 60 por ciento de alumnos que se apropiaron del espacio en el estudio de campo.

Palabras clave: Aprendizaje asociativo, apropiación del espacio, simulación computacional y neurociencia.

Abstract

We conducted an exploratory study of the emergence of conflicts-solutions in the absence of top-down control mechanisms in the appropriation of space with agriculture. The research was conducted at Urbana No. 23 elementary school in León, Guanajuato, Mexico. We use a follow-up method, and with the results we build a simulation model based on agents in the Netlogo environment to study the appropriation rate of space according to different appropriation probabilities (0.8, 0.5, 0.3 and 0.1). We obtained a similarity between the simulated data and the measured data. In the seventh year of the simulations, the average of agents that appropriated the space was 61 percent against 60 percent of students who appropriated the space in the field study.

Keywords: Associative learning, space appropriation, computational simulation and neuroscience.

⁴⁷Este artículo fue enviado a la revista Papeles de Población y actualmente esté en proceso de revisión.

Introducción

Al estudiar la agricultura nos enfrentamos a dividir nuestro objeto de estudio y seleccionar que parte nos interesa estudiar, por ejemplo; estudiar el sistema suelo, la biología de las plantas, las interacciones entre poblaciones, los conocimientos culturales de producción, las instituciones necesarias para la innovación tecnológica, la comercialización o la distribución, por mencionar algunas. Además, se hace una división entre un contexto rural y un contexto urbano, que hoy día es casi imposible. Una vez que seleccionamos la parte de la agricultura que nos interesa estudiar, así como el contexto, enfrentamos otra dificultad. Es decir, definir nuestro problema de investigación, en la mayoría de los casos se recurre a formular una pregunta, plantear una hipótesis tentativa y llevar a cabo un estudio para someterla a prueba. En este sentido, los modelos científicos, en su mayoría, implican confiar en el modelo clásico de pensamiento (Gershenson, 2007). En otras palabras, descomponer un problema en sus partes, asumir ciertas leyes que determinan la trayectoria del sistema en el futuro -también como en el pasado-, suponer que es un conocimiento objetivo – igual para todos los observadores- y que al obtener un conocimiento completo de un fenómeno – racionalidad completa- un agente escogerá la opción que maximice su utilidad funcional (Gershenson, 2007). Es necesario enfatizar que bajo esta suposición los fenómenos reversibles tienen cavidad. Sin embargo, todos los procesos termodinámicos están dirigidos por la flecha del tiempo por lo que se consideran irreversibles (Prigogine et al 1984). Lo cual permite, tomar al tiempo como la variable independiente de cualquier fenómeno (Prigogine et al 1984). En este contexto, el estudio de los sistemas físicos simples de pocos componentes, y de muchos componentes cercanos al equilibrio, soportaron la idea de éste paradigma científico que se reduce a mecanismos lineales causales (Hooker, 2011). Además, la aceptación de leyes fundamentales, así como la separación de la contingencia de las condiciones iniciales llegaron a ser los requisitos básicos de toda explicación (Hooker, 2011). Sin embargo, en 1969 Edward Lorenz mientras

trabajaba con modelos atmosféricos en un ordenador por accidente vario mínimamente las condiciones iniciales de un modelo (0, 506127 a 0, 506) esta pequeña variación en el modelo se tradujo en un comportamiento no lineal y aperiódico, es decir impredecible (Gleick, 1987). A pesar de ello, dicho comportamiento caótico presentaba un patrón recurrente organizado alrededor de un atractor (Gleick, 1987). Sumado a lo anterior, dos décadas antes encontramos un registro de Weaver (1948) que señala que si bien el estudio de dos variables a la vez ha propiciado avances sorprendentes en la ciencia y en la tecnología, los seres vivos ejecutan procesos que involucran una media docena de variables o incluso varias docenas que interactúan simultáneamente. Además, muchas de esas variables no son cuantitativas, por lo que su estudio implica un conjunto complejo organizado (Weaver, 1948). A finales del siglo XIX algunos científicos, físicos y matemáticos, desarrollaron poderosas técnicas de teoría de probabilidad y mecánica estadística para hacer frente a “millones de variables”, es decir problemas de complejidad desorganizada (Weaver, 1948). No obstante, aunque establezcamos la correlación entre variables, los resultados no nos dicen el por qué dichas variables se correlacionan (Weaver, 1948). Por otro lado, la complejidad organizada busca un punto medio entre la simplicidad y la complejidad desorganizada, no se presta atención al número de variables que desde luego es mayor que dos pero menos que las de la complejidad desorganizada, además se tratan simultáneamente con un número considerable de factores que están interaccionando en un todo orgánico (Weaver, 1948). Al respecto, en el enfoque de la complejidad se estudian dos o más cosas distintas que están unidas de tal manera que es difícil separarlas, por lo que el método analítico por sí solo no permite entender la complejidad (Gershenson, 2007). Desde los trabajos de Ashby (1962) se trataba de proponer un entendimiento que permitiera identificar en qué condiciones un sistema está organizado, de esta manera estudiar su evolución, las principales conjeturas que ofrece Ashby (1962) son que toda organización es un conjunto de restricciones, las cuales indican que C es una respuesta de B pero que en el fondo dichas restricciones son arbitrarias e impuestas por el observador. Al respecto Von-Foerster (1996) sugiere que el

principal problema al que se enfrenta una persona que estudia sistemas es establecer los límites, y que dichos límites del sistema, en todos los casos, dependen del observador. Tanto Ashby (1962), Von-Foerster (1996), así como Wiener (1989) recurren al concepto de auto organización en la explicación del comportamiento de los sistemas, principalmente porque permite identificar comportamientos emergentes, impredecibles, que son estables en algunos estados de fase de los sistemas. Lo cual sugiere que podemos acotar la auto organización en un sistema a la evolución de sus partes separadas a partes unidas (Asbhy, 1996). Además, auto organización se refiere a la emergencia de patrones estables a través de agentes a nivel micro (Anzola, et al, 2016). En las ciencias de la complejidad se llama emergencia a un patrón, generado, por interacciones entre agentes y el ambiente (Epstein y Axtell, 1996). Además, debido a que la emergencia es de abajo hacia arriba podemos llamar a esto un fenómeno de auto organización (Epstein & Axtell, 1996). En este entendido, podemos encontrar investigaciones que estudian la emergencia de la auto organización en sistemas dinámicos (Wright et al, 2001; Gershenson and Nelson, 2013; Anzola, 2016). También, trabajos que estudian la emergencia de la auto organización en sociedades artificiales (Axtell & Epstein, 1994; Epstein & Axtell, 1996, Axelrod, 1997, Epstein, 2007, Epstein, 2013, (vageingin). Sin embargo, los estudios de la emergencia de auto organización para resolver conflictos desprendidos de la apropiación del espacio con agricultura en un contexto urbano, y en donde la agricultura es una actividad no presente en el sistema son nulos. La relevancia de estudiar dicho proceso descansa en la necesidad urgente de aprender a producir alimentos en contextos urbanos (ONU, 2016) principalmente cuando las personas no están familiarizadas con dicha actividad. Además, al estudiar la auto organización encontraríamos soluciones que emergieran de abajo hacia arriba, de esta manera las personas podrían auto regularse y llegar a acuerdos en ausencia de un controlador central. Con esto en mente, el propósito de la presente investigación fue hacer un estudio exploratorio de la apropiación del espacio con agricultura en un contexto urbano, de esta manera estudiar los conflictos que emergen y la forma en que se solucionan. En este fin, recurrimos a

la implementación de huertos escolares en una escuela primaria denominada urbana No. 23 Ford 1 ubicada en la colonia San Miguel del municipio de León, Guanajuato, México. Los trabajos se llevaron a cabo de enero del 2017 a diciembre del 2017⁴⁸. Cabe señalar que la agricultura es una actividad desconocida en la escuela, nunca se había llevado a cabo, y que la mayoría de los alumnos son ajenos a esta práctica. De esta manera, los resultados obtenidos pueden ser catalogados como emergentes debido a que no se encontraban antes en la historia del sistema. Al inicio de los huertos intuíamos que emergerían conflictos, sin embargo desconocíamos de qué manera se solucionarían, en otras palabras si emergería algún atractor estable o por el contrario la no solución sería la respuesta, y el sistema nunca alcanzaría algún equilibrio. Se trabajó con 36 alumnos de 5 ° año, se formaron tres equipos mixtos con base en la teoría de zonas desarrollo próximo (Corral, 2011). Algunos de los resultados más destacados son que emergió un proceso de auto organización en la resolución de conflictos desprendidos de la asignación de tareas en los huertos, dicha auto organización se concretó en un cronograma de actividades, dicho cronograma fue idea de una niña de 10 diez años. Es importante señalar que ella no encabezaba el proyecto, que una vez que propuso la idea no figuro como líder y que la idea surgió independientemente del conocimiento de la maestra en turno, el comportamiento de los tres equipos se mantuvo estable hasta la cosecha. Contradictoriamente, cuando los mismos alumnos trabajaron en un espacio más reducido – un invernadero- y pese a tener un cronograma de actividades los conflictos no se resolvieron. En este recorrido, el comportamiento fue caótico y no se estabilizó en ningún momento desde la siembra hasta la cosecha, es decir no se resolvieron los conflictos, por el contrario emergían conflictos distintos continuamente. Al finalizar los huertos, así como la siembra en invernadero se aplicaron dos cuestionarios a los alumnos, en el primero se estudió la relación entre reducción de conflictos y cronograma de actividades en los huertos. Al respecto se identificó que el 100 por ciento de los alumnos confirmo que el cronograma de actividades redujo los conflictos. En el segundo caso, se estudió la

⁴⁸ Cabe señalar que actualmente los trabajos están suspendidos por la contingencia del COVID-19.

reducción de conflictos y cronograma de actividades en el invernadero, el 86 por ciento de los alumnos respondió que el cronograma no redujo los conflictos, además el 50 por ciento respondió que el espacio no fue suficiente. Con esto en mente, se construyó un modelo de simulación basado en agentes en plataforma Netlogo que simulamos con diferentes probabilidades de apropiación del espacio (0.8, 0.5, 0.3 y 0.1) obtuvimos que en el séptimo año de las cuatro simulaciones la media de agentes que se apropió del espacio fue del 61 por ciento contra 60 por ciento de alumnos que se apropiaron del espacio en el estudio de campo. Por lo que consideramos que en la implementación de un huerto en un contexto urbano, en donde la agricultura es una actividad poco conocida debe existir al menos un cronograma de actividades que permita a todos los integrantes participar, que el espacio debe ser suficiente para llevar a cabo las actividades sin estar aprisionados y que todos deben de tener acceso al cronograma de tal manera que no haya un controlador central.

Métodos

El presente apartado está organizado de la siguiente manera, primero se describirá brevemente en qué consiste la técnica de modelado y simulación basada en agentes, posteriormente presentaremos el pseudo código que diseñamos en el estudio de la auto organización, y por último presentamos como se fue la recogida de los datos en campo.

Simulación basada en agentes

El enfoque metodológico del modelado y simulación basado en agentes según Axelrod (1997) en ciencias sociales es una tercera vía de hacer ciencia. No es inductiva porque el comportamiento de los agentes es aleatorio, no es deductiva porque la construcción del modelo es de abajo hacia arriba –bottom up- (Epstein, 2007). El modelado computacional basado en agentes es una nueva herramienta para investigación empírica que permite someter a prueba teorías, con enfoques interdisciplinarios (Epstein, 2007). Los modelos basados en agentes de procesos

sociales asumen que las sociedades son sociedades artificiales, en este enfoque las estructuras sociales fundamentales y los comportamientos grupales emergen de la interacción de operadores individuales en un ambiente artificial bajo reglas de decisión sencillas; los agentes tienen racionalidad limitada (Epstein y Axtell, 1996). Las sociedades artificiales son vistas como laboratorios, donde crecen ciertas estructuras para descubrir mecanismos locales o micro que son suficientes para generar estructuras macro sociales y comportamientos colectivos de interés (Epstein y Axtell, 1996).

Construcción del modelo

Construimos un modelo para estudiar la tasa de apropiación del espacio en función de diferentes probabilidades de apropiación. En este sentido, usamos una aproximación geográfica para determinar el área que fue usada por los niños en los huertos escolares. Posteriormente, determinamos diferentes grados de probabilidad de apropiación del espacio, es decir, este parámetro nos permitió identificar si el modelo presentaba alguna similitud ante diferentes condiciones iniciales.

El mecanismo de apropiación del espacio en la construcción del modelo de simulación basado en agentes tiene el siguiente pseudo código:

1. Crear una sociedad artificial de agentes (36 alumnos 5° y 664 alumnos de toda la escuela)
2. Divida la sociedad en grupos; apropiadores (5°), invasores todos los demás.
3. Asigne a los apropiadores una tarea de apropiar los espacios disponibles.
4. Establezca un mecanismo que permita a cada agente cuidar su área.
5. Establezca un mecanismo que permita a los invasores invadir el área de los apropiadores.
6. Con base en la función satisfacción-apropiación establezca un parámetro de apropiación del espacio (probabilidad de apropiación 0.8, 0.5, 0.3 y 0.1).
7. Establezca un tiempo discreto, y un período de 2400 días
8. Estudie cómo se comporta la curva de apropiación del espacio.

Las reglas de decisión para los agentes apropiadores e invasores es la siguiente: si hay una superficie disponible aprópiala. De esta manera simulamos el conflicto recurrente entre los niños que cuidan el huerto, y entre los niños que invaden el huerto, para mayor detalle ver anexo 1. Para determinar el tiempo de la simulación recurrimos de la siguiente manera: establecimos que los niños apropian el espacio escolar 5 días por semana, al mes son 20 días y al año son 240 días. Posteriormente, para captar el fenómeno en un período más amplio determinamos un tiempo de simulación de 2400 días.

Trabajo de campo

La primera etapa corresponde al ciclo de enero del 2017 a julio del 2017 que correspondió a la actividad del huerto en jardineras. La primera actividad realizada fue formar equipos, la maestra formó tres equipos debido a que en ese momento sólo existían disponibles tres áreas para llevar acabo la siembra. El criterio de selección fue apoyado en las zonas de desarrollo próximo (Corral, 2001) que establece que los alumnos con un desempeño académico similar desarrollarán más habilidades en la medida en la que participen con niños de su mismo nivel. De esta manera, un equipo de 10 alumnos de entre 9 y 10 de calificación general; en adelante equipo A, un equipo de 12 alumnos de 8 y 9 de calificación general; en adelante equipo B y un equipo de 14 de entre 7 y 8 de calificación general; en adelante equipo C. Una vez formados los grupos se sortearon tres jardineras, **ver figura 1**.



Figura 1. De izquierda a derecha, jardinera equipo A, jardinera equipo C y jardinera equipo B. Fuente: Elaboración propia

La siguiente actividad fue preparar la tierra y llevar a cabo la siembra, en la jardinera del equipo A se sembró maíz, frijol y un almacigo de jitomate. En la jardinera del equipo B se sembraron rábanos, y en la jardinera del equipo C se sembró maíz, frijol y rábanos. Posteriormente, los alumnos sugirieron delimitar el área de su huerto.

Debido a que estamos trabajando con fenómenos emergentes nos centramos en esperar a que surgieran conflictos e identificar de qué forma eran solucionados por los participantes. Al final del ciclo se aplicó un cuestionario, ver anexo 2 y 3.

La segunda parte del trabajo se llevó a cabo de agosto del 2017 a Diciembre del 2017. La primera actividad fue platicar con los alumnos sobre los cambios de temperatura que observamos en los meses de otoño a invierno y sus impactos en la agricultura. Además, se les invito a participar en la siembra de tomate, de chile y de jitomate en condiciones de invernadero. Se construyó un invernadero rustico y fue proporcionado a los alumnos. Además, se les proporciono tierra, semillas y bolsas de 2 litros. A continuación, se les solicitó que entre ellos se organizaran para comprar plástico y tapar el invernadero, **ver figura 2.**



Figura 2. Invernadero rustico proporcionado a los alumnos.

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente siguió la siembra en los semilleros y el llenado de bolsas. Ya con el antecedente del cronograma de actividades se les pidió a los alumnos que entre ellos formaran un cronograma de actividades para el cuidado y mantenimiento del cultivo. Cabe señalar que los alumnos ya cursaban el primer semestre de 6 ° de primaria, además que habían cambiado de maestro, por lo que todas las actividades del huerto las debían realizar a la hora de recreo. Como en el caso anterior, nos centramos en identificar la emergencia de conflictos y las formas de solución en ausencia de un controlador central. Por último, al final del ciclo se aplicó un cuestionario. En la tercera etapa siguiendo el método propuesto por Wilenski & William (2015) construimos un modelo de simulación basado en agentes.

