

SIMULACIÓN CON SISTEMAS DE AGENTES EN LA ECO-REGIÓN DE LA MOJANA COLOMBIA-CASO DE ESTUDIO NECHÍ

Yuri Alejandra Caicedo Paez, Ricardo Andrés Gómez Tapias, Paula Andrea Villegas González.

Universidad Católica de Colombia Sede Bogotá. Cl. 47 # 15-50.

yacaicedo82@ucatolica.edu.co, ragomez57@ucatolica.edu.co, pavillegas@ucatolica.edu.co.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación plantea un modelo enfocado en la simulación de sistemas de agentes en la eco-región de Mojana, dirigido al municipio de Nechí – Antioquia (Colombia). Es Realizado un análisis del comportamiento del territorio de acuerdo a la actuación de la población, contextualizado en la situación económica e inundación que enfrenta el municipio.

El desarrollo de la investigación nace debido a los fuertes cambios climáticos que enfrenta la región. Además es presentada una herramienta que sirve para la toma de decisiones a través de la generación de escenarios.

Estos escenarios se realizan a través de un proceso de simulación implementado en la plataforma NetLogo. Allí es representada la población en un conjunto de agentes que tienen ciertas características según su clase social (alta, media y baja, que representa el ingreso económico). Donde los agentes tienen prácticas de búsqueda de recursos y siembra de cultivos que les permite sobrevivir e interactuar con en el territorio.

Dado que esta zona presenta fenómenos de inundación, es analizada la relación entre el nivel del agua y dichos agentes.

Esta investigación propone una novedosa herramienta con la que se pueden visualizar situaciones que ocurren en el territorio y soportar mecanismos de planeación como los planes de ordenamiento territorial. Adicionalmente puede servir para generar estrategias en la toma de decisiones frente a eventos de riesgo, de manera económica y teniendo en cuenta el conocimiento experto de una población.

PALABRAS CLAVE

Modelación, simulación, territorio, inundación, NetLogo, ambiente y agentes.

INTRODUCCIÓN

EL núcleo de la eco-región de la Mojana está comprendido por once municipios en cuatro departamentos: Nechí (Antioquia); Magangué, San Jacinto del Cauca y Achí (Bolívar); Ayapel (Córdoba) y Guaranda, Majagual, Sucre, Caimito, San Marcos y San Benito Abad (Sucre). Se encuentra delimitada geográficamente por los ríos de Magdalena, Cauca y San Jorge (DANE, 2005).

Es una región en el que la desigualdad social ha sido marcada por los altos índices de pobreza, como se evidencia en los valores reportados por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas), para el año 2005. En este año la pobreza regional presenta el 64.47% correspondiente al NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas que mide la cantidad de personas dentro de un territorio en condiciones de pobreza, identificando necesidades básicas como: viviendas inadecuadas, servicios sanitarios, educación e ingreso mínimo). Mientras que el Anuario Estadístico de Antioquia para el año de 2011, indica que Nechí presenta condiciones de pobreza, con un 97.5% en toda su población (Nechí, 2012).

De este modo es fundamental contar con herramientas que permitan fortalecer las propuestas de gestión en el territorio, con el fin de generar soluciones enfocadas a mejorar los niveles de vida de la región. Así que es importante analizar los factores que influyen en el municipio, que deterioran los recursos naturales y afectan a los pobladores.

Enfoques novedosos como los proporcionados por metodologías basadas en la simulación con agentes permiten realizar la experimentación y el análisis en diferentes escenarios. En este sentido fue necesario realizar la caracterización de la zona, determinar las variables a incluir en el programa, definir los procesos a modelar y finalmente implementar la simulación. Los resultados obtenidos evidencian la importancia de comprender las dinámicas en los procesos de toma de decisión.

METODOLOGÍA

Los sistemas de agentes son una importante herramienta, ya que han sido ampliamente utilizados en múltiples áreas de estudio y en diversos escenarios. Con un agente individual o varios, se pueden encontrar soluciones y tomar decisiones. En este sistema se tiene la capacidad de asignar atributos, acciones, detalles propios e interacción entre los mismos agentes.

La simulación basada en agentes puede ser aplicada en escenarios. Como por ejemplo: desastres naturales (Karam, Hamid, Sehl, 2013), ecológicos (Filatova, Verburg, Parker, 2013), sistemas humanos (Li An, 2011) en donde son analizados los comportamientos individuales de cada agente dentro del sistema.

