

Modelo de simulación basado en agentes para la apropiación del espacio en un huerto escolar

Álvaro Vélez Torres¹, Antonieta Paulina Lara Lara², Ricardo David Valdez Cepeda¹, Irineo Lorenzo López Cruz³

¹Universidad Autónoma Chapingo. Centros regionales Universitarios.

²Escuela Primaria Urbana No. 23 Ford 1.

³Universidad Autónoma Chapingo. Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua.

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.

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.

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

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

1. 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 este 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 (Ashby, 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 2017. Como Nota, los trabajos continuaron y fueron interrumpidos hasta marzo 2020 por motivo de la pandemia por SARS COVID-19. 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 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 a cabo 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.

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 tapan el invernadero, ver figura 2.



Figura 2. Invernadero rustico proporcionado a los alumnos.

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.

2. 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.

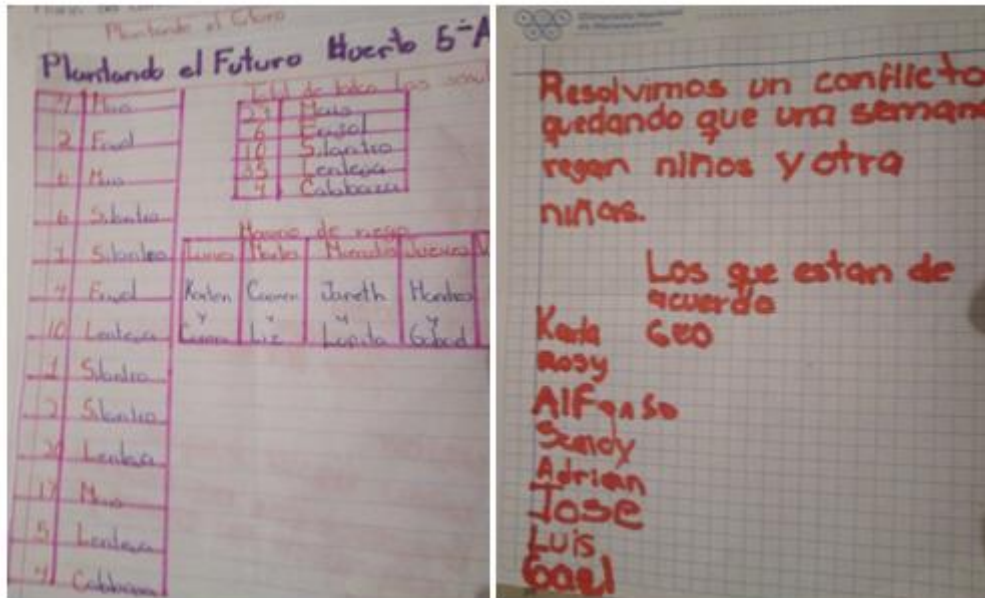


Figura 3. Cronograma de actividades.

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

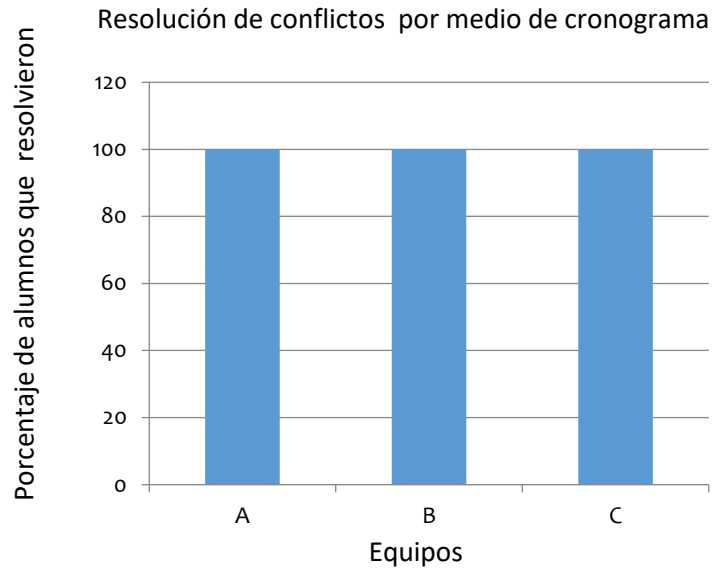


Figura 4. Porcentaje de resolución de conflictos con el cronograma.

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.

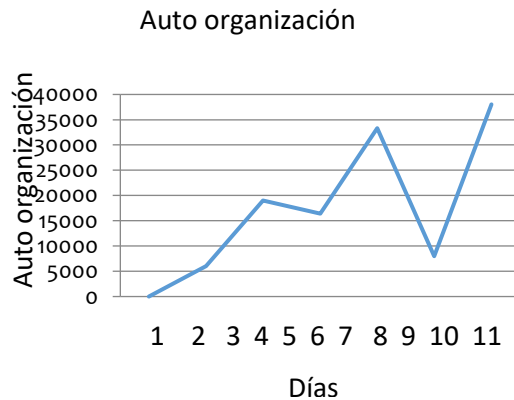


Figura 5. Emergencia de auto organización.

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.

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.

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.