Resultados

Primer ciclo

La siembra se llevó a cabo la primera semana de febrero, un día después de la siembra 02 de febrero del 2017, a una niña de diez años del grupo B se le ocurrió escribir un cronograma de actividades para el equipo. Los integrantes de ese equipo estuvieron de acuerdo y lo aceptaron. Dicho cronograma surgió en respuesta a solucionar los conflictos de asignación de tareas. En otras palabras, para saber a qué niña o niño le correspondía regar y cuidar el huerto cada día. Posteriormente, los equipos A y C adoptaron su propio cronograma de actividades. Es importante señalar que este fenómeno ocurrió en ausencia de la maestra o de algún otro maestro, o figura de control, por el contrario fue un comportamiento que emergió de un niño. Además, la niña de la idea no encabezaba el proyecto, no era de algún modo líder. Incluso después de proponer su idea no figuro como un organizador del trabajo o controlador central, **ver figura 3**.

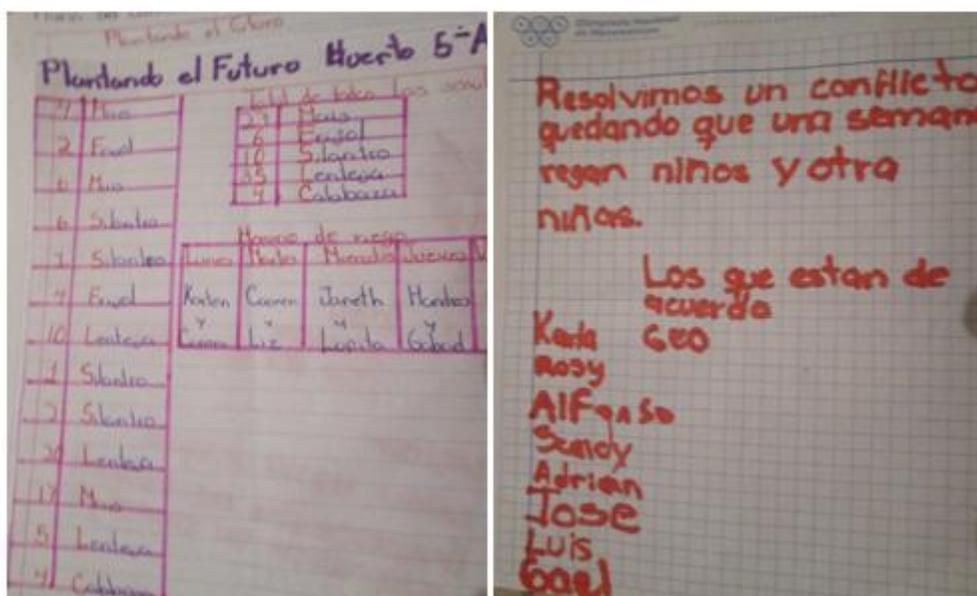


Figura 3. Cronograma de actividades. Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto relevante es que el 100 por ciento de los niños respondieron que el cronograma de actividades redujo los conflictos, **ver figura 4.**

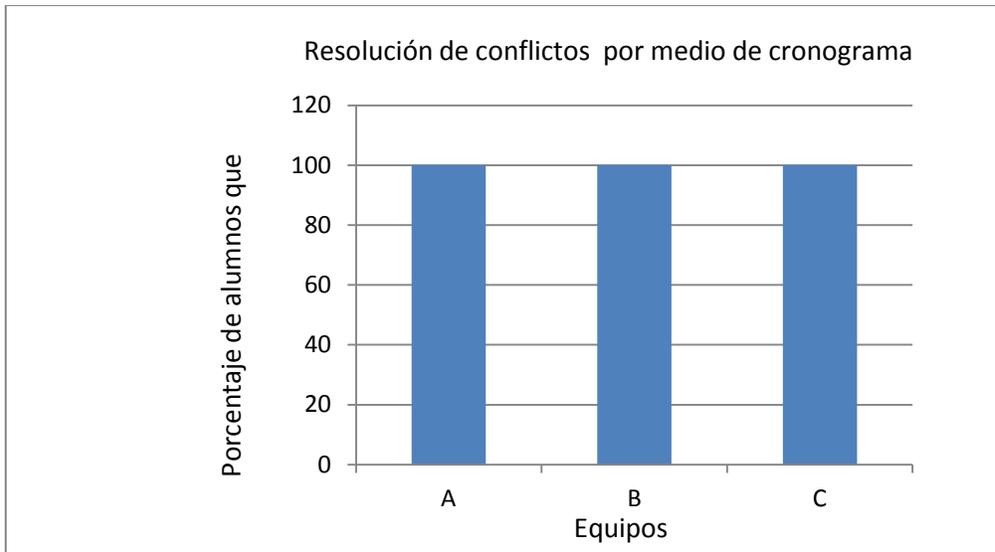


Figura 4. Porcentaje de resolución de conflictos con el cronograma

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la auto organización emergió un día después de la siembra. Después de haber emergido, los niños respetaron el cronograma hasta finalizar la cosecha. Por lo que podemos decir que el comportamiento se mantuvo estable, **ver figura 5.**



Figura 5. Emergencia de auto organización

Fuente: Elaboración propia

Algunos comentarios de los alumnos fueron que el huerto les permitió convivir con sus compañeros, en el espacio del huerto podía sentirse tranquilos y felices.

Además, el 60 por ciento de los alumnos respondió que consideraban el huerto como suyo debido al esfuerzo y trabajo que habían dedicado. Cabe señalar, que este porcentaje es relativo porque el 40 por ciento de los alumnos restantes no contestó esta pregunta.

Segundo ciclo

En esta etapa, los niños trabajaron como un solo equipo. Entre ellos midieron el invernadero para determinar la cantidad de plástico que necesitarían comprar, **ver figura 6.**



Figura 6. Proceso de tapado del invernadero. Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se llevó a cabo la siembra en almácigos para posteriormente trasplantar a bolsas de polietileno de 2 litros, **ver figura 7.**



Figura 7. Siembra y trasplante. Fuente: Elaboración propia

Después de este proceso de siembra, se dio paso al seguimiento. Sin embargo, en esta etapa comenzaron a emerger conflictos en la asignación de tareas. En este sentido, pese a tener un cronograma de actividades que fue consensuado por todos los alumnos, el 86 por ciento de los alumnos respondieron que el cronograma no resolvió los conflictos en la asignación de tareas. En otras palabras, que pese a tener un mecanismo de auto organización, dicha auto organización no redujo los conflictos emergentes. Las respuestas en este sentido fueron que no tenían acceso al cronograma, que algunos niños al no cooperar fueron excluidos del invernadero, que algunos niños no regaban el día que tenían asignado. Esta serie de desacuerdos propicio que al final del proyecto sólo un número reducido de niñas quedaran a cargo del invernadero. Es importante mencionar que en este proyecto el maestro en turno no se involucró, los niños llevaron a cabo todo el proceso de manera autónoma en las horas de recreo, **ver figura 8.**

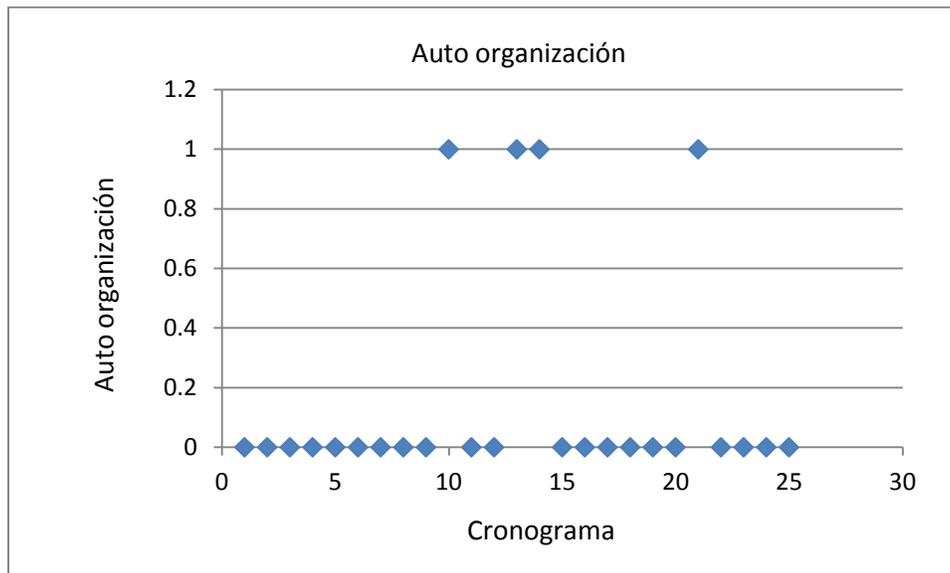


Figura 8. El 86 por ciento de los alumnos respondió que el cronograma no redujo los conflictos. Fuente: Elaboración propia

Al final, hubo una repartición de plantas. Sin embargo, los alumnos decidieron repartir en función del grado de participación. Es decir, los alumnos que participaron todo el proceso recibieron dos plantas, mientras que los que no participaron continuamente sólo una. Cabe mencionar, que 16 alumnos abandonaron el proyecto, **ver figura 9.**



Figura 9. Repartición de plantas. Fuente: Elaboración propia

Resultados del modelo de simulación

A continuación, ver figura 10, podemos observar una imagen de la interface en Netlogo. Los patches de color azules indican el espacio que ha sido apropiado por los agentes apropiadores. Los patches de color café indican el espacio que ha sido invadido por los agentes invasores. Los patches de color rosa indican la probabilidad de apropiación del espacio. Al inicio, los agentes se dividen en apropiadores de color rojo, y los invasores de color verde. Cuando un agente apropiador pasa por un patche de color rosa establece una nueva apariencia, cambia su color de rojo a negro y en este momento puede empezar a apropiar el espacio, es decir cuando camina en el mundo artificial a cada paso se apropia del espacio. Ver anexo 1, código Netlogo. Además, cada vez que pasa por un patche de color rosa establece una nueva ubicación asignada aleatoriamente. Por el contrario, los agentes invasores cada que caminan en el mundo artificial van reduciendo la superficie apropiada. Sin embargo, existen agentes que al terminar la simulación no se logran convertir en apropiadores, los resultados se muestran en la tabla 1.



Figura 10. Modelo apropiación del espacio, interface Netlogo.

Fuente: Elaboración propia

Simulamos el modelo cuatro veces con un tiempo discreto de 2400 días, y en cada ensayo o simulación variamos las diferentes probabilidades de apropiación. Encontramos que en el séptimo año de la simulación las cuatro curvas de apropiación presentaron valores similares. La varianza y desviación estándar fue de 51 y 7.1 respectivamente, ver cuadro 1. Es decir, que en las cuatro simulaciones con diferentes probabilidades de apropiación del espacio en el séptimo año el número de agentes que se apropió del espacio fue de 23, 19, 25 y 22 respectivamente. Cabe mencionar que el número de niños que se apropió del espacio en la primera etapa del proyecto cuando implementamos los huertos fue de 22 niños. Los resultados empíricos y los resultados de las simulaciones son muy cercanos.

Cuadro 1. Porcentaje de agentes que se apropiaron del espacio

Ensayo	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	64	2.5	6.25
2	52	-9.5	90.25
3	69	7.5	56.25
4	61	-0.5	0.25
Σ	246	0	153

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la **figura 11**, en el séptimo año de los cuatro ensayos todas las curvas de apropiación presentan un valor similar con una desviación estándar de 2.5. De esta manera, los modelos difieren por dos agentes con respecto de los resultados obtenidos en la fase empírica.

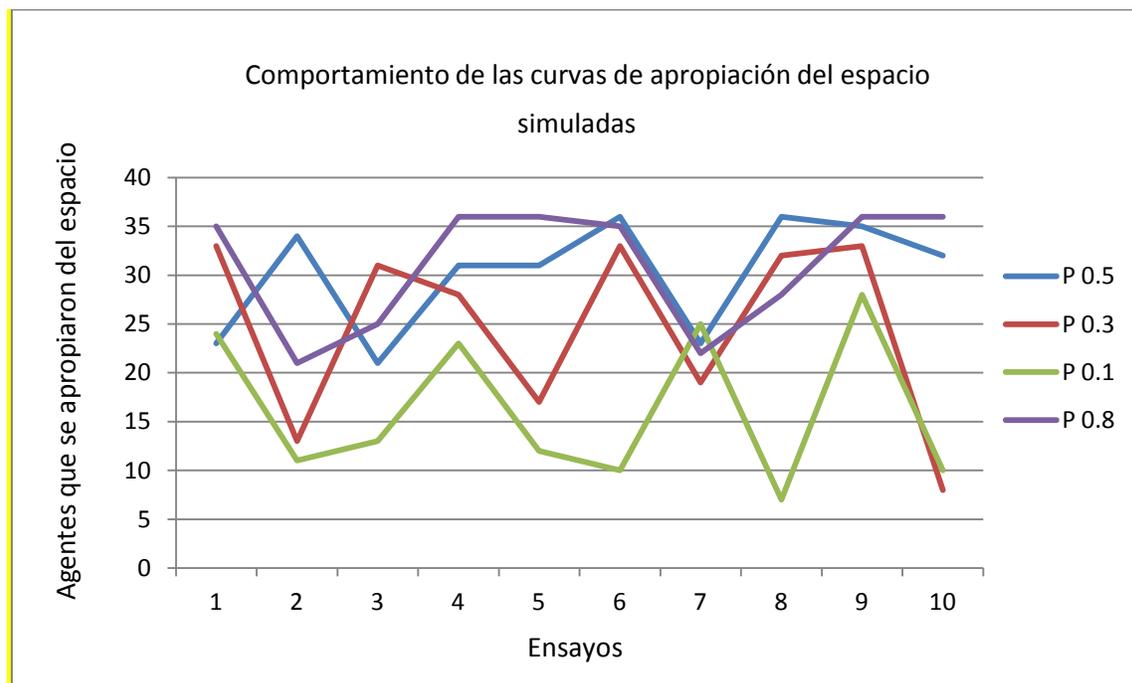


Figura 11. Comportamiento de las curvas de apropiación del espacio simuladas

Fuente: Elaboración propia

Además, encontramos que la probabilidad de apropiación del espacio tiene un efecto positivo en la tasa de apropiación. En promedio con una probabilidad del 0.8 de apropiación del espacio el 86 por ciento de los agentes se apropió del espacio. Con una probabilidad del 0.5 el 85 por ciento de los agentes se apropió del espacio. Sin embargo, con las probabilidades de 0.3 y 0.1 los porcentajes fueron de 69 y 45 respectivamente. Lo que nos hace suponer que entre mayor sea el acceso al espacio mayor será la tasa de apropiación, **ver figura 12**.

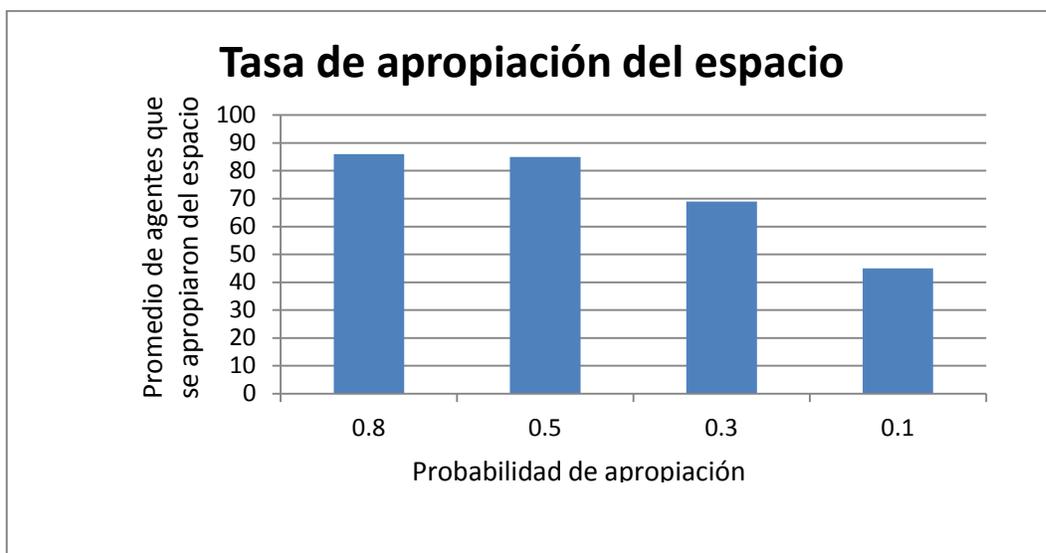


Figura 12. Resultados promedio de agentes que se apropiaron del espacio con diferentes probabilidades de apropiación

Fuente: Elaboración propia

Discusión

En nuestro estudio, encontramos una contradicción entre la emergencia de la auto organización en el huerto escolar y en el invernadero. En el primer caso de estudio, la auto organización emergió en un cronograma de actividades. Dicho cronograma de actividades redujo los conflictos desprendidos de la asignación de tareas. En el segundo caso, la auto organización no fue un proceso emergente, es decir desde el inicio del segundo ciclo se formuló un cronograma de actividades, por lo que ya existía en el sistema. Sin embargo, pese a tener un cronograma de

actividades los conflictos de asignación de tareas no fueron solucionados. Esta contradicción, sin embargo, presenta diferentes peculiaridades. Primero, en los tres equipos formados al principio del proyecto cada equipo tenía un área específica para el huerto. En segundo lugar, la maestra permitía a los integrantes del equipo que correspondía cada día salir a regar su huerto. Contradictoriamente, en el segundo caso, en el invernadero los niños no tenían un espacio delimitado, y además sólo podían regar en la hora de recreo. De esta manera, algunos niños preferían jugar y comer en lugar de cuidar y regar el huerto.

