

Simulador para recrear las dinámicas urbanas de Tena con Netlogo, antes de la intervención del espacio público

Simulator to recreate urban dynamics of Tena with Netlogo, before to public space intervention

EÍDOS N°20
Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo
ISSN: 1390-5007
revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos

¹Ángel Fabián Chicaiza Ortiz, ²Karina Alexandra Chérrez Rodas, ³Andrea Pamela Carrillo Pineda, ⁴Javier Sandoval, ⁵Dario Javier Vargas Amaguaya, ⁶Andrés David Villacrés Gallo, ⁷Odhais Dayanna Mejía Rosero, ⁸Ariel Fernando Maigua Bustamante

¹Universidad Regional Amazónica Ikiam, Urban Planning and Amazon Cities (UCA-URAI), Tena, Ecuador, 150101, angel.chicaiza@ikiam.edu.ec, ORCID:0000-0002-2405-2783 ²Universidad Regional Amazónica Ikiam, Urban Planning and Amazon Cities (UCA-URAI), Tena, Ecuador, 150101, karina.cherez@ikiam.edu.ec, ORCID:0000-0001-6330-3955 ³Universidad Regional Amazónica Ikiam, Urban Planning and Amazon Cities (UCA-URAI), Tena, Ecuador, 150101, andrea.carrillo@ikiam.edu.ec, ORCID:0000-0002-7116-7655 ⁴UrbanLab, Ensenada22750, México, angel.javier.sandoval@urbanlab.city, ORCID:0000-0003-0776-3070 ⁵Universidad Regional Amazónica Ikiam, Urban Planning and Amazon Cities (UCA-URAI), Tena, Ecuador, 150101, vargasdario91@gmail.com, ORCID:0000-0002-9889-7287 ⁶Universidad Regional Amazónica Ikiam, Facultad de Ciencias Socio Ambientales, Arquitectura Sostenible, Tena, Ecuador, 150101, andres.villacres@ikiam.edu.ec, ORCID:0000-0002-7116-7655 ⁷Universidad Regional Amazónica Ikiam, Facultad de Ciencias Socio Ambientales, Arquitectura Sostenible, Tena, Ecuador, 150101, odhais.mejia@est.ikiam.edu.ec, ORCID:0000-0003-4718-1796 ⁸Universidad Regional Amazónica Ikiam, Facultad de Ciencias Socio Ambientales, Arquitectura Sostenible, Tena, Ecuador, 150101, ariel.maigua@est.ikiam.edu.ec, ORCID:0000-0002-2133-3272

Resumen:

Las intervenciones del espacio público en las ciudades amazónicas del Ecuador se realizan sin un proceso de planificación que evalúe previamente el impacto sobre las dinámicas urbanas y su incidencia en los indicadores de la calidad del espacio público. Este trabajo busca recrear el impacto de las intervenciones urbanas en las dinámicas de la ciudad de Tena, específicamente en el sector con mayor comercio de la avenida 15 de Noviembre y su incidencia en la calidad del espacio público, previa a la intervención del espacio en mención. Los datos de los diferentes elementos que forman parte de la ciudad (sombra, mobiliario, usos en planta baja, cruces peatonales, paradas de buses, áreas verdes, comercio formal e informal, anchos de aceras y vías) sus vínculos e influencia en la dinámica urbana se cargan en el programa Netlogo. Con el propósito de tener resultados más aproximados a la realidad se calibra el modelo con base en las especificidades de la localidad, por ejemplo, las condiciones climáticas en la ciudad de Tena. Entre los resultados más destacables, se obtuvo la estructura de un modelo en Netlogo de la principal avenida de Tena, que describirá la dinámica urbana, que constituirá una herramienta para definir las mejores alternativas antes de intervenir el espacio público. La presente investigación es pionera en el contexto amazónico ecuatoriano y marca un precedente para futuros proyectos en la región.

Palabras clave: Espacio público, geo-simulación de dinámicas urbanas, geo-visualización, innovación urbana, planificación de ciudades, urbanismo.