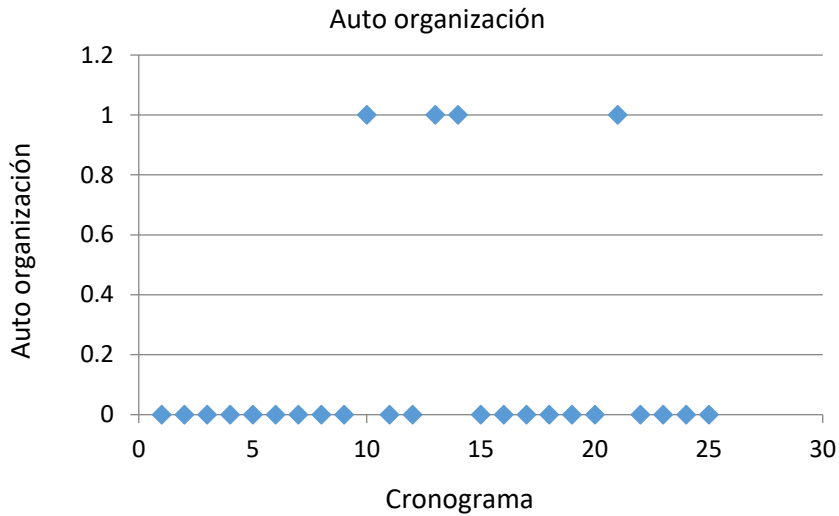


Figura 8. El 86 por ciento de los alumnos respondió que el cronograma no redujo los conflictos.

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.

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.

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 tabla 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.

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

Tabla 1. Porcentaje de agentes que se apropiaron del espacio.

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.

Apropiación del espacio con propbabilidades de apropiación de 0.8, 0.5, 0.3 y 0.1

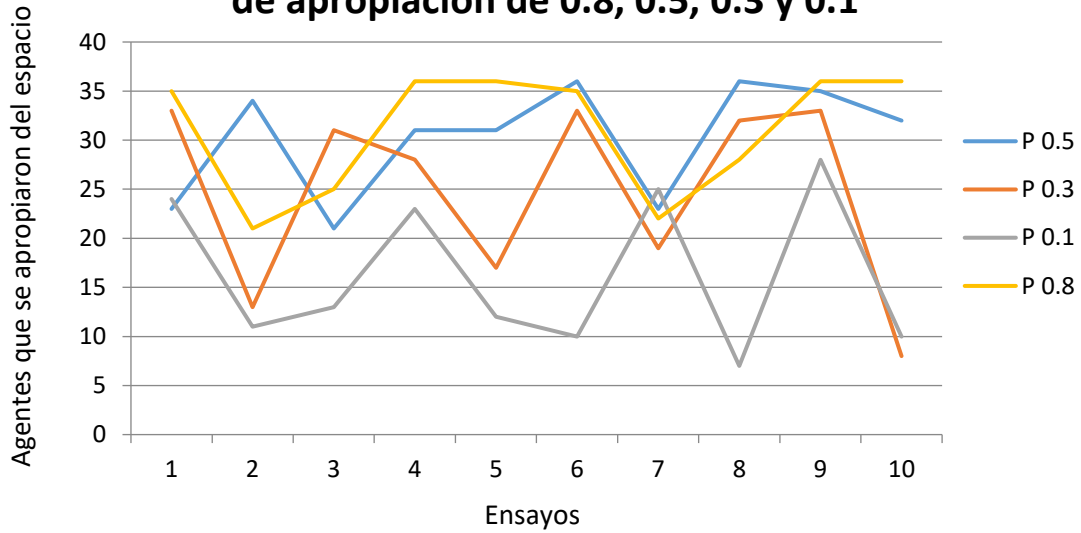


Figura 11. Comportamiento de las curvas de apropiación del espacio simuladas.

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.

Tasa de apropiación del espacio

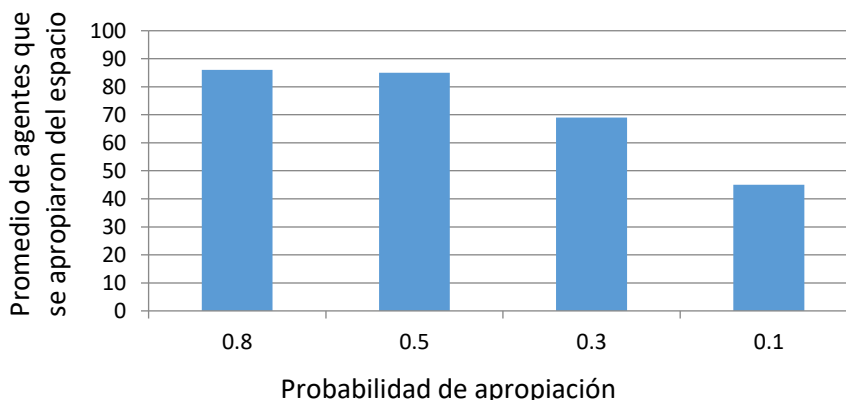


Figura 12. Resultados promedio de agentes que se apropiaron del espacio con diferentes probabilidades de apropiación.

3. 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 (Ghershenson, 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 agricultura, visto como un sistema que se adapta a través de una retroalimentación positiva, podría ser un cronograma de actividades. Además, 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 tienen 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).

4. CONCLUSIONES

Con base en la información recabada en el estudio exploratorio, consideramos que la auto organización 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. Por lo tanto, 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.

REFERENCIAS

- [1] Anzola, D., Barbrook-jhanson, 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. *Coplt 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: 978-0-444-52076-0.
- [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, Publicaciones 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). *Cibernética de la cibernética*. En H. von Foerster, *Las semillas de la cibernética* (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.

Correo autor: aibem@hotmail.com

ANEXO 1. CODIGO NETLOG

```
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 al frente patch-ahead 2
  ifelse al frente = NOBODY [ set heading heading + 135]
    [ if [pcolor] of al frente = 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
```

ANEXO 2. 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?