Al estudiar la auto organización, con base en la teoría de modelado basado en agentes (Epstein & Axtel, 1996). Se reconoce que un fenómeno es emergente cuando súbitamente de relaciones simples o complejas aparece un patrón o comportamiento estable. Dicho patrón, debe cumplir las siguientes restricciones: debe emerger de entre agentes que son autónomos en sus decisiones, debe haber una relación directa entre el agente y su ambiente, por último todos los agentes comparten las mismas reglas sencillas de decisión. Con autonomía nos referimos a que no hay un mecanismo encargado de comandar y dirigir todas las acciones. Por otro lado, aunque no existe un consenso absoluto sobre el concepto de auto organización debido a las implicaciones epistemológicas que trae consigo (Ghersenon, 2007) consideramos que la auto organización es un comportamiento estable que no se encontraba al iniciar un evento (Asbhy, 1962). Con base en estos supuestos, consideramos que el cronograma de actividades que usaron los niños es un fenómeno de auto organización debido a que no se encontraba al inicio del proyecto, además no fue implantado de arriba hacia abajo, sino de abajo hacia arriba. Una vez que emergió, los dos equipos restantes lo adoptaron, es decir se convirtió en una regularidad. A hora, si tomamos el principio de control de la cibernética (Wiener, 1996) podríamos establecer que un mecanismo de reducción de conflictos para la asignación de tareas en la agricultura⁴⁹, visto como un sistema que se adapta a través de una retroalimentación positiva, podría ser un cronograma de actividades. Además,

⁴⁹ A través de huertos escolares en una escuela primaria en el contexto urbano.

dicho cronograma debería ser dinámico y captar nuevos cambios como cambio de horarios y de actividades. Otro componente encontrado en este estudio exploratorio fue la apropiación del espacio, según Pol (1996) las acciones que transforman el espacio tiene un efecto en la forma en la que se construye el espacio. Como ha señalado Lefebvre (2013) si construimos el espacio como una mercancía sólo en la medida en la que tenemos un título de propiedad lo cuidaremos. Sin embargo, el concepto de apropiación del espacio de Pol (1996) nos permite estudiar la apropiación del espacio del que no se tiene propiedad legal, sin embargo dicha apropiación tiene efectos positivos en el ambiente y en las personas. En esta línea, los resultados de que el 60 por ciento de los niños (22 alumnos) reconoció el espacio como propio debido a las transformaciones que ellos realizaron nos indica que el concepto de apropiación del espacio de Pol (1996) captura dichos procesos. Contrariamente, en el segundo caso de estudio sólo el 30 por ciento de los alumnos considero el espacio propio debido a que no todos los alumnos tenían acceso a transformarlo.

En el plano del modelado basado en agentes, uno de los retos es encontrar alguna similitud con la realidad empírica que se desea estudiar. En las últimas décadas, el uso de los modelos basados en agentes en ciencias sociales ha estado orientado a contrastar los datos de la simulación con los datos empíricos (Liu, 2011). En general, el termino validación quiere decir una buena correspondencia entre un sistema real y un modelo artificial (Liu, 2011). En este sentido, cuando simulamos el modelo con diferentes probabilidades de apropiación del espacio encontramos que en el séptimo año todas las simulaciones se comportan similarmente. Encontramos que la variación en las condiciones iniciales no altero los resultados obtenidos, por lo que podemos hablar de una robustez del modelo o de una validación interna (Liu, 2011). Además, la similitud entre los resultados obtenidos empíricamente con los obtenidos en el séptimo año de las simulaciones con diferentes probabilidades de apropiación puede ser considerada una validación empírica del modelo como sugiere (Windrum et al, 2007, Wilensky and Rand, 2007 en Olaru et al, 2009).

Conclusiones

Con base en la información recabada en el estudio exploratorio, consideramos que la autoorganización puede ser implementada desde el inicio de un huerto escolar usando un cronograma de actividades. Sin embargo, en el sentido estricto no sería un fenómeno emergente porque estaría presente desde el inicio del sistema. Luego entonces, el cronograma puede ser un mecanismo de control para reducir conflictos. El segundo punto, es que la asignación y delimitación de un espacio es necesario en la apropiación del espacio, el cual es un mecanismo de cohesión del grupo. Pese a ser estos mecanismo, procesos deterministas son reflejo de procesos complejos de interacciones entre agentes como fue mostrado mediante el uso del modelo basado en agentes que implementamos. Sugerimos que el modelo presentado es útil en el estudio de la apropiación del espacio con agricultura en un contexto donde es una actividad nueva. Dicho modelo explica la tasa de apropiación del espacio en función de la probabilidad de apropiación.

Bibliografía

1. Anzola, D., Barbrook-jhonson, P.& Cano, J.I. 2017. Self- Organization and social science. *Comput Math Organ Theory* (2017) 23:221. DOI. 10.1007/s10588-016-9224-2.
2. Asbhy, R.W. 1962. Principles of the self organizing system. In *Co Special Double Issue* vol.6.
3. Axelrod, R. 1997. The complexity of cooperation agent based models of competition and collaboaratio. Ed. Princeton studies in complexity.
4. Axtel, R. Joshua, E. 1994. *Agen-Based Modeling: Understanding our crations*. The bulletin of Santa Fe Institute.
5. Corral, R., R. 2001. El concepto de zona de desarrollo próximo: una interpretación. *Revista Cubana de Psicología*. Vol. 18, No.1.
6. Epstein, J. 2007. *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton, NJ: Princeton University Press. Chapter I.

7. Epstein, J.M. 2013. Agent-Zero Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science. Princeton University Press.
8. Epstein, J., Robert A.1996. Growing artificial societies. Social Science from the Bottom up. The MIT Press.
9. Gershenson, C. 2007. Design and control of self organizing systems. Coptl ArXives.
10. Gershenson, C., Nelson, E.2013. Complexity and information: Measuring Emergence, Self-organisation, and Homeostasis at Multiple Scales. arXiv:1205.2026v2.
11. Gleick, J. 1987. Chaos Making a New Science. ESPA-BOOK. Traducción Juan Antonio Gutiérrez.
12. Hooker, C.2011. Philosophy of complex system. Elsevier. ISBN: 978-o-444-52076-0.
13. Lefebvre, H. 2013. La producción del espacio. Ed. Capitán Swing. Traducción Emilio Martínez Gutiérrez.
14. Liu, F. 2011. Validation and Agent-based modeling: a practice of contrasting simulation results with empirical data. New Mathematics and Natural Computation. Vol 7, No. 3(2011) 515. DOI. 10.1142/S1793005711002050.
15. Olaru, D., Sharon, P., Denize, S. 2009. Alternative ways of verification and validation of computational models: A case of replication in the innovation networks.
16. ONU. 2016. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III) Nueva agenda urbana.
17. Pol, E. (1996) La apropiación del espacio. En L. Iñiguez y E. Pol (coord.) Cognición, representación y apropiación del espacio. Barcelona, Publicacions Universitat de Barcelona, Monografies Psico/Socio/Ambientals n°9.
18. Prigogine, I., Norbert, W., Stengers, I. 1984. Order out fo chaos: Man´s new dialogue with nature. Batman New Age Books. 335 pages.
19. Von-Foerster, H. (1996). Cibernetica de la cibernetica. En H. von Foerster, *Las semillas de la cibernetica* (pp. 89-93). Barcelona: Gedisa.

20. Weaver, W. 1948. Science and Complexity. *American Scientist*, 36:536 (1948).
21. Wiener, N. 1989. *Cybernetics and society*. Free Association Books/London/1989.
22. Wilensky, U. William, R. 2015. *An introduction to Agent-Based Modeling. Modeling Natural, Social and Engineered complex systems with Netlogo*. MIT Press
23. Wright W.A., Smith R.E., Danek, M., Greenway P. (2001) A generalizable Measure of Self-organisatio and Emergence. In: Dorffner G. Bischof H., Hornik K. (eds) *Artificial Neural Networks – ICANN 2001*. Lecture Notes in Computer Science, Vol 2130. Springer, Berlin, Heidelberg.

Anexo 1. Código Netlogo

```
breed [agricultores agricultor]
breed [noagricultores noagricultor]

to setup
  ca
  import-pcolors "Escuela-ford4.jpg"
  ask patches [ if pcolor < 137.1 [set pcolor yellow]]
  ask patches [ if pcolor = 137.1 [ set pcolor pink]]
  ask patches [ if pcolor = pink [ set pcolor yellow]]
  setup-turtles
  reset-ticks
end

to setup-turtles
  create-agricultores 36 [ setxy random-ycor random-xcor set color red set shape "person" set size 1]
  ;create-noagricultores 200 [ setxy random-ycor random-xcor set color green set shape "person" set size 1]
  create-noagricultores 634 [ setxy random-ycor random-xcor set color green set shape "person" set size 1]
end

to no-pasar
  move-to patch-here
  let alfrente patch-ahead 2
  ifelse alfrente = NOBODY [ set heading heading + 135]
    [ if [pcolor] of alfrente = black [set heading heading + 135 ] ]
end

to go
  ask turtles [ fd 1 no-pasar ]
  ; ask agricultores [ if pcolor = pink [setxy 0 0 set color black ]]
  ask agricultores [ if pcolor = pink [setxy random-ycor random-xcor set color black ]]
  ; ask agricultores [ if pcolor = pink [setxy -19 10 set color black ]]
  ask turtles [ if color = black [ set pcolor blue]]
  ask turtles [ if color = green and pcolor = blue [set pcolor brown]]
  tick
  if ticks mod 2400 = 0 [stop]
end
```

Anexo2. Cuestionario aplicado en la primera etapa

Nombre:

Fecha:

1. ¿Cómo se repartieron las jardineras?
2. ¿En cuál jardinera trabajaste?
3. ¿Te hubiera gustado otra jardinera? Si No ¿Por qué?
4. ¿A quién se le ocurrió la idea de hacer un cronograma para regar y cuidar el huerto?
5. ¿Sabes por qué se le ocurrió hacer un cronograma para regar y cuidar el huerto?
6. ¿Crees que esto fue útil? Si No ¿Por qué?
7. ¿Consideras que la jardinera en la que trabajaste influyó para que respetaras el cronograma?
8. ¿Crees que ver a tus compañeros cuidando su jardinera influyó en el cuidado de tú jardinera? Si No ¿Por qué?
9. ¿Qué te motivaba a seguir con el huerto?
10. ¿Qué te desmotivaba?
11. ¿El huerto influyó en tu amistad con tus compañeros? Si No ¿Cómo?
12. ¿Cómo repartieron la cosecha?
13. *¿Considerabas la jardinera que trabajaste como algo tuyo?*

Anexo 3. Cuestionario aplicado en la segunda etapa.

Nombre:

Fecha:

1. ¿Cómo se repartieron el espacio en el invernadero?
2. ¿Cómo cooperaron para comprar el hule para tapar el invernadero?
3. ¿Quién organizo la cooperación?
4. ¿Estuviste de cuerdo? SI No ¿Por qué?
5. ¿Hicieron un cronograma de actividades?
6. ¿A quién se le ocurrió la idea del cronograma?
7. ¿Lo respetaste? Si No ¿Por qué?
8. ¿Tuvieron conflictos entre ustedes por el uso del invernadero? SI No ¿Por qué?
9. ¿Resolvieron los conflictos? SI No ¿Cómo?
10. ¿El conflicto en el invernadero influyó en tu amistad con tus compañeros? Si No ¿Cómo?
11. ¿Cómo se repartió la cosecha?
12. ¿Crees que el espacio del invernadero era suficiente para todos tus compañeros?

13. ¿Qué te motivaba a seguir con el huerto?

14. ¿Qué te desmotivaba?

15. *¿Considerabas el invernadero como algo tuyo?*

16. ¿Qué recomendaciones para mejorar la convivencia y el reparto de las actividades en el huerto?

CAPÍTULO 5

APROPIACIÓN AUTOORGANIZADA DEL ESPACIO URBANO CON AGRICULTURA: ESTUDIO USANDO UN MODELO BASADO EN AGENTES⁵⁰

Álvaro Vélez Torres, Ricardo Valdez Cepeda, Irineo López Cruz y César Adrián Ramírez Miranda

Resumen

El objetivo de este trabajo fue implementar un proceso de apropiación espacial con agricultura en el contexto urbano para estudiar procesos emergentes de autoorganización. De esta manera, con los datos medidos en campo se diseñó un modelo de simulación basado en agentes que permita estudiar diferentes patrones emergentes de apropiación y su similitud con los datos empíricos. Para esto se usó un enfoque de seguimiento y entrevistas a informantes clave. Además, un enfoque de modelado y simulación basado en agente. Los resultados se analizaron usando un enfoque de modelado acompañado. Dichos resultados muestran que mediante tres mecanismos se pueden generar procesos de autoorganización en la apropiación del espacio urbano. Dichos mecanismos son el aprendizaje condicionado, la motivación-recompensa y la reducción de complejidad.

Palabras clave: emergencia, autoorganización, complejidad y patrones.

Abstract

The objective of this work was to implement a process of spatial appropriation with agriculture in the urban context to study emerging processes of self-organization. In this way, with the data measured in the field, design an agent-based simulation model that allows studying different emerging appropriation patterns and their similarity with empirical data. This uses a follow-up approach and interviews with key informants. Plus, an agent-based simulation and modeling approach. The results were analyzed using an accompanied modeling approach. These results that work through three mechanisms can generate self-organization processes in the appropriation of urban space. These mechanisms are conditioned learning, reward-motivation and complexity reduction.

Key words: emergence, self-organization, complexity and patterns.

⁵⁰ Artículo enviado a la revista Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento de saberes de la UNAM.

Introducción

La presente investigación se refiere al tema de la apropiación del espacio urbano. Por apropiación del espacio entendemos la totalidad de las acciones a las que procedemos para entrar en posesión de nuestro entorno, en el sentido de su transformación para un cierto fin (Noschis et al, 1973). Además, puede ser entendida como acciones que transforman y asignan significado a un lugar (Pol, 1996). En este sentido, la apropiación hace devenir espacios en lugares significativos para el sujeto o el colectivo, pero el significado atribuido al espacio surge del conjunto del procesos de *interacción entre el sujeto y el espacio* (Pol, 1996). Sin embargo, las interacciones que podemos llevar a cabo en el contexto urbano actual están caracterizadas por un marcado sentido impersonal. Esto es debido, principalmente, a que la planeación del espacio construido está subordinada a la competencia, al lucro, al dominio del dinero y a la especulación. De tal manera, la planeación del espacio llega a convertirse en un juego de conflictos sociales (Chombart, 1976). Como consecuencias de tal planeación, los ciudadanos no pueden manipular el espacio en el que habitan, lo cual repercute en una pérdida del sentido de apropiación del espacio en las ciudades (Chombart, 1976). Como resultado, la apropiación impersonal de las ciudades genera que las personas perciban el espacio como algo ajeno. Lo cual a su vez genera patrones nocivos de apropiación espacial. Por ejemplo, en colonias con problemas de inseguridad y violencia⁵¹ las áreas verdes o áreas de donación son bandalizadas y usadas para tirar basura. Además, las personas que habitan en dichos contextos son indiferentes ante tales escenarios. Dicha indiferencia, por un lado se justifica por el miedo a confrontaciones violentas con las personas que contaminan y bandalizan. Por otro lado, las personas no perciben dichas áreas como propias. En cambio, perciben que dichas áreas son propiedad del Municipio, y en consecuencia el Ayuntamiento debe conservarlas en buen estado. Con base en dicha problemática, consideramos que si cambiamos la forma en que las personas

⁵¹ Con base en nuestro estudio de campo, hemos observado que en colonias como Cumbres de la Gloria, Las Hilamas, León II las áreas de donación o áreas verdes lucen deterioradas. Además, son usadas para tirar basura, y en general se perciben como áreas peligrosas.

perciben el espacio podemos modificar los patrones negativos de apropiación espacial. En este sentido, es importante señalar que la apropiación del espacio es el resultado de procesos de interacción múltiples entre las personas y su entorno. En cuyo caso, las interacciones obedecen a procesos complejos. De esta forma, *de qué* manera podemos abordar dichas interacciones sin destruir la complejidad⁵². Una opción es el modelado y simulación basado en agentes. Por modelo basado en agentes en ciencias sociales entendemos una abstracción que pretende capturar la emergencia⁵³ de un fenómeno. En este cometido, se usa un enfoque metodológico de modelado de abajo hacia arriba o *bottom up* (Epstein y Axtell, 1996; Wylensky y Rand, 2015). Es decir, se asume que el fenómeno de interés es generado en un sistema por las interacciones entre agentes⁵⁴ autónomos y por las interacciones con su ambiente. Dichas interacciones, obedecen a reglas simples de decisión sin la intervención de un mecanismo de control central dando como resultado un proceso de autoorganización⁵⁵. En este sentido, tanto la emergencia como la autoorganización son propiedades características de los sistemas complejos⁵⁶ adaptativos⁵⁷. Sin embargo, dichas propiedades son bastante sensibles a las condiciones iniciales, lo que hace imposible su predicción (Mitchell, 2009). No obstante, tales sistemas evolucionan

⁵²Para Cillier (1998) el método analítico de descomponer el todo en sus partes destruye las interacciones entre las partes. Por lo tanto, destruye la complejidad.