Abstract:

Public space interventions in the Amazonian cities of Ecuador are carried out without a planning process that previously evaluates the impact on urban dynamics and its incidence on the indicators of the quality of public space. This work seeks to recreate the impact of urban interventions on the dynamics of the city of Tena, specifically in Avenida 15 de Noviembre in the sector with the most commerce, and its impact on the quality of public space, prior to the intervention of this space. The data of the different elements that are part of the city (shade, furniture, first floor uses, crosswalks, bus stops, green areas, formal and informal commerce, sidewalk and road widths), their links and influence on the urban dynamics are loaded into the Netlogo program. In order to have results closer to reality, the model is calibrated based on the specificities of the locality, for example, the climatic conditions in the city of Tena. Among the most outstanding results, the structure of a Netlogo model of the main avenue of Tena was obtained, which will describe the urban dynamics, which will constitute a tool to define the best alternatives before intervening in the public space. This research is a pioneer in the Ecuadorian Amazon context and sets a precedent for future projects in the region.

Keywords: Geovisualisation, Geosimulation of urban dynamics, Planning of cities, Public space, Urban Innovation, Urbanism

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2007 más de la mitad de la población mundial se encuentra viviendo en las ciudades. El crecimiento poblacional y, por tanto, de las ciudades en Latinoamérica demanda de espacios urbanos sostenibles, inclusivos, seguros y resilientes (Organización de las Naciones Unidas, 2022). Según Novillo Rameix (2018) Latinoamérica y el Caribe (LAC) se encuentran en un proceso constante de crecimiento urbano desde 1990, alcanzando en 2015 a duplicar la superficie residencial informal, lo que ha profundizado la segregación social, factores que se relacionan de manera directa con el uso del suelo y el acceso a este, tomando como el punto de referencia a las ciudades intermedias y sus habitantes. Las ciudades intermedias son las más propensas a sufrir las consecuencias de la falta de análisis y contemplación de efectos del cambio climático, para el diseño de planes de acción de mediano y largo plazo, sin embargo, son estas ciudades las que cuentan con mejor capacidad de adaptación y resiliencia. En LAC el porcentaje más alto de habitantes de la región vive en ciudades (Habitat, 2012). Razón por la cual se deberían incrementar los esfuerzos en la planificación de un urbanismo sostenible que tome en cuenta el impacto de este en el entorno.

En Ecuador, las ciudades amazónicas están creciendo sin un proceso de planificación integral, que evalúe el efecto de las intervenciones

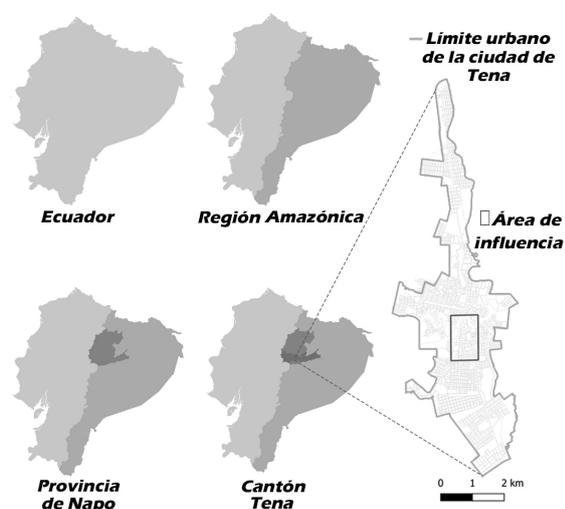


Figura 1. Ubicación del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia

del espacio público y considere las mejores opciones de construcción de la infraestructura antes y luego de haber sido implementadas (Andrade Mendoza, 2004), ya que en algunos escenarios esas intervenciones pueden generar impactos negativos.

Siguiendo esta línea se tiene la necesidad de evaluar previamente las alternativas de intervención de la infraestructura urbana y el efecto sobre las dinámicas urbanas y su incidencia en los indicadores de la calidad del espacio público, en ese sentido el presente trabajo de investigación se centra en contribuir en este ámbito tomando como caso de estudio el cantón Tena, la ciudad de Tena y su principal arteria comercial como lo es la avenida 15 de Noviembre, representada en la figura 1.

Para cumplir con el objetivo del presente trabajo es indispensable tener en cuenta las especificidades de la localidad (Luzuriaga, 2021).