Para el desarrollo de la simulación se tiene en cuenta la caracterización de la zona que permite identificar las variables del municipio y la información de trabajo de campo (entrevistas a la población). Adicionalmente en la constitución del modelo son identificados programas que sirven como insumo para el diseño de la simulación. Para este caso se tomaron como base los siguientes aplicativos: NetLogo wealth distribution model (Wilensky, 1998), Computacionales (Márquez, 2010), NetLogo Modelo organizacional jerárquico de agentes naturales del agua (Melgarejo, Pérez, Villegas, 2014).

Dentro del escenario de la simulación con sistemas de agentes en la región de la Mojana se planteó un espacio en el que se incluye la población, la inundación y el terreno (Figura 1).



Figura 1. Estructura de la simulación.

El modelo presentado tiene en cuenta la cantidad de alimento (*grass-here*) que indica el aumento de riqueza del territorio. Pero si luego de cierto tiempo la cantidad de alimento es comida por los agentes, está se agota en el territorio.

La población es representada por un conjunto de agentes que se benefician del territorio, ya que de acuerdo a esto mejoran su riqueza (*wealth*). De este modo la interacción que los agentes realicen dentro del territorio, pueden generar o no empobrecimiento del mismo, observando como varía el nivel de clases sociales dentro de este.

En la simulación se consideran dos modelos de agentes (agentes que sufren enfermedad, agentes que pertenecen a una determinada clase social) que interactúan con el territorio, permitiendo de este modo que la población se acoja a unas determinadas características. Estas se pueden observar en la tabla 1. Los agentes pueden adoptar las rutinas de moverse, alimentarse y morir.

Adicionalmente, se simula la inundación (*water*) donde puede ser encendida habitualmente, con el fin de ver el comportamiento o la acomodación de los agentes ante esta variable. De acuerdo a la riqueza obtenida por los agentes se pueden clasificar en tres clases sociales (*High, Medium, Low*).

Tabla 1. Características de los agentes

Características de los Agentes	
Característica	Descripción
age	Edad del agente
wealth	Cantidad de riqueza de cada agente
life-expectancy	Expectativa de vida que el agente puede tener
energy	Cantidad de riqueza que un agente puede consumir
visión	El agente puede ver por delante
sanos	Cantidad de personas sin enfermedad
enfermos	Cantidad de personas con enfermedad
contagiados	Cantidad de personas contagiadas

En la Figura 2 se observa el proceso de desarrollo de la simulación considerando tres etapas: pre-procesamiento, procesamiento, pos-procesamiento.

En el primero se realizó la determinación de las variables que debían ser incluidas en el modelo, donde se clasifican (*Patches, agentes e inundación*).

En el segundo, luego de realizar los tutoriales de la herramienta, se diseñó e implementó el código que permite generar interacciones entre los agentes y el territorio. De esta manera es posible realizar predicciones sobre los efectos de realizar cambios en las variables de la simulación. Los efectos fueron a menudo sorprendentes y se presentaron en los resultados. Adicionalmente estas sorpresas son emocionantes y ofrecen excelentes oportunidades para el aprendizaje.

En cuanto al tercer procedimiento, al ser llevadas las variables al escenario, se desarrolló la simulación, obteniendo resultados que fueron analizados de acuerdo a las gráficas arrojadas por el programa. Allí se considera el análisis de las clases sociales, análisis del Índice de Gini, Análisis de Lorenz, y el análisis de la inundación en el municipio.

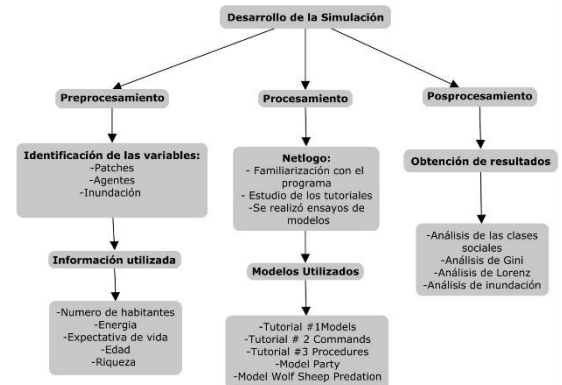


Figura 2. Desarrollo de la simulación.

Las enfermedades es otra de las variables llevada a la simulación, debido a que los habitantes del municipio lamentablemente se enfrentan a múltiples contagios en la región. Nechí no presenta un servicio adecuado de alcantarillado, debido a esto las aguas servidas de servicios sanitarios y aguas de lavado de ropa, se arrojan al río y las calles presentando deterioro al municipio.