⁵³ Por emergencia entendemos un fenómeno que surge en un sistema de las interacciones entre sus partes a un nivel local, además tal emergencia es novedosa (Wolf y Holvoet, 2004). Para Epstein y Axtell (1996), el término “emergente” denota patrones macroscópicos estables surgidos de interacciones locales de agentes (Epstein y Axtell, 1996).

⁵⁴ Para Holland (2005) los agentes pueden representar las entidades de estudio, incluso pueden representar a personas. La característica principal de los agentes es que pueden aprender y adaptarse. Además, a medida que aprenden y se adaptan interactúan entre sí Holland (2005)

⁵⁵ Autoorganización es un proceso dinámico y adaptativo donde el sistema adquiere y mantiene por el mismo una estructura sin control externo (Wolf y Holvoet, 2004).

⁵⁶ Por complejo entendemos las intrincadas relaciones entre componentes de un sistema (Cillier, 1998). De esta manera, las acciones colectivas de los componentes hacen que emerja la complejidad (Mitchell, 2009)

⁵⁷ Por sistema complejo adaptativo entendemos un sistemas compuesto de muchos componentes que se adaptan y aprenden a medida que interactúan entre ellos y con su ambiente (Holland, 2005).

hacia estados estables o patrones (Mitchell, 2009). Dichos patrones son los lugares más probables a los que puede evolucionar un sistema (Kauffman, 1993). En este sentido, la simulación computacional de modelos basados en agentes nos permite explorar diferentes escenarios futuros de un sistema al variar las condiciones iniciales de los modelos. De esta manera, si hacemos una analogía de un sistema social con un modelo basado en agentes podemos observar que las personas seguimos ciertas reglas simples de decisión enmarcadas por normas o hábitos, así como por el contexto en el que se desarrollan (Macy y Willer, 2002). Además, podemos señalar que tenemos cierta autonomía en la toma de decisiones, y que aprendemos a medida que interactuamos entre nosotros y con nuestro ambiente (Macy y Willer, 2002). Sumado a lo anterior, dichas interacciones producen patrones globales de comportamiento que no son obvios, ni fáciles de entender debido a su complejidad (Macy y Willer, 2002). Por lo que planteamos, que podemos usar el modelado basado en agentes para simular procesos de apropiación espacial dadas las similitudes entre ambos. De esta manera, proponemos que si los procesos de apropiación del espacio emergen de las interacciones entre las personas y su ambiente, y que dichas interacciones están influenciadas por las normas o hábitos aprendidos por las personas en el pasado. Podemos cambiar los patrones de apropiación del espacio si cambiamos las reglas de decisión que gobiernan dicho fenómeno. Es decir, que podemos cambiar los patrones de la apropiación del espacio en lugares donde dicha práctica genera efectos negativos para las personas y para su ambiente. Con esto en mente, en el presente documento nos planteamos la siguiente interrogante ¿qué reglas de decisión son indispensables en la emergencia de procesos de autoorganización en la apropiación del espacio con agricultura en el contexto urbano? Además, que dichas reglas o mecanismos permitan captar la complejidad y dinámica de los sistemas emergentes. Y por otro lado, que permitan que dicha actividad sea una práctica transformadora que permita establecer nuevas formas de apropiación en concordancia con el contexto de estudio. En consecuencia, nos planteamos el objetivo de implementar un proceso de apropiación con agricultura en el contexto urbano, y con los datos medidos en

campo diseñar un modelo de simulación basado en agentes que nos permita estudiar diferentes patrones de apropiación. Dicho trabajo, se ubica en un área de donación en la Colonia Lomas de Las Hilamas en el Municipio de León, Guanajuato, México, y se ha llevado a cabo de Noviembre del 2016 a la fecha. Algunos antecedentes de esta área son que ciertos vecinos y personas ajenas a la colonia la han apropiado con basura, con residuos de construcción y con residuos de poda de árboles. Además, que hasta antes de nuestra intervención ningún vecino mostró interés en cuidar o limpiar dicha área. El interés en estudiar este tema se apoya en dos problemáticas. La primera, es la evidencia del aumento demográfico y del crecimiento de las ciudades, por ejemplo a nivel mundial se estima que el 54 % de la población mundial habita en las ciudades (ONU-HABITAT, 2016), y para el año 2030 será el 62 por ciento, lo equivaldrá a 5.4 billones de personas (ONU, 2016). Además, la ONU-HÁBITAT (2019) reconoce que la urbanización es una de las tendencias transformadoras del siglo XXI, y entre las consecuencias que ha traído consigo podemos señalar la desigualdad social, la degradación ambiental, los efectos del cambio climático acentuados en las ciudades y la crisis de las ciudades; delincuencia e inseguridad. Debido a lo anterior, la ONU-HÁBITAT en 2015 propuso la Nueva Agenda Urbana (CEPAL, 2016) la cual se plantea entre sus metas promover la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y la seguridad en los asentamientos humanos. Dichas metas, tienen en común que los medios de lograrlas involucran brindar acceso a la **autogestión del espacio** (CEPAL, 2016). Sin embargo, uno de los primeros obstáculos que enfrentamos para alcanzar dichas metas es la falta de acceso al espacio en las ciudades. Con falta de acceso nos referimos a la falta de mecanismos que permitan a las personas apropiarse de los espacios más cercanos a su entorno como el barrio o la colonia. La segunda problemática, es la evidencia de que en el contexto científico existe un interés por promover estrategias que permitan que los modelos basados en agentes sean replicados, y con ello validar su cientificidad (Wilensky y Rand, 2007, Donkin et al, 2017). Sin embargo, hay pocos estudios que aborden problemas empíricos de apropiación del espacio con agricultura en el contexto urbano. Además, dichos estudios, no abordan la influencia de los saberes

y prácticas locales en la subjetividad del diseño y la validación de dichos modelos. Principalmente, por considerar que dichos saberes o prácticas no son replicables o científicos. En este sentido, para estudiar las problemáticas descritas arriba, implementamos dos enfoques metodológicos. El primero, es un enfoque de seguimiento que ha consistido en implementar un proceso de apropiación del espacio con agricultura en el contexto urbano de manera empírica. Posteriormente, observar y documentar las reglas de decisión que las personas emplean en la apropiación del espacio, así como hacer entrevistas a informantes clave. El segundo enfoque metodológico es el del modelado basado en agentes propuesto por (Wylensky y Ran, 2015) que en este documento consiste en identificar a los agentes claves, asignar reglas de decisión y establecer restricciones al ambiente. En este último enfoque, hemos usado la plataforma Netlogo versión 6.0.2 para simular el modelo. Además, para complementar este enfoque hemos recurrido al modelado acompañado⁵⁸. En este caso, ha consistido en preguntar a los informantes clave que opinan del desempeño del modelo y de los datos obtenidos a través de la simulación del modelo. En este sentido, algunos resultados relevantes de esta investigación son que cuando emergió un proceso de apropiación del espacio con agricultura en el área de donación bajo estudio se fomentó la emergencia de otros dos tipos de apropiación. La primera, apropiación por medio de limpieza y poda de pasto. La segunda, apropiación por medio de plantar árboles. Dichas formas de apropiación han configurado un patrón de apropiación espacial que es observable a nivel área de donación. Además, dichos patrones han emergido de las actividades individuales de tres vecinos de la colonia. Así mismo, no hay un vecino líder que coordine los trabajos de apropiación. En consecuencia, tales procesos de apropiación espacial son el resultado de procesos de autoorganización. De esta manera, sostenemos que los mecanismos que promueven dicha autoorganización son un mecanismo de aprendizaje asociativo, un mecanismo de motivación recompensa y un mecanismo que permite medir la complejidad asignada al espacio. Al respecto, los informantes

⁵⁸ Dicho modelado consiste en que los involucrados en el manejo de los recursos naturales diseñen y validen el desempeño del modelo (Torri et al, 2005).

clave confirman dichas suposiciones. El presente documento se estructura de la siguiente manera, en el apartado dos se describen las características principales del tema de apropiación del espacio del espacio y de epistemologías del sur. Enseguida, el tema de sistemas complejos. Además, se describen los componentes de un modelado basado en agentes. En el siguiente apartado, se describe la metodología empleada. En seguida, se describen los resultados y discusiones. Por último, se presentan las conclusiones, y la bibliografía.

Apropiación del espacio y epistemologías del sur

El concepto de apropiación del espacio puede ser definido como la totalidad de las acciones a las que procedemos en la transformación de nuestro entorno con un cierto fin (Noschis et al, 1973). El proceso de apropiación del espacio está fuertemente influenciado por las significaciones del espacio apropiado, independientemente de su propiedad legal (Tomeu et al, 2004; Tomeu y Pol, 2005). Para fines de este documento, definimos espacio según van Fraassen (2013) quien sugiere que decir que las cosas están ubicadas en el espacio indica que tienen alguna relación entre sí. Aceptamos, además, que los fenómenos existen en espacios y tiempos simultáneos. De esta manera, el espacio no es un elemento físico concreto de la realidad, sino que es una construcción social interpretada, es una condición de posibilidad (Faragó, 2016). Al respecto, consideramos que los patrones de apropiación del espacio pueden ser interpretados como procesos de aprendizaje. Además, que dichos patrones de apropiación obedecen a motivaciones intrínsecas a la personas que llevan a cabo dicho proceso. En esta línea, que dichos procesos de apropiación del espacio responden a reducir los niveles de complejidad en dichos contextos. Por otra parte, que los patrones de apropiación del espacio rescaten la diversidad de formar alternativas a las impuestas por el modelo dominante de diseño y planeación de las ciudades. Dichos diseños, ha monopolizado el acceso al espacio. Además, dichas monopolización responden al pensamiento eurocentrista que busca mediante la racionalidad reducir los costos de producción en la edificación de los asentamientos humanos más vulnerables. Sin embargo, las

consecuencias para las personas que habitan dichos espacios son la inseguridad, la mala calidad de vida y la falta de acceso al espacio. En este sentido, los procesos de apropiación del espacio que estudiamos en este documento buscan circunscribirse adentro de las epistemologías del sur (Sousa-Santos, 2011).

Sistemas complejos adaptativos

Los sistemas complejos adaptativos (SCA) son sistemas que involucran muchos componentes que se adaptan y aprenden a medida que interactúan (Holland, 2005). Algunas características que comparten los SCA según Holland (2005b) son: a) el paralelismo, consiste en una gran cantidad de agentes que interactúan simultáneamente enviando y recibiendo señales, b) las acciones de los agentes generalmente dependen de las señales que reciben. De esta manera, los agentes tienen una regla de decisión IF / THEN: IF (el vector de señal x está presente) THEN (ejecuta el acto y). Otras características según (Cillier, 1998) son: que las interacciones entre los agentes son no lineales, que la información entre agentes se recibe entre vecinos inmediatos, que son sistemas abiertos que operan fuera del equilibrio por lo que requieren un suministro constante de energía⁵⁹, además tienen una historia que tiene influencia en su evolución. De esta manera, el conjunto de interacciones entre los agentes y su ambiente hace que emerja⁶⁰ la complejidad (Mitchell, 2009). Además, debido a que dichas interacciones ocurren en el nivel micro los patrones de comportamiento solo son observables a nivel macro (Mitchell, 2009, Holland, 2005b). Debido a que dichos patrones emergen de las interacciones entre agentes a nivel micro en ausencia de un mecanismo de control central, dichos patrones son catalogados como procesos de autoorganización (Mitchell, 2009). El estudio de los SCA fue posible gracias al desarrollo de los ordenadores que permitieron ejecutar simulaciones de fenómenos complejos (Cillier, 1998, Macy y Willer, 2002, Holland, 2005b). Por su parte, en el contexto del estudio de los sistemas complejos adaptativos en ciencias

⁵⁹ (Maturana y Varela, 1994; Mitchell, 2009).

⁶⁰ La emergencia se refiere a relaciones entre detalle y una vista a gran escala, y la relación entre ellos, específicamente qué detalles son importantes a gran escala y cuáles no (Bar, 2002).

sociales, la simulación computacional permitió conducir experimentos controlados (Simon, 1996, Gilbert y Troitzsch, 2005). En este sentido, en la década de los 90 los modelos basados en agentes se instauraron como una herramienta metodológica para hacer frente a los estudios de la complejidad en ciencias sociales. Sin embargo, su uso ha sido poco difundido en el campo, debido a la tendencia generalizada de relacionar la palabra modelos con la formalización matemática (Rodríguez y Roggerio, 2014). Algunos autores como Epstein y Axtell (1996) sugirieron que la modelación basada en agentes era una tercera vía para hacer ciencia. En este sentido, el argumento es el siguiente: la ciencia social generativa se basa en el hecho de que si pueden generar el mecanismo para hacer emerger un fenómeno de interés, puedes explicar dicho fenómeno. Sin embargo, dichos autores enfatizan que el potencial de los modelos basados en agentes es su capacidad de explicación, y no su capacidad predictiva.

Entropía y complejidad

Debido a que los SCA son abiertos (dinámicos) tienen que tener la capacidad de almacenar información sobre el medio ambiente, y la capacidad de adaptar su estructura (autoorganizarse) ante dichos cambios (Cillier, 1998). En este proceso, los SCA necesitan un suministro constante de energía para reducir sus niveles de entropía. Para Mavrofides (2011), la entropía se refiere a la variación de la incertidumbre durante la transmisión de un mensaje. En el contexto de los SCA la información que almacenas los agentes “constituye su redundancia, es decir, un marco informativo sobre lo que está sucediendo a continuación o que ya está sucediendo, por lo que ya sabe” (Mavrofides, 2011). Por lo tanto, si los agentes pueden anticipar lo que ocurrirá en el sistema con base en su información previa el nivel de incertidumbre es 0, por el contrario es 1 (Mavrofides, 2011). De esta manera, si relacionamos el nivel de incertidumbre con el nivel de complejidad, en la medida en que los agentes pueden predecir el comportamiento de un evento futuro con base en su experiencia previa la complejidad del sistema es cero (Vinicius et al, 2017).

Componentes de un Modelo Basado en Agentes

Los componentes básicos de un modelo basado en agentes son: un conjunto heterogéneo de agentes, un ambiente en el que interactúan los agentes y un conjunto de reglas sencillas de decisión que rigen el comportamiento de los agentes y su entorno (Epstein y Axtell, 1996; Railsback, 2001; Wylensky y Rand, 2015). En cuanto a los ambientes de simulación podemos mencionar CORMAS, Repast y Netlog. Este último, es una de las plataformas informáticas más sencillas y versátiles para diseñar y programar modelos basados en agentes. Dichas ventajas, radican en el hecho de que puede ser usado por personas que no tienen un conocimiento previo en programación computacional.

Metodología

Localización

El área de estudio se ubica en la colonia Lomas de Las Hilamas, Municipio de León, Guanajuato, México, ver figura 1. Algunas características de este fraccionamiento es que son casas de dos plantas, muchas de las cuales son rentadas a terceros. Las actividades económicas de las personas que habitan las casas aledañas al área de donación las podemos clasificar en enfermeros, maestros, carteros, secretarias y obreros. En relación al tema de seguridad, se han llevado a cabo algunas reuniones para establecer mecanismos de vigilancia entre vecinos, así como propuestas de cámaras de seguridad. Sin embargo, no se ha concretado nada. En este sentido, lo recurrente es que las personas se auto organizan con sus vecinos de al lado para avisar cuando salen y dejan su casa sola. En el tema del área de donación, los vecinos transitan por dicha área, algunos niños y adultos hacen uso de una banquita y un pasamano. Sin embargo, no hay respuesta por parte de la mayoría de los vecinos en apropiar dicha área.