El cantón Tena se ubica al sur de la provincia amazónica de Napo, al año 2020 aproximadamente cuenta con una población de 79 182 personas, de las cuales más del 50 % viven en la parroquia urbana de Tena. Las principales actividades económicas del cantón son: la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y comercio al por mayor y menor (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010; GAD Municipal de Tena, 2021).

Uno de los principales problemas que afronta la ciudad del Tena es el comercio informal, problemática que se genera por factores como: dificultad de encontrar fuentes de empleo formal, los bajos niveles de asociatividad, la escasez de espacios en los mercados para la comercialización de productos locales, el bajo nivel tecnológico y de formación de los comerciantes informales y el limitado acceso a los créditos del sector financiero. Precisamente en la avenida 15 de Noviembre, ubicada en la ciudad de Tena, existen 130 comerciantes informales. El comercio desarrollado por los vendedores ambulantes se desenvuelve en las calles, por diversos motivos como: la falta de trabajo, ser el único sustento para la familia, por tradición familiar y para

mejorar ingresos sus ingresos ya que los que poseen por otras actividades laborales no sustentan todos sus egresos (GAD Municipal de Tena, 2021; Cámara Provincial de Napo, 2019).

El propósito del presente trabajo es desarrollar en el software Netlogo (Wilensky, 1999) una herramienta que pueda recrear el impacto de las intervenciones urbanas en las dinámicas de la ciudad y a la vez medir su incidencia en la calidad del espacio público, previa a la intervención; tomando como lugar de estudio la principal arteria económica de Tena capital de la provincia de Napo, la cual guarda similitud en ciertos patrones y problemáticas sociales, culturales, ambientales, gastronomía, movilidad, climáticos, de flora y fauna con el resto de las ciudades amazónicas (López et al., 2019).

La plataforma Netlogo (Wilensky, 1999) es de gran ayuda en la implementación de las nuevas técnicas de movilidad basado en el desarrollo de algoritmos, un ejemplo es la aplicación de esta herramienta en el diseño de semáforos que se adaptan al tráfico en el tiempo real, en la ciudad de Colima, México, analizando los diferentes factores y escenarios vinculados a la movilidad (Battolla et al., 2018).

Villegas González et al. (2016) utilizaron la herramienta Netlogo para recrear un sistema socioecológico complejo en la ecorregión Mojana (Colombia). Este trabajo realizado de manera interdisciplinaria usando técnicas fundamentadas en matemáticas, física, biología o ciencias sociales, entre otras. Para modelar esta simulación se tomaron en cuenta 3 factores: La población (comportamiento), el uso de los suelos (la explotación del mismo y sus riquezas) e Inundación (períodos y zonas de inundación). La modelación de agentes tiene como propósito generar interacciones entre la población, la mancha de inundación y el uso del suelo.

Adicionalmente a los ejemplos antes mostrados, la ciencia de la Complejidad junto con el software Netlogo (Wilensky, 1999), tiene aplicaciones en el modelado de ciudades (Northwestern

University, 2022), en el desarrollo de simulaciones del crecimiento urbano (Cantergiani et al., 2014), crecimiento de poblaciones, interacción entre diferentes actores sociales en un entorno urbano para la planificación del territorio (Mudrak y Semwal, 2012), y otros ejemplos enfocados a entender y recrear diferentes dinámicas vinculadas al ámbito de la Complejidad (Tisue y Wilensky, 2004; Sandoval et al., 2017). En la página de NetLogo (Wilensky, 1999) <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/community/index.cgi> se han publicado alrededor de 1000 modelos entre los cuales están ejemplos de: crecimiento y decrecimiento poblacional (Final-Project); modelo de selección natural/artificial de diferentes animales que compiten por recursos (Evolution_no_bad_plots); la influencia de exploración de cómo las tasas de natalidad diferenciales afectan a la proporción de diferentes poblaciones (MBER NetLogo Limited Resources); el modelo de competencia ecológica entre dos especies que compiten por el mismo recurso (Ecological Competition Model); representación de redes de amistades y su desaparición (Friendship_model); la medición del efecto de patrones de consumo en la esperanza de vida de las personas y la estabilidad social (Consumption_pattern); simuladores para recrear la respuesta ante una catástrofe natural (terremoto o inundación) en un contexto localizado (DisasterResponse); y muchos otros modelos más (Sklar, 2007).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de los diferentes elementos que forman parte de la ciudad, tales como: sombra, mobiliario, usos en planta baja, zonas de parqueo, cruces peatonales, puestos de comerciantes informales, paradas de buses, vegetación urbana, anchos de aceras y vías (estos datos se recaban mediante mediciones en campo); sus vínculos e influencia en la dinámica urbana se cargan en el programa Netlogo (Wilensky, 1999), luego de haber sido obtenidos de procesos participativos con ciudadanos de Tena (focus group). Con el propósito de tener resultados más precisos, se calibra el modelo con base en las especificidades de la localidad: las condiciones climáticas en la ciudad, origen y destino de los desplazamientos,