En la Fotografía 1 y la Fotografía 2 se observa el estado ambiental en el que se encuentra el municipio.



Fotografía 1. Contaminación del municipio de Nechí.



Fotografía 2. Estado de las vías de Nechí.

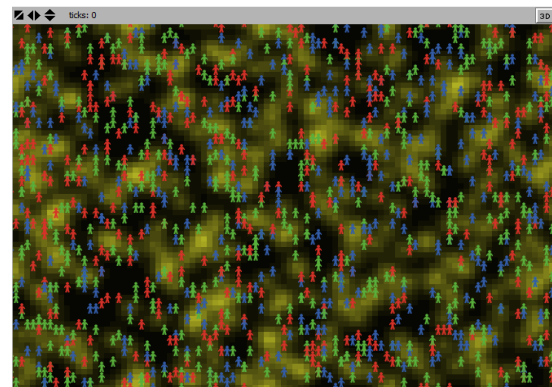
Otra de las actividades que realizan los habitantes del municipio es la explotación minera, aunque es realizada como actividad económica. En el procedimiento de la extracción de oro exponen su salud y la vida acuática a sustancias que son contaminantes como el mercurio. Este metal nunca desaparece del ambiente, tampoco puede ser expulsado por las personas o los animales, así que al ser tóxico actúa generando afectaciones en la salud debido al consumo de pescado y la respiración de vapores de mercurio generados por la extracción del oro. Generando disminución de la capacidad visual, pérdida del apetito y de peso, malformaciones y la muerte (Aguilera, 2014). En la Fotografía 3 se observan las actividades que realizan los habitantes del municipio.



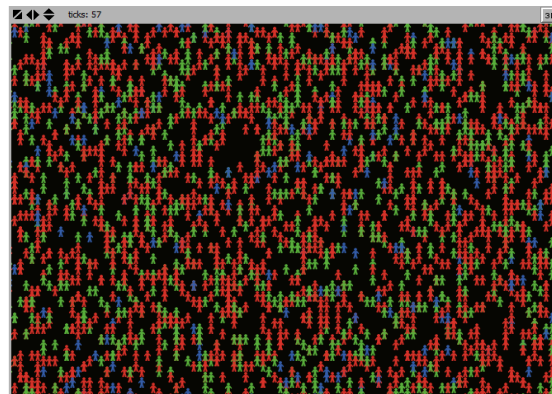
Fotografía 3. Actividad de los habitantes del municipio.

RESULTADOS

En la Figura 3 se observa a los agentes interactuando dentro del territorio. Luego de ser iniciada la simulación (a) los agentes se reproducen rápidamente y de este modo permanecen dentro del escenario organizándose por clases sociales. Luego que los agentes se comen el alimento (b), el territorio se observa de color negro debido a que ha acabado.



(a)



(b)

Figura 3. Agentes dentro del territorio.

Cuando el modelo inicia la simulación, las personas se mueven por el escenario y las clases sociales empiezan

a variar como se observa en la Figura 4. Se puede apreciar que luego de que las personas se alimenten la clase baja se mantiene por encima de las demás clases sociales, la clase media y la clase alta son muy inferiores y se conservan. Esta situación que se observó se mantuvo constante para otras condiciones iniciales en la simulación, donde indica que la clase baja predomina dentro del modelo y la clase alta es muy inferior.

Esto indica que en ningún momento de la simulación la clase baja deja de existir, predominando actualmente en la realidad del municipio de Nechí. La clase alta es una gran minoría en cada una de las simulaciones realizadas, destinados a ser menos comparados con el total de la población.

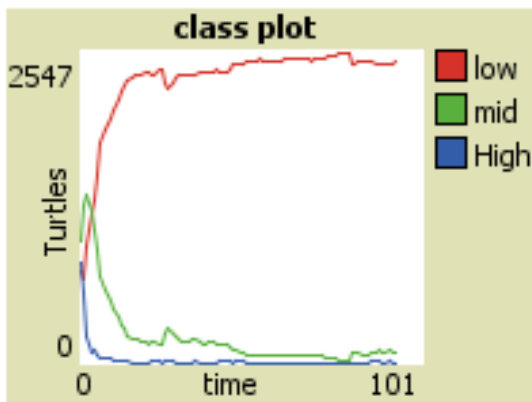


Figura 4. Variación de las clases sociales.

Dentro de la simulación se tiene en cuenta el análisis de la desigualdad, el cual es medido por la curva de Lorenz y el coeficiente de Gini.