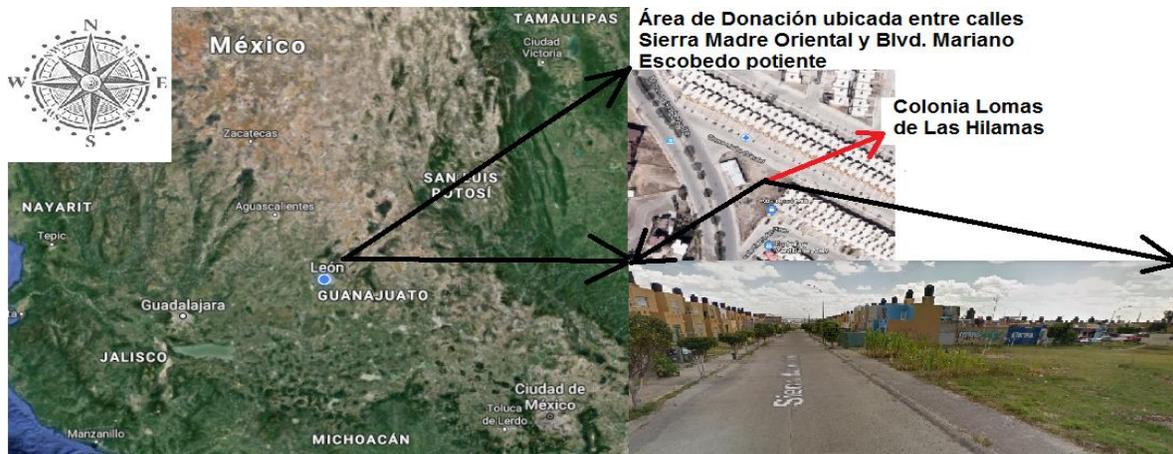


Figura 1. Localización de área de estudio
 Fuente: Modificado de Google maps (2019)

Método de seguimiento

1. Hacer un acercamiento con las personas del lugar
2. Hacer una junta para informar del proyecto
3. Llevar a cabo el proceso de apropiación con agricultura
4. Dar seguimiento
5. Aplicar entrevistas a informantes clave

Modelo basado en agentes

Los componentes del modelo que hemos diseñados son los vecinos del lugar, el área de donación y los mecanismos o reglas de decisión. Los agentes, representan a los vecinos que apropian el área y a los que la contaminan. El ambiente incrementa su complejidad en función de la precipitación.

Por su parte, los agentes ejecutan las siguientes reglas de decisión o pseudo código, se anexa código de programación:

1. Si soy un agente que puedo apropiar el espacio, si mi motivación es mayor a un límite y si la complejidad del espacio supera cierto límite ejecuto la acción *apropiar el espacio*. En el mundo real esto quiere decir que cuando las personas perciben que el área se torna sucia e insegura apropian el área mediante limpieza y poda de pasto. Sin embargo, cada vez que

ejecutan dicho proceso su nivel de motivación baja, y deben esperar cierto tiempo para volver a ejecutar el comando apropiar.

2. Los agentes contaminadores ejecutan la el comando ensuciar cuando perciben que la complejidad del ambiente sobre pasa un límite. En el mundo real esto indica que cuando el pasto crece aumenta la probabilidad de que ciertas personas tiren basura.
3. Otra regla para los agentes es que si observan a un agente apropiar el área aprende que también lo puede hacer. Sin embargo, esto ocurre si su nivel de aprendizaje sobre pasa cierto límite. Por el contrario, si no observan a un agente apropiar el espacio ejecutan una acción de olvido y disminuyen su nivel de aprendizaje. Es decir, pierden la capacidad de apropiar. Para ejecutar esta regla, se crea a un agente que tiene una capacidad incondicional de apropiar. En este modelo, dicho agente representa al agente que enseña a otros.
4. El ambiente aumenta la complejidad a medida que aumenta la humedad del suelo. En decir, que conforme aumenta la humedad crece el pasto.
5. Establecemos un tiempo discreto de 365 días.

Resultados y discusión

Patrones de apropiación espacial

En Noviembre de 2016 apropiamos una superficie de 18 m^2 con agricultura (recuadro amarillo de la figura 2), y se sembró frijol. Posteriormente, en marzo del 2017 sembramos 8 árboles frutales (puntos verdes en la figura 2). Además, sembramos maíz, frijol y calabaza. En ese mismo año, colocamos una banquita, un pasamano y un par de porterías. Adicionalmente, un vecino apropió por medio de limpieza un superficie de 20 m^2 que se ubica a un costado de su casa (recuadro rosa de figura 2). Además, dicho vecino ayudó a sembrar 8 árboles frutales. Para el siguiente año, 2018, las áreas apropiadas continuaron con el mismo proceso de apropiación. Sin embargo, se sumo otro vecino que apropió con limpieza una superficie de 100 m^2 (recuadro rojo de la figura 2). En este año, 2019, continua el mismo proceso de apropiación. Es decir, una superficie de 18

m^2 con agricultura, una superficie de $20 m^2$ apropiada con limpieza por un vecino y una superficie de $100 m^2$ apropiada con limpieza por parte de otro vecino. Al respecto, en la última superficie apropiada el vecino con ayuda de niños de la colonia plantaron 14 árboles de sombra.



Figura 2. Patrones de apropiación del espacio

Fuente: Elaboración propia

Otros resultados importantes son que el patrón de apropiación espacial que describimos ha estado sometido a conflictos recurrentes. Por ejemplo, en 2017 personas ajenas al área de donación se robaron un par de porterías. Pese a que ciertos vecinos presenciaron el suceso, ellos prefirieron no involucrarse por miedo represarías físicas. Además, eventualmente ciertos vecinos o personas ajenas al área tiran basura. Recientemente, de mayo a noviembre del 2019 alguien se ha robado o destruido 6 árboles que fueron plantados, ver recuadro rojo de figura 2. Actualmente solo quedan 16 árboles en pies, y se ha apropiado una superficie de 120, ver cuadro1.

Cuadro 1. Resultados de apropiación espacial

	Área apropiada Con agricultura	Área apropiada con limpieza	con Árboles plantados	Personas que apropian el espacio	Otro
2016	1 de 18m ²			1	
2017	1 de 18m ²	1 de 20m ²	16	2	Banquita, pasamanos y un par de porterías
2018	1 de 18m ²	1 de 20m ² 1 de 100m ²	4	3	
2019	1 de 18m ²	1 de 20m ² 1 de 100m ²	14	3	
2019 Noviembre	1 de 18m ²	1 de 20m ² 1 de 100m ²		3	
Total	18m ²	120m ²	34*	3	

* De los cuales solo 16 quedan en pie

Al implementar la apropiación del espacio con agricultura en el área de donación hemos observado tres patrones bien definidos. Primero, que cuando una persona se apropia del espacio con agricultura y con árboles los demás vecinos aprenden que también ellos pueden apropiarse el espacio, ver figura 2. El segundo, que si la persona que conduce la apropiación del espacio interrumpe el proceso, la mayoría de los vecinos pierden interés. No obstante, si el proceso continúa emergen nuevos agentes que apropian el espacio aun en ausencia de la primera persona que comenzó el proceso de apropiación. En el tercer patrón detectado que el número más frecuente de personas que apropia el área es de tres. Sin embargo, con el trabajo de esas tres personas es suficiente para generar una regularidad a nivel área de donación. Es decir, el área permanece más tiempo limpia y continuamente se le da mantenimiento. Otro resultado destacado, es que en la estación de lluvias el pasto comienza a crecer, y a medida que esto sucede aumenta la probabilidad de que ciertas personas tiren bolsas de basura, que tiren escombros o residuos de poda de árboles. En respuesta, las personas que apropian continuamente el área de donación llevan a cabo trabajos de poda de pasto cuando comienza a crecer el pasto. Sin embargo, dicha tarea se lleva a cabo de manera independiente, no hay un mecanismo de control central que de la orden a las tres personas para limpiar el área. Por el contrario, es una motivación

personal la que estimula dicho proceso. En este sentido, cuando le preguntamos a las personas sobre qué los motiva a limpiar y a mantener el área limpia las tres personas respondieron que es más seguro cuando está despejada el área. Además, una comentó que quieren retribuir algo a favor del ambiente, y otra que se ve más agradable cuando está limpia el área. Con base en dichos resultados, planteamos tres reglas de decisión que fueron incluidas en el diseño de nuestro modelo basado en agentes. La primera, es un mecanismo de aprendizaje condicionado basado en el modelo de Rescorla-Wagner (1972). El segundo, es un mecanismo de motivación recompensa basado en el circuito de recompensa de Olds (1956). Por último, un mecanismo para medir la complejidad del área de donación usando la teoría de Shannon de la información con base en lo propuesto por Vinicius et al, (2017). Dicho trabajo, establece que la entropía es una medida de la complejidad de un sistema. Además, a medida que aumenta la entropía se reduce la predicción, y viceversa. En nuestro caso de estudio, la entropía aumenta cuando crece el pasto, y disminuye cuando se llevan a cabo las tareas de limpieza. En otras palabras, cuando el área esta despejada las personas pueden predecir que es más seguro. En resumen, estudiamos las interacciones generadas entre las personas haciendo uso del mecanismo de aprendizaje condicionado. Además, estudiamos las interacciones entre las personas y el área de donación mediante los mecanismos de motivación recompensa, y mediante la relación de complejidad percibida por las personas.

Resultados de la apropiación de apropiación con agricultura

A lo largo de tres años hemos obtenido los siguientes resultados, en lo que respecta a la cantidad de dinero que sea a aportado para dar continuidad al proyecto hemos estimado en \$18,000.00 dicha cantidad. Sin embargo, esta cantidad incluye el dinero que ha empleado para comprar insumos, así como para pagar por poda de pasto. No incluye, el trabajo invertido por las personas que han conducido dicho proceso de apropiación, ver cuadro 2.

Cuadro. 2 Resultados generales

Año	Aportación	Limpieza	Cosecha	Personas	Árboles
2016	\$2000	1			
2017	\$3000+6000	3	3 kg frijol, 3 kg maíz, 2 kilos de calabacitas	tres adultos, siete niños	8 (se secaron 2 y dos los quebraron)
2018	\$2000+2000	3	4 kg frijol, 3 kg maíz	Tres adultos, siete niños	4 (vivos)
2019	\$600+400+2000	3	destruyeron	Tres adultos, cinco niños	12 (se robaron 7)
total	\$18,000.00	10			24

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a la cosecha obtenida es importante señalar que pese a las adversidades en las que desarrolla dicha práctica sea logrado producir alimentos, ver figura 3. Dichos alimentos, se han repartido entre los participante del proyecto. En este caso, la participación ha sido de tres personas.



Figura 3. Alimentos producidos. Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, se han sembrado árboles en el área de donación. Además, se colocó una banquita, un pasa manos y un par de porterías. Sin embargo, las porterías y algunos árboles fueron robadas. A la fecha, quedan en pie 15 árboles.

Resultados del modelo

Frecuencia de apropiación

Cuadro 3. Frecuencias de apropiación

Simulación*	Agentes apropiadores	Áreas apropiadas
1	2	3
2	2	1
3	2	4
4	3	5
5	2	4
6	2	6
7	2	4
8	2	3
9	3	5
10	2	4
Moda	2	4
Máximo	3	6
Mínimo	2	1

*Parámetros: motivación 0.6, tasa de aprendizaje 0.84, densidad de espacio apropiable 10 por ciento.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las simulaciones del modelo nos indican que el número más frecuente de agentes que apropian el área en un año es de dos, y el número máximo de tres. En este caso, con base en los resultados medidos en campo, encontramos que hay similitud. Es decir, que en campo pudimos corroborar que el número más frecuente de personas que apropia el área es de tres. Sin embargo, existen casos en los que hemos documentado hasta seis el número de personas que han llevado a cabo algún proceso de apropiación en el área de estudio. No obstante, el número de personas que comúnmente llevan a cabo procesos de apropiación es de dos. Por otra parte, las simulaciones del modelo indican que el número más frecuente de

áreas apropiadas es de cuatro. En este sentido, los datos obtenidos en campo difieren en una unidad. Es decir, que en campo podemos observar tres áreas bien definidas que son apropiadas por los vecinos del lugar. Sin embargo, en campo hemos documentado que los vecinos también llevan a cabo la limpieza de toda el área de donación. Lo que nos permite deducir, que hay tres áreas bien delimitadas que son apropiadas por los vecinos, y un área que representa toda superficie del área de donación que es apropiada de forma eventual.

Verificación del modelo

Simulamos el modelo variando los parámetros de motivación y de aprendizaje condicionado. En este caso, asignamos el valor mínimo para ambos. En este caso, en el modelo el número de agentes que aprendió a apropiar el espacio fue de cero, y las áreas apropiadas fueron igual cero, ver figura siguiente.

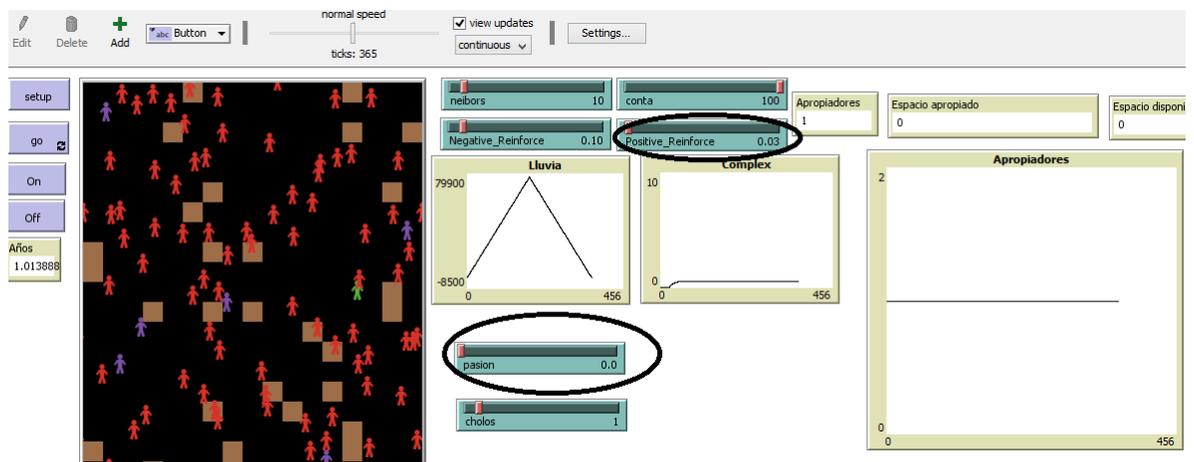


Figura 4. Valores mínimos en motivación y tasa de aprendizaje

Fuente: Elaboración propia

En este caso, podemos apreciar en la figura 4 que ningún patche en el mundo artificial se pinta de color verde, lo que indica que ninguna parcela fue apropiada. Por el contrario, fueron contaminadas como lo indica el color café.

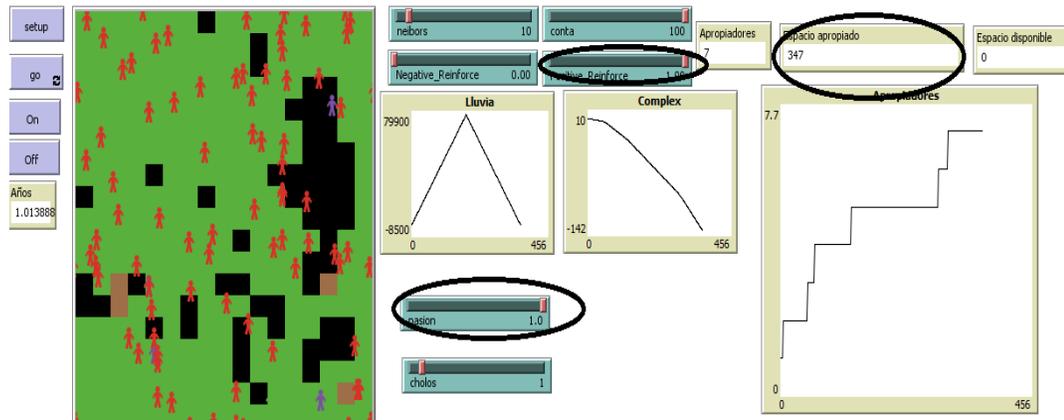


Figura 5. Valores máximos en motivación y tasa de aprendizaje

Fuente: Elaboración propia.

Por el contrario, en la figura 5 podemos apreciar que el número de parcelas apropiadas aumento considerablemente, y por el contrario las parcelas pintadas con color café o contaminadas se redujeron. Por otro lado, el número de agentes que aprendió a apropiar el área se incremento de forma continua. En este caso, dichas pruebas nos permiten argumentar que el modelo funciona de acuerdo a los supuestos para los que fue programado. Es decir, que el mecanismo de aprendizaje asociativo permite que emerjan procesos de apropiación del espacio. De esta manera, como sugiere Liu (2011) verificamos el modelo.

Validación de resultados

Para probar el desempeño del modelo asignamos valores obtenidos de las pruebas de campo a los siguientes parámetros:

Cuadro 4. Valores iniciales

Pasión	0.6
Tasa de aprendizaje	0.86
Tasa de olvido	0.14
Densidad de apropiadores	10
Densidad de contaminadores	30

Fuente: Elaboración propia

Con dichos datos, obtuvimos los siguientes resultados de simulación, ver figura 6. En este caso, las variables independientes son la motivación y la complejidad, y la variable dependiente es el cambio de uso de suelo.