participación modal de los viajes, comercio informal, flujos peatonales y vehiculares (medidas en campo). Para el levantamiento de información georreferenciada en campo se utilizaron celulares (Chrétien et al., 2018) y la aplicación KoBoCollect (Pham et al., 2022).

En la figura 2 se presenta el diagrama de flujo que prepara el modelo para la simulación; en la figura 3 se presenta la estructura general del funcionamiento del modelo cuando empieza a correr, y en las figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9, se presentan los diagramas de flujo para la construcción de las subrutinas utilizadas en la construcción del modelo inicial del sector más comercial de la ciudad de Tena en NetLogo, dentro de los diagramas se utiliza el término “tick” como un parámetro para medir el avance del tiempo dentro de las simulaciones.

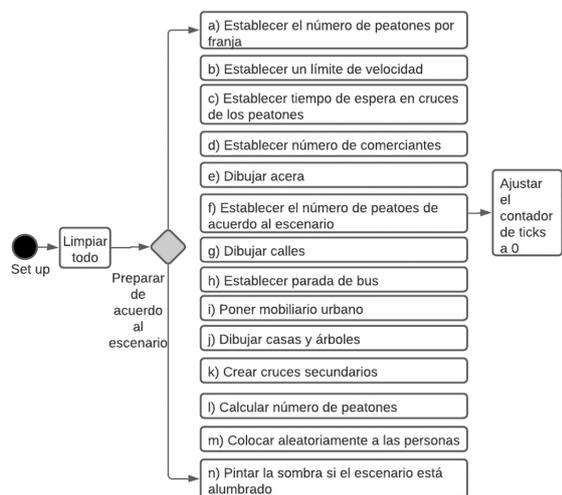


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de preparación del modelo (previo a ser ejecutado). Fuente: Elaboración propia

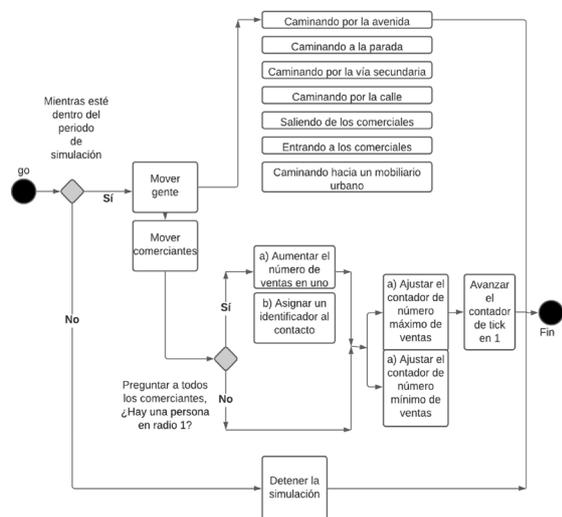


Figura 3. Estructura general del modelo en NetLogo. Fuente: Elaboración propia

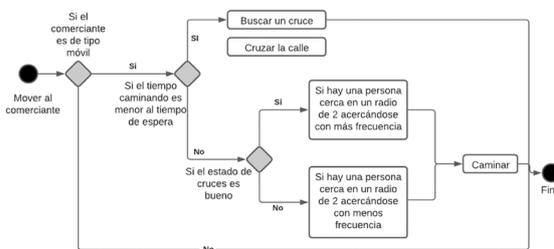


Figura 4. Diagrama de flujo para mover al comerciante es de tipo móvil. Fuente: Elaboración propia