La grafica de Lorenz se observa en la Figura 5, donde es utilizada para el cálculo del coeficiente de Gini. Esta grafica presenta el porcentaje acumulado de la población, donde se tiene en cuenta el ingreso de la región, en este caso se analiza la riqueza de la población dentro del municipio.

En esta grafica la línea diagonal morada indica la situación de la región y la línea roja es la curva de Lorenz, es decir que cuanto más se aproxime la curva de Lorenz a la línea morada, es más equitativa la distribución del ingreso en la población de la región.

Para el caso de Nechí, debido a que el área bajo la línea es tan grande, quiere decir que la distribución de riqueza no es equitativa.

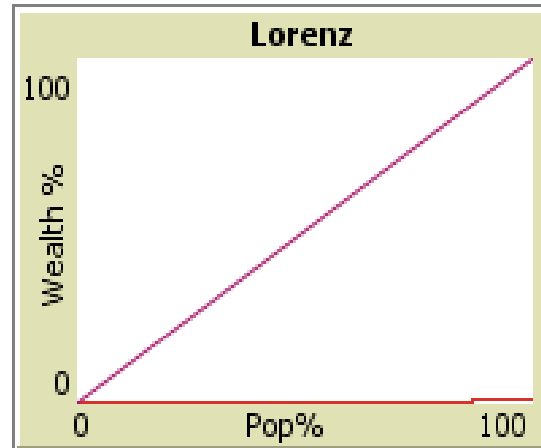


Figura 5. Grafica de Lorenz.

El coeficiente de Gini es una medida de desigualdad cuyos valores se ubican entre 0 y 1, de acuerdo a estos valores si son cercanos a 1 indica la existencia de mayor desigualdad.

Según el Dane para el año de 2011 a nivel nacional el coeficiente de Gini se encontraba en 0.548 (DNP, 2012) este coeficiente ha ido disminuyendo al pasar los años, indicando de este modo que la desigualdad ha ido volviéndose cada vez menor en el país.

El dato encontrado en la simulación para la población del municipio de Nechí fue de 0.417. Aunque este valor es bajo comparándolo a nivel nacional, si se observa que el municipio presenta valores altos de desigualdad y de este modo se ve reflejada la pobreza del lugar. En la Figura 6 se presenta la gráfica que es analizada dentro de la simulación.

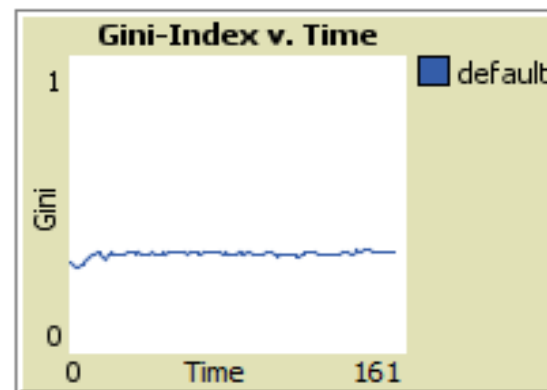


Figura 6. Grafica del Índice de Gini.

De acuerdo al análisis de los agentes que presentan características de sanos, enfermos y contagiados, se evidencia como el desarrollo de las enfermedades aumenta a medida que el tiempo avanza. En la figura 7 se observa como en el municipio puede llegar a predominar la cantidad de personas enfermas.

Dentro de la Figura 7 se presentan los valores obtenidos para los agentes, la cantidad de habitantes del municipio son 23.502, sin embargo dentro la simulación este número de habitantes puede variar según el observador lo vea conveniente. Inicialmente se simula con una cantidad de 2550 habitantes y de acuerdo a la interacción de ellos con el territorio se encuentra que la cantidad de agentes que presentan alguna enfermedad son 1.605, la cantidad de sanos son 886 habitantes y finalmente el número de contagiados es de 59. Valores que son analizados para indicar el estado en el que se encuentran los habitantes del municipio.

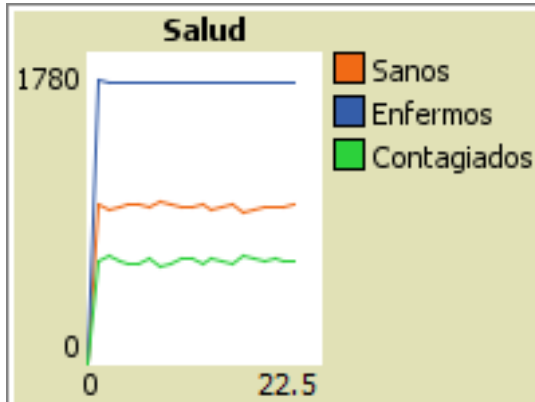


Figura 7. Variación de personas con diferentes condiciones de salud del municipio.