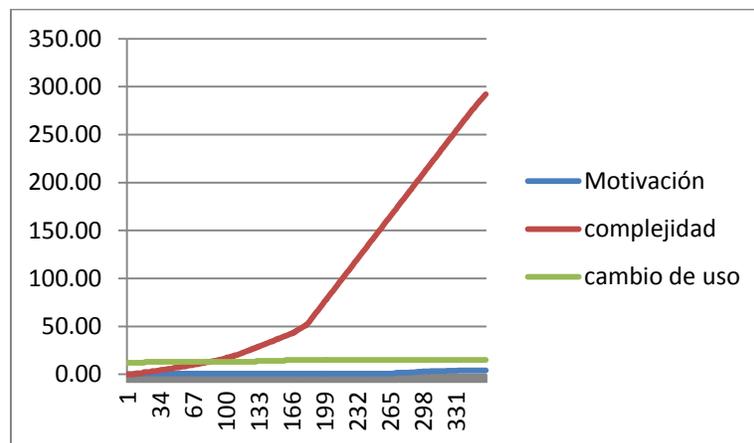


Figura 6. Curva de motivación, complejidad y cambio de uso de suelo

Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar una regresión lineal múltiple obtuvimos que el cambio de uso de suelo esta correlacionado con el mecanismo de aprendizaje condicionado y con el mecanismo de complejidad con un valor de 0.86, ver cuadro siguiente.

Cuadro 5. Regresión lineal múltiple

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.861020623
Coeficiente de determinación R ²	0.741356514
R ² ajustado	0.739911578
Error típico	0.52252924
Observaciones	361

Fuente: Elaborado en Excel

Con base en dichos resultados podemos argumentar que existe correlación entre el cambio de uso de suelo y los mecanismos de aprendizaje condicionado y con el mecanismo de complejidad.

Validación acompañada

En esta etapa, les preguntamos a los informantes clave su opinión sobre el desempeño del modelo. Los comentarios fueron que cuando crece el pasto aumenta la cantidad de basura en el área de donación.

Además, que el mecanismo de aprendizaje asociativo es adecuado, debido a que el número de personas que apropian el área es de tres lo cual es semejante a los resultados simulados por el modelo. Además, los participantes reconocieron que el patrón de apropiación del espacio simulado por el modelo es parecido al patrón que se ha establecido de forma empírica. En general, los datos simulados son corroborados por los informantes clave. Otro punto importante, que debemos remarcar es que no hay un mecanismo de control central que dicte a los informantes clave la orden para llevar a cabo el proceso de apropiación del

espacio. Por el contrario, es la percepción de incertidumbre, desconfianza, que genera el crecimiento de pasto lo que los motiva a las personas. De esta manera, no hay tres personas apropiando el área todo el tiempo, sino que eventualmente cada persona por su cuenta, o a veces en consenso, lleva a cabo los procesos de apropiación.

Análisis y discusión

La verificación del modelo presentado corresponde a lo propuesto Xiang et al, (2005). Además, debido a la validación acompañada que llevamos a cabo podemos argumentar que dicho modelo fue validado según indica (Law, 2009). Sin embargo, debido a que el modelo no ha sido replicado por alguien más, no se puede considerar un aporte científico como sugiere (Donkin et al, 2017). No obstante, el trabajo de investigación, así como el modelo que mostramos tiene una base empírica y responde a la percepción de los actores clave. Una crítica que se hace a este tipo de casos, en los que se usan los datos empíricos para generar un modelo, es que las respuestas emergentes del modelo pueden considerarse respuestas impuestas (Railsback, 2001). Por otro lado, podemos considerar que dichas respuestas son el resultado del proceso de adaptación del sistema bajo estudio. Es decir, podemos apelar a que nuestros resultados son una prueba contundente de que podemos cambiar la realidad si cambiamos las reglas de decisión que rigen nuestras acciones, aunque como señala Sousa-Santos (2011) dichas pruebas son descreditadas por el monopolio científico imperante, debido en gran medida, a que los resultados no pueden ser estandarizados a otros contextos o replicables. Sin embargo, dicha visión homogeneizadora dista de la heterogeneidad que impera en nuestro mundo. Además, en nuestro caso particular, consideramos que los patrones de apropiación que mostramos son sin duda un precursor en la construcción de un territorio, porque como señala Giménez (1999) la apropiación del espacio tiene una relación de anterioridad con respecto al territorio. Esto reviste importancia en el hecho de que el Municipio de León, Guanajuato cuenta con un Programa de Ordenamiento Territorial y

Ecológico. Sin embargo, si las personas perciben que su entorno es ajeno *cómo* se puede llevar a cabo un programa de desarrollo territorial si las personas que habitan dicho espacio no lo reconocen como propio. Además, hemos mostrado que para poder alcanzar las metas de la Nueva Agenda Urbana es indispensable brindar el acceso al espacio a las personas, así como promover procesos de autoorganización. Además, se tiene que considerar el aspecto de la motivación intrínseca de las personas para realizar los procesos de apropiación del espacio. Porque como se mostró en este documento, no todas las personas tienen las mismas motivaciones. Sin embargo, todos tenemos el mismo mecanismo de acción para aliviar la tensión creada por los impulsos internos (Mesurado, 2008). De esta forma, podemos diversificar los patrones de apropiación del espacio en consecuencia con la motivación de las personas. Además, debemos reconocer que no todas las personas están interesadas en llevar a cabo procesos de apropiación del espacio, por lo que se debe ubicar a las personas que tienen la motivación para ejecutar dichos procesos de apropiación. En este sentido, hemos mostrado que pese a que el número de personas que apropia el área en este caso de estudio es reducido (tres) es suficiente para generar patrones observables a nivel área de donación.

Conclusiones

Concluimos que en el contexto del desarrollo de esta investigación los mecanismos de aprendizaje condicionado, de motivación recompensa y de complejidad nos permiten estudiar la emergencia de procesos de autoorganización en la apropiación del espacio. Dichos procesos de apropiación pueden ocurrir en varios sentidos: con agricultura, con árboles, con juegos infantiles y por medio de limpieza y poda de pasto. Sin embargo, el mecanismo que permite la emergencia de dichos procesos es *el acceso al espacio*. Lo cual permite que las personas puedan percibir que el espacio es de ellas. Por lo tanto, lo cuidan y le dan mantenimiento. Por el contrario, como lo evidencian los antecedentes de esta investigación, si las personas perciben que el espacio es ajeno, no lo cuidan y lo apropian con basura, con residuos de construcción y de poda de árboles.

Bibliografía

1. Bar-Yam, Yaneer. (2002). General Features of Complex Systems. UNESCO Encyclopedia of Life Support Systems.
2. CEPAL.2016. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. ONU. Comisión Económica Para América Latina y el Caribe.
3. Chombart, P. 1976. Appropriation of space and social change. Center of social Ethomogy and Psychosociology 1. Disponible en: <https://iaps.architexturez.net/doc/oai-iaps-id-iaps-00-1976-001>
4. Donkin, E., Peter, D., Ustalakov, A., Jhon, W., Clare, A. 2017. Replicating complex agent based models, a formidable task. Environmental Modelling & Software 92: 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.01.020>
5. Epstein, J., Robert A.1996. *Growing artificial societies. Social Science from the Bottom up*. The Brooking Institute.
6. Epstein, B. 2011. Agent based modeling and the fallacies of individualism. In *Models, Simulations, and Representations*, ed, by Paul Humphreys and Cyrille Imbert, pp. 115-114. New York: Routledge.
7. Faragó, László. 2016.The social (sociological) turn in the discourse about space. *Romanian Review of Regional Studies*, Volume XII, Nंबर 1, 2016. Disponible en <http://rrrs.reviste.ubbcluj.ro/arhive/Artpdf/v12n12016/RRRS12120161.pdf>.
8. Gershenson, C. 2007. Design and control of self organizing systems. Coplt ArXives.
9. Gilbert, N. Klaus, G. T. 2005.Simulation for the Social Scientist. University Press Mw Graw Hill. Second Edition.
10. Giménez., G. 1999. Territorio, cultura e identidades la región socio-cultural. *Estudios sobre las culturas contemporáneas. Época II vol. V. Núm. 9*, Colima, Junio 1999. Pp 25-57.
11. Holland, J. 2005.Sistemas Adaptativos Complejos. *Redes Neuronales*. Traducción de Alejandro Pazos y Antonio Rivas. Disponible en https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9449/CC_019_art_10.pdf

12. Holland, J. 2005b. Studying complex adaptive systems. *JRI Syst Sci & Complexity* (2006) 19: 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11424-006-0001-z>
13. Kauffman, E. 1993. *The origins of order : self-organization and selection in Evolution* . Oxford University Press, New York
14. Law, A. 2009. HOW TO BUILD VALID AND CREDIBLE SIMULATION MODELS. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference* M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin and R. G. Ingalls, eds
15. Macy, M. Damon, C, W. 2007. Complex Contagion and Weakness of Long Ties. *AJS Volume 113 Number 3* (November 2007): 702–34.
16. Maturana H., y Varela, F. (1994). *De Máquinas y Seres Vivos. Autopoiesis: La organización de lo vivo*. BuenosAires, Argentina: Ed. Lumen.
17. Mavrofidis, T., Achilleas, K. Mimitris, P., Los, A. 2011. On the entropy of social Systems: A revision of the concepts of entropy and energy in the social context *Systems Research and Behavioral Sciencs. Syst.Res.* 28, 353-368 (2011). Doi : 10.1002/sres.1084
18. Mesurado, B. 2008. Explicaciones psicológicas sobre la motivación y el sustrato neurobiológico que posibilita la misma. *Publicación virtual de la Facultad de Psicología y Psicopedagogía de la USAL. Año VII N° 19 Julio de 2008.*
19. Mitchell, M. 2009. *Complexity A Guided Tour*. OXFORD UNIVERSITY PRESS.
20. Noschis, K., María-José D., Pierre Feddersen, P., Euphrosyne, T. 1978. *Ekistics*. Vol. 45. No. 273.
21. Olds, J. 1956 . *Pleasure Center in the Brain*. Disponible en https://pages.ucsd.edu/~nchristenfeld/Happiness_Readings_files/Class%205%20-%20Olds%201956.pdf
22. ONU, 2016. *Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III) Nueva agenda urbana*.
23. ONU-HABITAT.2016. *Reporte Ciudades del mundo. Urbanización y Desarrollo: futuros emergentes*.

24. ONU-HÁBITAT. 2019. Asamblea de las Naciones Unidas Sobre los Asentamientos Humanos del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.
25. Paul Cillier. 1998. Complexity and Postmodernism. Understanding complex systems. Routledge. Taylor and Francis Group.
26. Pol. E. 1996. La apropiación del espacio. En L. Iñiguez y E. Pol (Coord) Cognición, representación y apropiación del espacio. Barcelona, Publicacions Universitat de Barcelona, Monografias Psico/Socio/Ambientals n°9.
27. Railsback, S. 2001. Concepts from complex adaptive systems as a framework for individual-based modeling. *Ecological Modelling* 139 (2001) 47-62.
28. Rodríguez, Z. Pascal, R. 2014. La modelización y simulación computacional como metodología de investigación social. *Polis Revista Latinoamericana*. ISSN: 0718-6568. Disponible en <http://journals.openedition.org/polis/10568>
29. Simon, H. 1996. *The Sciences of the artificial*. Third edition. The MIT Press.
30. Sousa-Santos, B. 2011. Epistemologías del Sur. *Utopía y Praxis Latinoamericana*. Año 16. N° 54. pp. 17-39. ISSN 1315-5216.
31. Tomeu, V.M., Enric, P.U. 2005. La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares. *Anuario de Psicología*. 2005, vol. 36, n°3, 281-297. Universitat de Barcelona. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/AnuarioPsicologia/article/view/61819>.
32. Tomeu, V.M., Enric, P.U., Guàrdia, J., Maribel, P. 2004. Un modelo de apropiación del espacio mediante ecuaciones estructurales. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 2004, 5(1 y 2), 27-52. Disponible en https://mach.webs.ull.es/PDFS/Vol5_1y2/VOL_5_1y2_b.pdf.
33. Torri, D., Francois B., Toru I. Guy T., y Vejpas, C. (2005). Using Classification Learning in Computation Modeling. In Lukose D., Shiz (eds) *Multi-Agent Systems for Society. PRIMA 2005. Lecture Notes in Computer Science*, vol 4078. Berlin, Alemania: Springer.

34. van Fraassen, Bas C. 1970. *An introduction to the philosophy of time and space*. Random House in 1970.
35. Vinicius M. Netto, Joao Meirelles, and Fabiano L. Ribeiro. 2017. Social Interaction and the City: The Effect of Space on the Reduction of Entropy complexity. Volume 2017, Article ID 6182503, 16 pages. <https://doi.org/10.1155/2017/6182503>
36. Wilensky, U., Rand, W. 2007. 'Making Models Match: Replicating an Agent-Based Model'. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 10(4)2 <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/10/4/2.html>>.
37. Wilensky, U. y Rand, W. (2015). *An introduction to Agent-Based Modeling*. Modeling Natural, Social and Engineered complex systems with Netlogo. MIT Press.
38. Wolf, T. Tom, H. 2004. Emergence Versus Self-Organisation: Different Concepts but Promising when Combined. En S. Brueckner et al. (Eds.): ESOA 2004, LNCS 3464, pp. 1–15, 2005. c Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.59.2913&rep=rep1&type=pdf>
39. Xiang, X., Ryan, K., Gregory, M. 2005. Verification and validation of Agent based Scientific Simulation Models. ADS'05. ISBN-1-56555-291. disponible en https://www3.nd.edu/~nom/Papers/ADS019_Xiang.pdf

Anexo 1.

Código de programación Netlogo

```
globals
[ counter wet1 complejidad1 motivacion1]
patches-own
[
  uso wet complejidad
]
turtles-own
[
  energy motivacion
]
breed [apropiadores apropiador]
breed [vecinos vecino]
breed [contaminadores contaminador]

to setup
  ca
  setup-turtles
  setup-patches
  reset-ticks
end

to setup-patches
  ask patches with
  [(random-float 100) < densidad]
  [set pcolor yellow]
  ask patches [ if pcolor = yellow [ set uso "apropiable" set wet 0 set complejidad 0 set wet1 0 set complejidad1 0 ]]
end

to setup-turtles
  create-apropiadores cholos [setxy random-ycor random-xcor set color green ]
  create-vecinos neibors [setxy random-ycor random-xcor set color violet set motivacion motivacion + pasion]
  create-contaminadores conta [setxy random-ycor random-xcor set color red ]
  ask turtles [set shape "person" ]
end

to go
  move-turtles
  move-apropiadores
  move-vecinos
  move-contaminadores
  llover
  complex
  tick
```

```

if ticks mod 365 = 0 [stop]
; if ticks mod 90 = 0 [stop]
end

to move-turtles
ask turtles [ right random 360 fd 1]
end

to move-apropiadores
ask apropiadores
[
if uso = "apropiable" and complejidad > 0.5
[set pcolor green set complejidad complejidad - 0.1 set complejidad1 complejidad1 - 0.1]
]
ask apropiadores
[
if uso = "basura" and complejidad > 0.5 [set pcolor green set complejidad complejidad - 0.1 set complejidad1
complejidad1 - 0.1]
]
end

to move-contaminadores
ask contaminadores
[
if uso = "apropiable" [set pcolor brown ]
]
basura
end

to basura
ask contaminadores [ if wet > 24 and uso = "apropiable" [set uso "basura"
set complejidad complejidad + 0.002 set complejidad1 complejidad1 + 0.002 ]
]
end

to move-vecinos
ask vecinos
[

if any? apropiadores-on patch-ahead 1 [set energy energy + Positive_Reinforce ]

if energy >= 0.8 [set color green set motivacion motivacion + pasion ]

]
ask vecinos
[
if energy > 0.8 [ set energy energy - Negative_Reinforce

```

```

    if energy < 0.8 [set color violet]]
  ]
  ask vecinos
  [ if color = green and motivacion > 1 [set pcolor green set complejidad complejidad - 0.1 set complejidad1 complejidad1 -
0.1 set motivacion motivacion - 1]
  ]
  limpiar
end

to limpiar
  ask vecinos
  [
    if uso = "apropiable" and energy > 0.8 and complejidad > 0.5
    [set pcolor green set complejidad complejidad - 0.1 set complejidad1 complejidad1 - 0.1]
  ]
  ask vecinos
  [
    if uso = "basura" and energy > 0.8 and complejidad > 0.5 [set pcolor green set complejidad complejidad - 0.1 set
complejidad1 complejidad1 - 0.1]
  ]
end

to llover
  set counter counter + 1
  ask patches
  [
    if counter < 182.5
    [set wet wet + 1 set wet1 wet1 + 1]
    ;[ set wet ( wet + 1 ) set wet1 (wet1 + 1)]
  ]
  ask patches
  [
    if counter > 182.5
    [ set wet ( wet - 1 ) set wet1 (wet1 - 1)]
  ]
end

to complex
  ask patches with [uso = "apropiable"]
  [ if wet > 24 [set complejidad complejidad + 0.0019 set complejidad1 complejidad1 + 0.0019]]
end

```

CAPÍTULO 6

RESULTADOS GENERALES

Resultados de los procesos empíricos de apropiación del espacio con agricultura

Antes de continuar en esta sección, hacemos notar que en cada apartado anteriormente descrito ya fueron analizados y discutidos los resultados de los procesos de investigación. De esta manera, en este apartado se hará un recuento de los aspectos más relevantes de esta investigación. En primer lugar, retomamos el planteamiento general de esta investigación que fue estudiar ¿qué reglas de decisión son indispensables en la emergencia de procesos de autoorganización en la apropiación del espacio con agricultura en el contexto urbano? En primer lugar, como fue planteado en el capítulo 1 encontramos evidencia de que tres guardias de seguridad se autoorganizaron para apropiarse del espacio en ausencia de un mecanismo de control central. Además, que dicho fenómeno fue emergente y no se repitió con las mismas personas.