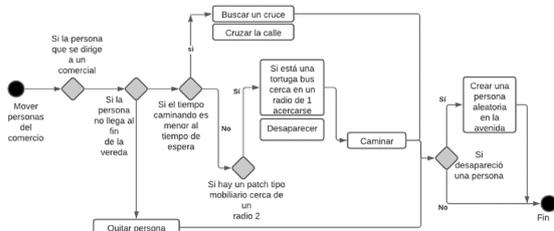


Figura 5. Diagrama de flujo para movilizar las personas que se encuentran en un área comercial. Fuente: Elaboración propia

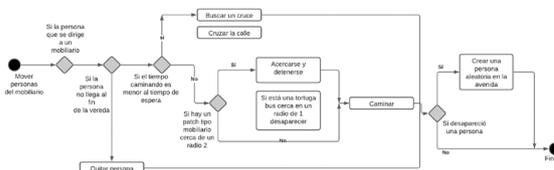


Figura 6. Diagrama de flujo para mover personas que se encuentran utilizando un mobiliario. Fuente: Elaboración propia

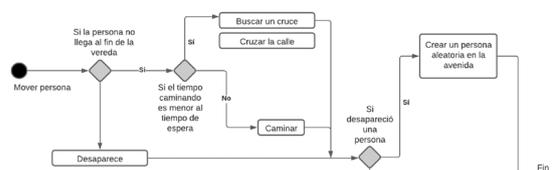


Figura 7. Mover a las personas a lo largo de los cruces peatonales. Fuente: Elaboración propia

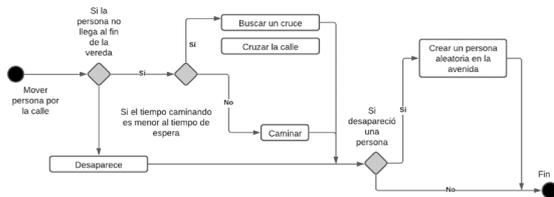


Figura 8. Diagrama de flujo para mover personas por la calle. Fuente: Elaboración propia

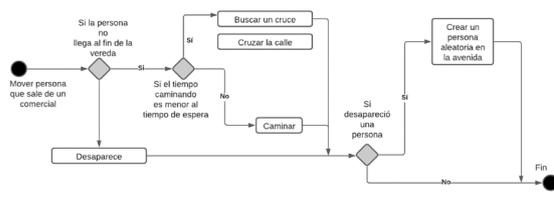


Figura 9. Diagrama de flujo para mover una persona que sale de un área comercial. Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis y resultados

Entre los resultados más destacables, se obtuvo la estructura que permitirá construir un modelo en el software Netlogo de las ciudades amazónicas del Ecuador. Así, en el sector más comercial de Tena, como lo es la avenida 15 de Noviembre, que se enfoca en describir la dinámica urbana, y constituye una herramienta para definir las mejores alternativas antes de intervenir el espacio público.

En la figura 10 se presenta de forma gráfica la zona con mayor comercio de Tena, plasmada en un modelo base que fue desarrollado en Netlogo, el cual contiene internamente la estructura mostrada en los diagramas de flujo y, a la vez, permite calibrar los datos de entrada en función de las diferentes variables que forman parte del área urbana de estudio: flujos peatonales, vehiculares, mobiliario urbano, anchos de aceras y vías, información recabada mediante mediciones en campo; y los vínculos entre las diferentes variables que se obtienen de un focus group con diferentes actores de Tena.

Discusión

El resultado de la presente investigación se presenta como una herramienta pionera que puede ser pulida, adaptada e implementada en procesos de planificación de diferentes ciudades

del Ecuador, considerando que las particularidades de cada sector pueden ser ingresadas y calibradas de forma sencilla a través de listas desplegables, barras móviles y cuadros para el ingreso de valores numéricos.

4. CONCLUSIONES

Se obtuvo la estructura general de un modelo en Netlogo de la avenida principal de Tena, que está enfocado en describir la dinámica urbana, que constituye una herramienta para buscar las mejores alternativas antes de intervenir el espacio público. La presente investigación es pionera en el contexto amazónico ecuatoriano y es el punto de partida para el desarrollo de nuevos mecanismos de planificación que permitan predecir el impacto de la inversión pública en diferentes contextos y ciudades.

5. AGRADECIMIENTOS

De parte de todo el equipo de investigadores expresamos nuestro agradecimiento a la Agencia Española de Cooperación Internacional AECID y a la Universidad Regional Amazónica Ikiam por el apoyo brindado al desarrollo de la presente investigación.