DISCUSIÓN

La simulación es un método que proporciona soluciones, permitiendo ser modificado de manera rápida para analizar distintos escenarios.

Construir un modelo de agentes permite analizar acciones individuales dentro de un escenario, indicando las características de cada uno. La simulación logra que los agentes puedan poseer sus propios sentimientos, costumbres y oportunidades, de este modo enmarcando la importancia que un agente presenta ante la capacidad de adaptación en los distintos escenarios que se propongan.

Es importante generar este tipo de simulaciones ya que permiten observar como los agentes se adaptan al entorno, como por ejemplo: se relacionan entre ellos e interactúan ante los cambios ambientales, los resultados de la simulación pueden ir variando de acuerdo al tiempo.

La simulación tiene como aspecto positivo los costos ya que esta experimentación virtual que es mucho más económica que hacer el experimento real, es decir que facilita la lectura de los resultados en tiempo real, brindando múltiples soluciones para escoger la más óptima dentro del escenario.

Como se observó las dinámicas territoriales dentro de la simulación indican que las personas interactúan rápidamente con el territorio permitiendo ser analizadas en tiempo real.

El modelo presentado es una primera aproximación ya que aunque se realizó la caracterización del municipio y de este modo se incluyeron entrevistas de algunos pobladores del municipio, hizo falta más información de campo que permitiera determinar los niveles de inundación reales dentro del territorio.

Este tipo de simulaciones con agentes deberían utilizarse más a menudo ya que permiten acercarse a un territorio y realizar la toma de decisiones, si no se pudiera tener acceso a la zona.

CONCLUSIONES

Se realizó un modelo de simulación apoyado en agentes que permitió analizar de manera rápida el escenario en el que interactúan los agentes, siendo un método útil para identificar múltiples aproximaciones a la realidad del territorio.

Es imprescindible determinar las variables del modelo y la caracterización del territorio, para que de este modo al realizar la implementación sea clave obtener conclusiones específicas para la toma de decisión y sea más acorde con la realidad que se presente en la zona.

Los sistemas de agentes son una herramienta importante ya que generando un escenario, se pueden identificar ideas que son significativas para la toma de decisiones de un territorio, trayendo de este modo ventajas que permiten el procesamiento de la información ya que es fácil de visualizar y entender.

REFERENCIAS

- Aguilera M.M. (2004) la Mojana: riqueza natural y potencial económico. <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicacion/es/archivos/DTSER-48.pdf>. (citado 24 de Marzo 2015)
- Alcaldía municipal de Nechí. (2012) Plan de desarrollo 2012-2015. <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/nechiantioquiapd2012-2015.pdf>. (citado 24 de Marzo 2015)
- Dane-Nechí. (2005) Boletín general. <http://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/antioquia/nechi.pdf>. (citado 24 de Marzo 2015)
- Departamento Nacional de Planeación. (2012) Pobreza monetaria y desigualdad del ingreso. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Social/An%C3%A1lisis%20Resultados%20Pobreza%20y%20Desigualdad%202012.pdf>. (citado 24 Marzo 2015)
- Filatova T., H Verburg P., Parker Dawn C., Carol Ann Stannard. (2013). Spatial agent-based models for socio-ecological systems: Challenges and prospects. *Environmental Modelling & Software*, (63), 1–13.

Karam M., Hamid M., Sehl M. (2013). Modeling and Simulation Agent-Based of Natural Disaster Complex Systems. *Procedia Computer Science*, (21), 148 – 155.

Li an (2011). Modeling human decisions in coupled human and natural systems Review of agent-based models. *Ecological Modelling*, (1012), 25-36.

Marquez D. (2010) Netlogo Computacionales 2. Community models. http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/community/Proyecto_Final%20Computacionales%202. (citado 3 de Febrero 2015)

Melgarejo M.A., Pérez E.R., Villegas P.A. (2014). *Modelo organizacional jerárquico de agentes naturales del agua*. Pontificia Universidad Javeriana.

Wilensky, U. (1998) NetLogo Wealth Distribution model. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. <http://ccl.northwestern.edu/NetLogo/models/WealthDistribution>. (citado 3 de Febrero 2015).