En este sentido, Pol (1996) señala que la acción de las personas sobre el espacio permite su apropiación, aunque dicha apropiación es dinámica, puede durar poco tiempo o prolongarse indefinidamente. En nuestro segundo caso, en la escuela primaria emergió otro proceso de autoorganización en ausencia de un mecanismo de control central. Tal proceso, consistió en que un equipo formó un cronograma de actividades para establecer los horarios y las actividades que llevarían a cabo. En este caso, la niña que tuvo la idea no era la líder del equipo. Incluso después de su idea, no actuó como organizadora del equipo. Otro resultado fue que después de que el primer equipo formó su cronograma de actividades, los equipos restantes también lo hicieron. En términos de sistemas dinámicos adaptativos esto se conoce como un patrón emergente. En nuestros casos de estudio, dichos patrones fueron estudiados de dos formas distintas.

En el primer caso, se ensayó con el modelo de Rescorla-Wagner (1972) para estudiar el proceso de aprendizaje mediante el cual los vecinos aprendieron que podían apropiarse el espacio como propio. En el segundo caso, en la escuela primaria se estudió de qué forma la superficie apropiada tenía influencia sobre el proceso de apropiación. Además, de qué forma el rol del líder influía en los patrones de apropiación del espacio. Los resultados en el primer caso, en el área de donación, fueron que la percepción de los vecinos cambió considerablemente después del proceso de apropiación del espacio. Es decir, que de ocho vecinos que percibían al inicio del proyecto el área como ajena. Después, del proyecto percibían el área como propia. Por otra parte, que la frecuencia más probable de vecinos que apropió el espacio de forma continua fue de dos. Dicho dato, fue similar al obtenido en los procesos de simulación computacional. Adicional a lo anterior, los vecinos clave corroboraron que el funcionamiento y los resultados de los modelos presentados en este documento correspondían con su percepción.

En el segundo caso, en la escuela primaria, obtuvimos evidencia de que el número de niños que acude al huerto de forma continua oscila de dos a cinco. Además, que independientemente de la superficie⁶¹ apropiada el número se mantenía constante. Otro hallazgo, fue que en el segundo semestre del ciclo 2017-2018 el 86 por ciento de los alumnos participantes manifestó su rechazo a que un líder organizara los trabajos de acceso al huerto. En este sentido, los comentarios fueron que no debería haber líderes.

Por otro lado, en el primer ciclo del 2018-2019 observamos que de nueve grupos de cuarto a sexto grado. Solo dos salones en los que el maestro no era el líder del proyecto, los niños continuaron con los procesos de apropiación del espacio. Además, en el segundo semestre del ciclo 2018-2019 observamos que pese a que algunos padres de familia destruyeron todos los huertos. Los alumnos de dos grupos de quinto grado (antes cuarto grado) continuaron con el proyecto del huerto. En este caso, acudían a cuidar y regar solo a la hora de recreo.

⁶¹ La superficie osciló de dos a cinco metros cuadrados.

Por otra parte, un nuevo grupo de cuarto grado se sumó a la apropiación del espacio escolar con el huerto escolar, también de forma autónoma. Cuando se les preguntó la razón de querer participar en el huerto, los comentarios fueron que ellos habían visto que cuando pasas a cuarto grado de primaria te toca huerto. Además, de que el huerto les permitía jugar con sus compañeros. En resumen, las reglas de decisión indispensables que encontramos en ambos casos de estudio para la emergencia de procesos de autoorganización en la apropiación del espacio con agricultura son: acceso y delimitación del espacio, autoorganización (cronograma de actividades) y procesos de diálogo que promuevan la resolución de conflictos. Por último, podemos señalar que si encontramos la emergencia de procesos de autoorganización tanto en contextos donde los niños eran los actores clave, tanto en contextos donde los adultos lo fueron. Esto nos indica que dichos procesos de autoorganización son la regla y no la excepción para diseñar programas de apropiación del espacio.

En términos de apropiación del espacio urbano con agricultura, esta contradicción entre planeación y autoorganización en la apropiación del espacio nos indica por un lado que se pueden establecer programas con objetivos claros pero abiertos al ajuste para promover la producción de alimentos para autoconsumo en el contexto urbano. Sin embargo, se debe promover que dicho proceso sea conducido de abajo hacia arriba de la mano de las personas involucradas. Además, se debe reconocer que en dicho proceso emergerán continuamente conflictos entre los participantes. De esta manera, la autoorganización debe servir tanto para promover el desarrollo de la agricultura en el contexto urbano como para resolver conflictos.

Resultados de los procesos *in silico* de los modelos basados en agentes en apropiación del espacio con agricultura

Tanto en el mundo real como en el mundo artificial los agentes interactúan con su ambiente y dicho proceso genera patrones emergentes. No obstante, si consideramos que los fenómenos de la realidad son inaccesibles para ser representados y modelados completamente por el entendimiento humano. En su estudio, podemos recurrir al modelado y simulación basado en agentes. Dado que este enfoque ayuda mediante el estudio de procesos deterministas a estudiar procesos complejos de los cuales emergen patrones estables y rastreables en el tiempo. Al respecto, una de las principales problemáticas que enfrentan dichos modelos como sugieren Axtell y Epstein (1994) es que *“si no podemos entender los sistemas artificiales complejos mejor de lo que entendemos los sistemas reales, entonces como podemos haber hecho progreso”* en el entendimiento de los fenómenos sociales (Axtell y Epstein, 1994) lo cual nos lleva al problema de la programación computacional y los programas disponibles. En tal caso, los temas pendientes en el horizonte científico descansan en la programación computacional y en la validación empírica. En este sentido, el programa Netlogo ha tenido gran impacto por su versatilidad en el estudio de sociedades artificiales, ver por ejemplo Wilensky and Rand (2013). Por otra parte, el modelado acompañado es una de las opciones promisorias para validar el funcionamiento de dichos modelos. En el modelo presentado de aprendizaje asociativo la tasa de aprendizaje de 0.84 y de 0.16 de olvido permitieron simular el proceso que observamos de forma empírica. No obstante, una crítica que se hace a estos enfoques en los que se usan datos medidos en campo para alimentar modelos de simulación es que los resultados pueden ser tendenciosos y autoimpuestos (Railsback, 2001). No obstante, hoy día es una forma de avanzar en la verificación y validación de los modelos basados en agentes. Por otro lado, el modelo presentado para simular la tasa de apropiación del espacio escolar mostró que independientemente de la probabilidad de acceso al espacio, la tasa de apropiación se mantiene constante. De esta manera, encontramos que la variación en las condiciones iniciales no alteró los resultados obtenidos, por lo que podemos hablar de una robustez del modelo o de una

validación interna (Liu, 2011). Además, la similitud entre los resultados obtenidos empíricamente con los obtenidos en el séptimo año de las simulaciones con diferentes probabilidades de apropiación puede ser considerada una validación empírica del modelo como sugiere (Windrum et al, 2007, Wilensky and Rand, 2007 en Olaru et al, 2009).

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES GENERALES

Regresando al objetivo central de este trabajo de investigación, es decir el de estudiar la emergencia de procesos de autoorganización en la apropiación del espacio con agricultura en el contexto urbano mediante un enfoque metodológico de seguimiento en campo. Además, el objetivo de estudiar la complejidad de dichos procesos de autoorganización.

Reconocemos que:

1. El concepto de apropiación del espacio nos remite a la emergencia de conflictos por su acceso y su uso. En este sentido, el concepto de autoorganización permite la búsqueda de soluciones sin la intervención de mecanismos de control central. Esto reviste relevancia dadas las tendencias de urbanización, de crecimiento poblacional y de deterioro ambiental que exigen buscar alternativas para la producción de alimentos para el autoconsumo en los contextos locales. Además, dadas las condiciones actuales de la Pandemia por COVID-19 es imperativo buscar en la apropiación del espacio urbano estrategias para la producción de alimentos.
2. La modelación y la simulación de modelos basados en agentes es útil para estudiar la apropiación del espacio debido a que permiten estudiar la complejidad de los procesos. Además, permite llevar a cabo experimentos en sociedades artificiales con gran heterogeneidad de agentes autónomos que interactúan entre ellos y su ambiente bajo reglas sencillas de comportamiento. En adición, permite estudiar la emergencia de estructuras

macro sociales a partir de estudiar comportamientos micro (bottom up). No obstante, la verificación empírica es la cuestión problemática de este enfoque. En este sentido, el modelado acompañado permite un acercamiento a la búsqueda de soluciones.

3. El modelo del aprendizaje asociativo de Rescorla-Wagner permite estudiar y simular mediante el modelado basado en agentes el proceso de apropiación del espacio urbano con agricultura. Además, dicho modelo permite ensayar tanto a nivel empírico como a nivel *in silico* procesos de aprendizaje asociativo para cambiar la percepción sobre el espacio. En nuestro trabajo, dicho aprendizaje se logró con agricultura en un periodo de dos años. La tasa de aprendizaje de 0.84 que fue usada en el modelo de simulación permitió obtener similitud entre los resultados medidos en campo y los resultados simulados. Dicha semejanza, se encontró en la cantidad de personas que apropió el espacio de forma empírica y la cantidad de agentes que apropiaron el espacio *in silico*. En este sentido, en un año, tanto en el nivel empírico como en el nivel *in silico*, encontramos que en promedio sólo dos agentes apropiaran el espacio. No obstante, es suficiente para configurar un patrón de apropiación del espacio que imprime una dinámica y uso del espacio. Además, dicho patrón de apropiación del espacio permite cambiar la percepción de otras personas sobre el espacio.
4. Con base en la información recabada en el estudio, consideramos que la autoorganización en el huerto escolar se puede lograr mediante un cronograma de actividades. Además, que es necesaria la asignación y delimitación de un espacio a los alumnos, el cual es un mecanismo de cohesión del grupo. Por otro lado, cuando emerge un líder o control de arriba hacia abajo (maestro u otro alumno) el proceso de apropiación del huerto escolar se debilita e incluso desaparece.
5. En el contexto del desarrollo de esta investigación los mecanismos de aprendizaje condicionado, de motivación recompensan y de complejidad nos permiten estudiar la emergencia de procesos de autoorganización en la

apropiación del espacio. Dichos procesos de apropiación pueden ocurrir en varios sentidos: con agricultura, con árboles, con juegos infantiles y por medio de limpieza y poda de pasto. Sin embargo, el mecanismo que permite la emergencia de dichos procesos es *el acceso al espacio*.

Lo cual permite que las personas puedan percibir que el espacio es de ellas. Por lo tanto, lo cuidan y le dan mantenimiento. Por el contrario, como lo evidencian los antecedentes de esta investigación, si las personas perciben que el espacio es ajeno, no lo cuidan y lo apropian con basura, con residuos de construcción y de poda de árboles.

6. Encontramos que especificar en qué campo disciplinar se circunscribe este trabajo de investigación es una de sus principales limitaciones. Además, podemos señalar que debido a que estudiamos procesos emergentes otra limitación es de orden estadístico en cuanto a predicción de fenómenos.
7. Por último, el estudio de la apropiación del espacio con agricultura en el contexto urbano ofrece muchas interrogantes, por ejemplo de qué forma los conflictos por el acceso y el uso del espacio configuran procesos de autoorganización entre adversarios. Además, de qué manera se puede pensar la apropiación del espacio sin recurrir al paradigma de la lógica de sistemas dinámicos que interactúan de forma organizada y armónica. Por el contrario, como pensar la autoorganización y la dinámica de la apropiación del espacio como procesos conflictivos que generan patrones de autoorganización.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL CONSULTADA

1. Anzola, D., Barbrook-jhonson, P.& Cano, J.I. 2017. Self- Organization and social science. *Comput Math Organ Theory* (2017) 23:221. DOI. 10.1007/s10588-016-9224-2.
2. Araghi, F., Mc Michael, P. (2006). "Regresando a lo histórico mundial: una crítica al retroceso posmoderno en los estudios agrarios", en *ALASRU* (3). Pp 1-49.
3. Asbhy, W.1957. *An introduction to Cybernetics*. Chapman & Hall, London.
4. Asbhy, R.W. 1962. Principles of the self organizing system. In *Co Special Double Issue* vol. 6.
5. Axelrod, R. 1997. *The complexity of cooperation agent based models of competition and collaboaration*. Ed. Princeton studies in complexity.
6. Axtell, R., Robert A., Epstein, J. Michael C. 1995. Aligning Simulation Models: A case Study and Results. *Computational and MAtheMATical Organization*. Disponible en http://www-personal.umich.edu/~axe/research/Aligning_Sim.pdf.
7. Axtel, R. Joshua, E. 1994. Agen-Based Modeling: Understanding our creations. The bulletin of Santa Fe Institute. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/17d3/21793b9f55864c90ba0e4f094a0474edd1e5.pdf>.
8. Bar-Yam, Yaneer. (2002). General Features of Complex Systems. UNESCO Encyclopedia of Life Support Systems.
9. Brett, M.2014. Space, Territory, Occupy: Towards a Non- Phenomenological Dwelling. Electronic Thesis and Dissertation Repository.
10. Bertalanfy, V.L. 1972. The history and status of general systems theory. *Academy of Managment Journal*, vol. 15. No 4.
11. Black, A., Prokasy, W. 1972. Classical Conditioning II: Current Theory and Research. Appleton – Century – Crofts, New York. Educational Division, Meredith Corporation. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/233820243_A_theory_of_Pavlovia

[n conditioning Variations in the effectiveness of reinforcement and non reinforcement/link/00b495321aae3132e8000000/download](#)

12. Bonabeau, E. 2002. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. PNAS vol. 99. suppl3. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.082080899>.
13. Bousquet F. 2014. Companion Modelling. *A participatory Approach to Support Sustainable Development*. Michel Étienne Editor. Ed. Springer. France.
14. Brown, A., Annali, K. 2009. Urban Policies and the Right to the City. Rights, responsibilities and citizenship. Management of social transformations. UN-HABITAT.
15. Cesarman E. 1986. *Orden y caos*. Ed. Gernika. México. 35, 39 pp
16. CEPAL. 2016. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. ONU. Comisión Económica Para América Latina y el Caribe.
17. Chombart, P. 1976. Appropriation of space and social change. Center of social Ethomogy and Psychosociology 1. Disponible en: <https://iaps.architexturez.net/doc/oai-iaps-id-iaps-00-1976-001>
18. Cicourel Aaron, Victor. 1982. *El método y la medida en sociología*. Traducción De Eloy Fuente Herrero. Editorial Nacional. España.
19. Corral, R., R. 2001. El concepto de zona de desarrollo próximo: una interpretación. Revista Cubana de Psicología. Vol. 18, No.1.
20. Costes, L. 2011. Del derecho a la ciudad de Henri Lefebvre a la universalidad de la urbanización moderna. Urban NS02.
21. Di Tella, T. 1992. La formalización teórica en ciencias sociales. Disponible en <http://www.educ.ar>.
22. Donkin, E., Peter, D., Ustalakov, A., Jhon, W., Clare, A. 2017. Replicating complex agent based models, a formidable task. Environmental Modelling & Software 92: 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.01.020>
23. Durkheim, Émile. 2001. *Las reglas del método sociológico*. Fondo de cultura económica. Traducción Ernestina De Champourcín.

24. Epstein, Joshua M. 2013. *Agent-Zero Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science*. Princeton University Press.
25. Epstein, J. 2007. *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton, NJ: Princeton University Press. Chapter I.
26. Epstein, J.M. *Remarks on the foundation of agent-Based generative social science*. The Brooking Institute, Washington, DC. CSED Working Paper No. 41. July 2005.
27. Epstein, J. Robert, A.1996. *Growing artificial societies*. Social Science from the Bottom up. The Brookings Institution.
28. Faragó, László. 2016. The social (sociological) turn in the discourse about space. *Romanian Review of Regional Studies*, Volume XII, Nंबर 1, 2016. Disponible en <http://rrrs.reviste.ubbcluj.ro/arhive/Artpdf/v12n12016/RRRS12120161.pdf>.
29. Faragó, L. The social (sociological) turni in the discourse about space. *Romanian Review of regional studies*, Volume XII, number 1, 2016.
30. Foerster, H. von (1996). *Cibernética de la cibernética*. En H. von Foerster, *Las semillas de la cibernética* (pp. 89-93). Barcelona. Ed. Gedisa.
31. Fontana-Giusti, DGK. 2016. *The Unconscious and space Venice and the work of Albrecht Durer*. In: Shannon, H. J., Lorens E. H. *Architecture and the Unconscious*. ImprintRoutledge.
32. García, M. 2010. *Traducción del El discurso del método de René Descartes (1637)*. Fuente:
33. Granada, Henry. 2001. El ambiente social. *Investigación y desarrollo*, vol. 09, núm, 1, julio, 2001, pp. 388-407. Universidad del Norte Barranquilla, Colombia. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/268/26890102.pdf>.
34. Colección Austral- ESPASA CALPE. Madrid.
35. Gebauer, Miriam., Nielsen, Helle Thorsoe., Schlosser, Jan Todtloff., Sorensen, Bent. 2015. *Non-Place*. Aalborg Universitet.
36. Gershenson, Carlos. 2007. Design and control of self organizing systems. *Coplt ArXives*.

37. Gershenson, C., Nelson, E. 2013. Complexity and information: Measuring Emergence, Self-organisation, and Homeostasis at Multiple Scales. arXiv:1205.2026v2.
38. Glaserfeld, E. von (1974). *Piaget and the Radical Constructivist Epistemology*. In Smock C.D. % Glaserfeld E. von (eds) Epistemology and education.
39. Gleick, J. 1987. *Chaos Making a New Science*. ESPA-BOOK. Traducción Juan Antonio Gutiérrez.
40. Giménez., G. 1999. Territorio, cultura e identidades la región socio-cultural. Estudios sobre las culturas contemporáneas. Época II vol. V. Núm. 9, Colima, Junio 1999. Pp 25-57.
41. Hofstede Jan, Gert. 2018. Artificial sociality. Disponible en <https://geerthofstede.com/wp-content/uploads/2018/05/Artificial-sociality-2018-05-22-Web-version.pdf>.
42. Holland, J. 2005. Sistemas Adaptativos Complejos. Redes Neuronales. Traducción de Alejandro Pazos y Antonio Rivas. Disponible en https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9449/CC_019_art_10.pdf
43. Holland, J. 2005b. Studying complex adaptive systems. JRI Syst Sci & Complexity (2006) 19: 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11424-006-0001-z>
44. Hooker, C. 2011. Philosophy of complex system. Elsevier. ISBN: 978-0-444-52076-0.
45. Ilya, P., Norbert, W., Stengers, I. 1984. *Order out fo chaos: Man's new dialogue with nature*. Batman New Age Books. 335 pages.
46. Ivarola, L. 2015. La nueva filosofía mecanicista: sus principales aportes dentro de la filosofía de la ciencia. eikasía. Revista de filosofía. Disponible en <http://www.revistadefilosofia.org/61-12.pdf>.
47. Kauffman, E. 1993. The origins of order : self-organization and selection in Evolution . Oxford University Press, New York.
48. Kosik, K. 2015. *Dialéctica de lo concreto*. Marxismo crítico. Word press. Disponible en

<https://marxismocritico.files.wordpress.com/2012/05/dialecticadeloconcreto.pdf>

49. Klügl, F., Ana, B. 2012. Agent-Based Modeling and Simulation. Artificial Intelligence Magazine. Vol. 33. No. 3: Fall 2012. DOI: <https://doi.org/10.1609/aimag.v33i3.2425>.
50. Lazarfeld, P.F., Raymond, B. 1985. *Metodología de las ciencias sociales, de los conceptos a los índices empíricos*. Ed. Laia. Social sciences 528 p.
51. Laguerre, M.S. 1994. The Informal City. Approach. In: The informal City. Palgrave Macmillan, London.
52. Law, A. 2009. HOW TO BUILD VALID AND CREDIBLE SIMULATION MODELS. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin and R. G. Ingalls, eds
53. Lefebvre, H. 2013. La producción del espacio. Ed. Capitán Swing. Traducción Emilio Martínez Gutiérrez.
54. Lehrer, Jonah. 2009. *How we decide?* Houghton Mifflin Harcourt. Boston-New York.
55. Liu, F. 2011. Validation and Agent-based modeling: a practice of contrasting simulation results with empirical data. New Mathematics and Natural Computation. Vol 7, No. 3(2011) 515-542. DOI: <https://doi.org/10.1142/S1793005711002050>.
56. Lorenzo, C.P. 2001. Principales teorías sobre el conflicto social. Norba 15. Revista de Historia. Cáceres, 2001:237-254.
57. Loukaki, Argyro. 2014. The geographical Unconscious. Routledge.
58. Macy, M. Damon, C, W. 2007. Complex Contagion and Weakness of Long Ties. AJS Volume 113 Number 3 (November 2007): 702–34.
59. Maturana H., Francisco V. 1994. *De Máquinas y Seres Vivos. Autopoiesis: La organización de lo vivo*. Ed. Lumen.
60. Martínez, R.S., Rafael M.O. 2009. La expansión urbana sobre el campo mexicano. La otra cara de la crisis agrícola. Revista Estudios agrarios.
61. Massey, D. 2005. for space. SAGE.

62. Mazoyer, M., Laurence, R. 2006. A history of world agriculture. ED. EARTHSCAN. London. 520 pp.
63. Mavrofides, T., Achilleas, K. Mimitris, P., Los, A. 2011. On the entropy of social Systems: A revision of the concepts of entropy and energy in the social context. *Systems Research and Behavioral Sciences*. Syst.Res. 28, 353-368 (2011). Doi : 10.1002/sres.1084.
64. Mesurado, B. 2008. Explicaciones psicológicas sobre la motivación y el sustrato neurobiológico que posibilita la misma. Publicación virtual de la Facultad de Psicología y Psicopedagogía de la USAL. Año VII N° 19 Julio de 2008.
65. Mitchell, M. 2009. Complexity a guide tour. Oxford University Press.
66. Moss, S. 2008. Alternative Approaches to the Empirical Validation of Agent-Based Models. *Journal of Artificial Societies and social simulation* vol.11, no. 15. DOI : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/1/5.html>.
67. Nasution, I. 2015. Urban Appropriation: Creativity in Marginalization. *Procedia. Social and Behavioral Sciences* 184 (2015)4-12.
68. Nigel, G., Rosario, C. (Eds). 1995. *Artificial Societies. The computer simulation of social life*. UCL Press.
69. Nigel, G. Klaus G. T. 2005. *Simulation for the social scientist*. Open University Press. Mc Graw Hill Educatio.
70. Nigel, G., Pietro, T. 1999. How to build and use agent-based models in social science. *Mind & Society* (2000) volume1. DOI : <https://doi.org/10.1007/BF02512229>.
71. Noschis, K., Maria-José D., Pierre Feddersen, P., Euphrosyne, T. 1978. *Eristics*. Vol. 45. No. 273.
72. Olaru, D., Sharon, P., Denize, S. 2009. Alternative ways of verification and validation of computational models: A case of replication in the innovation networks. Published at the 25th IMP-conference in Marseille, France in 2009. Disponible en https://www.impgroup.org/paper_view.php?viewPaper=7200.

73. Olds, J. 1956 . Pleasure Center in the Brain. Disponible en https://pages.ucsd.edu/~nchristenfeld/Happiness_Readings_files/Class%205%20-%20Olds%201956.pdf
74. Olson, M. The Logic of collective action. Public goods and the theory of groups. Harvard University Press. Twentieth printing, 2002.
75. ONU, 2014. United Nations. 2014. World urbanization Prospects. Economic & Social Affairs.
76. ONU, 2016. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III) Nueva agenda urbana.
77. ONU-HABITAT. 2016. Reporte Ciudades del mundo. Urbanización y Desarrollo: futuros emergentes.
78. Osorio, J. 2009. El megarelativo postmoderno. Frontera Norte. Vol. 21, núm 42.
79. Paul Cillier. 1998. Complexity and Postmodernism. Understanding complex systems. Routledge. Taylor and Francis Group.
80. Pol. E. 1996. La apropiación del espacio. En L. Iñiguez y E. Pol (Coord) Cognición, representación y apropiación del espacio. Barcelona, Publicaciones Universitat de Barcelona, Monografias Psico/Socio/Ambientals n°9.
81. Polhill, J., Gary, P., Brown, D., Grimm, V. (2008). 'Using the ODD Protocol for Describing Three Agent-Based Social Simulation Models of Land-Use Change'. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 11(2)3 DOI : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/2/3.html>.
82. Piaget, J., Rolando G. 1982. *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*. Ed. XXI.
83. Railsback, S. 2001. Concepts from complex adaptive systems as a framework for individual-based modeling. *Ecological Modelling* 139 (2001) 47-62.
84. Ribeiro, M., A.C. da, R., Bordini, R. 2003. A system of Exchange Values to support social interaction in Artificial Societies. Proceedings of the International Conference on Autonomous Agents. 2. 81-88. DOI : [10.1145/860575.860589](https://doi.org/10.1145/860575.860589).

85. Rodríguez-Zoya, L., Pascal, R. 2015. Modelos basado en agentes: aportes epistemológicos y teóricos para la investigación social. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*. UNAM. Nueva Época, Año, LX, núm. 225. Pp. 227-262. ISSN-0185-1918.
86. Rodríguez, Z. Pascal, R. 2014. La modelización y simulación computacional como metodología de investigación social. *Polis Revista Latinoamericana*. ISSN: 0718-6568. Disponible en <http://journals.openedition.org/polis/10568>
87. Panasuk, R.M., Sumudu, L. 2012. Constructivism: Constructing Meaning or Making sense? *International Journal of Humanities and Social Science*. Vol 2. No. 20.
88. Parsons, T. 1991. *The Social System*. Routledge.
89. Pol, E. (1996) La apropiación del espacio. En L. Iñiguez y E. Pol (coord.) *Cognición, representación y apropiación del espacio*. Barcelona, Publicacions Universitat de Barcelona, Monografies Psico/Socio/Ambientals n°9.
90. París, D. (2001). Weber: racionalidad y política, disponible en http://148.206.107.15/biblioteca_digital/capitulos/100-2605apc.pdf.
91. Rajaona, M., Nele, S., Folkard, Asch. 2012. Potencial of waste water use for jatropha cultivation in arid environments. *Agriculture*, 2012, 2, 376-392.
92. Rodríguez-Zoya, L. y Leónidas-Aguirre, J. 2011. Teorías de la complejidad y ciencias sociales. Nueva estrategia epistemológica y metodológica. En *Nómadas revista crítica de ciencias sociales y jurídicas* 130(2011,2).
93. Schelling, T. 1979 *Micromotives and Macrobehavior*. W.W. Norton & Company.
94. Simon, H. 1996. *The Sciences of the artificial*. Third edition. The MIT Press.
95. Schelling, T. 1971. Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Sociology*. Vol. 1, pp 143-186.
96. Simon, H. 1996. *The Sciences of the artificial*. Third edition. The MIT Press.
97. Soja, E.W. 1996. *Thirdspace: journeys to Los Angeles and other real-and-imagined places*. Cambridge, Mass: Blackwell.

98. De Sousa, S. B. 2011. Epistemologías del Sur. Utopía y Praxis Latinoamericana. Año 16. N° 54. pp. 17-39. ISSN 1315-5216.
99. Spence, M., Patricia, C.A., Buckley, R.M. Commission on growth and development. 2009. Urbanization and growth. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank
- Taylor, W.F. 1910. The principles of scientific management.
100. Ten, G., George, v., Arend, L. 2014. *Sensitivity analysis for agent-based models: a low complexity test-case*. Miguel, Amblard, Barceló & Madella (eds) Advances in Computational Science and Social Simulation. Barcelona: Autónoma University of Barcelona, 2014, DDD repository.
101. Teoría ergódica. (2017, 20 de agosto). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 15:52, noviembre 15, 2017 desde https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Teor%C3%ADa_erg%C3%B3dica&oldid=101245755.
102. Tomeu, V.M., Enric, P.U. 2005. La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares. Anuario de Psicología. 2005, vol. 36, n°3, 281-297. Universitat de Barcelona.
103. Tomeu, V.M., Enric, P.U., Guàrdia, J., Maribel, P. 2004. Un modelo de apropiación del espacio mediante ecuaciones estructurales. Medio Ambiente y Comportamiento Humano, 2004, 5(1 y 2), 27-52.
104. Torri, D., Francois B., Toru I. Guy T., Vejpas, C. 2005. *Using Classification Learning in Comapion Modeling*. In: Lukose D., ShiZ. (eds) Multi-Agent Systems for Society. PRIMA 2005. Lecture Notes in Computer Science, vol 4078. Springer, Berlin, Heidelberg.
105. Tunas, D. 2008. The Spatial Economy in The Urban Informal Settlement. IFoU.
106. van Fraassen, Bas C. 1970. *An introduction to the philosophy of time and space*. Random House in 1970.

107. Vázquez, A. 2011. La posmodernidad. Nuevo régimen de verdad, violencia metafísica y fin de los metarrelatos. *Nomadas. Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas I* (29).
108. Valera, S. 1993. El significado social del espacio. Tesis doctoral no publicada.
109. Visitchaihan, S. 2004. Revisiting Weber's Theory of Bureaucracy and its usefulness for analyzing organizational structures and issues. Disponible en <https://www.tci-thaijo.org/index.php/pajournal/article/.../19842>
110. Vinicius M. Netto, Joao Meirelles, and Fabiano L. Ribeiro. 2017. Social Interaction and the City: The Effect of Space on the Reduction of Entropy complexity. Volume 2017, Article ID 6182503, 16 pages. <https://doi.org/10.1155/2017/6182503>
111. Von-Foerster, H. (1996). Cibernética de la cibernética. En H. von Foerster, *Las semillas de la cibernética* (pp. 89-93). Barcelona: Gedisa.
112. Vogel, E., Fabián, A., Castro, M., Paola, S. 2006. Modelos matemáticos del condicionamiento clásico: evolución y desafíos actuales. 2006. *Revista Latinoamericana de Psicología*, volumen 38, N° 2, 215-243.
113. Weaver, W. 1948. Science and Complexity. *American Scientist*, 36:536 (1948).
114. Weber, Max. 2002. *Economía y sociedad. Fondo de cultura económica*. Traducción: José Medina Echavarría, Juan Roura Farella, Eugenio Imaz, Eduardo García Máynez y José Ferrater Mora.
115. Windrum, P., Giorgio F., Moneta, A. 2007. Empirical Validation of Agent-Based Models: Alternatives and Prospects. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 10, no. 2,8. DOI: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/10/2/8.html>.
116. Wiener, N. 1989. *Cybernetics and society*. Free Association Books/London/1989.
117. Wilensky, U. William, R. 2015. *An introduction to Agent-Based Modeling*. Modeling Natural, Social and Engineered complex systems with Netlogo. MIT Press.

118. William, C. 2007. *Re-Engineering Philosophy for limited beings*. Harvard University Press.
119. Wilensky, U. William, R. 2015. *An introduction to Agent-Based Modeling*. Modeling Natural, Social and Engineered complex systems with Netlogo. MIT Press.
120. Wilson, W.J. 2012. *The Rescorla-Wagner Model, Simplified*. Albion College. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:n-4iMzqS848J:campus.albion.edu/wjwilson/files/2012/03/RWSimplified.pdf+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=mx>
121. Wright W.A., Smith R.E., Danek, M., Greenway P. (2001) A generalizable Measure of Self-organisatio and Emergence. In: Dorffner G. Bischof H., Hornik K. (eds) *Artificial Neural Networks – ICANN 2001*. Lecture Notes in Computer Science, Vol 2130. Springer, Berlin, Heidelberg.
122. World Bank. 2011. *Violence in the city. Understanding and supporting community responses to urban violence*. The World Bank.
123. Wolf, T. Tom, H. 2004. *Emergence Versus Self-Organisation: Different Concepts but Promising when Combined*. En S. Brueckner et al. (Eds.): *ESOA 2004, LNCS 3464*, pp. 1–15, 2005. c Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.59.2913&rep=rep1&type=pdf>
124. Xiang, X., Ryan, K., Gregory, M. 2005. *Verification and validation of Agent based Scientific Simulation Models*. ADS'05. ISBN-1-56555-291. disponible en https://www3.nd.edu/~nom/Papers/ADS019_Xiang.pdf