Apoyos

Esta investigación fue financiada por la UE-Agencia Española de Cooperación Internacional AECID y por la Universidad Regional Amazónica Ikiam.

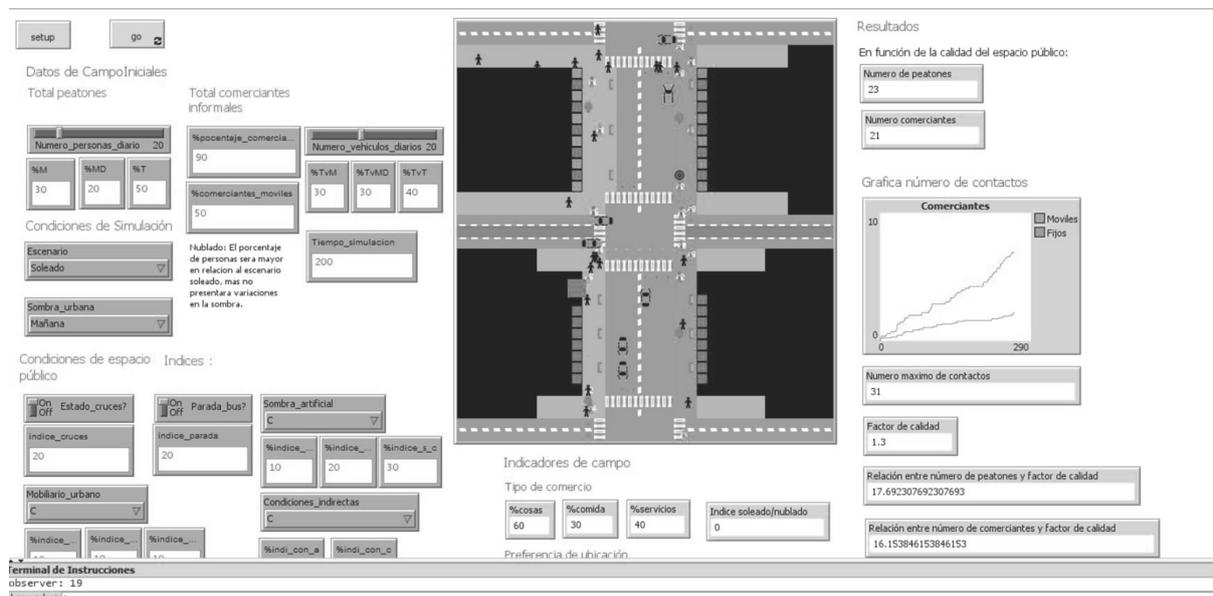


Figura 10. Interfaz gráfica del modelo en Netlogo. Fuente: Elaboración propia.

6. REFERENCIAS

- Andrade Mendoza, K. (2004). *El papel de la ECORAE en la Región Amazónica Ecuatoriana. Un ejemplo de crisis de gobernabilidad democrática en el Ecuador* [FLACSO Ecuador]. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/99/8/TFLACSO-01-2004KAM.pdf>
- Battolla, T. F., Fuentes, S., Illi, J. I., Nacht, J., Falco, M., Pezzuchi, G. y Robiolo, G. (2018). Sistema dinámico y adaptativo para el control del tráfico de una intersección de calles: modelación y simulación de un sistema multi-agente. *Simposio Argentino de Inteligencia Artificial (ASAI)-Jornadas Argentinas de Informática, Universidad de Palermo*.
- Cámara Provincial de Napo. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Napo 2020-2023*. <https://www.napo.gob.ec/website/index.php/transparencia/plan-de-ordenamiento-territorial>
- Cantergiani, C., Gómez Delgado, M. y Vergara, C. (2014). *Desarrollo de un modelo basado en agentes para la simulación del crecimiento urbano: Submodelo de asignación de nuevo suelo urbanizable*.
- Chrétien, J., Le Néchet, F., Leurent, F. y Yin, B. (2018). Using mobile phone data to observe and understand mobility behavior, territories, and transport usage. *Urban Mobility and the Smartphone: Transportation, Travel Behavior and Public Policy*, 79.
- GAD Municipal de Tena. (2021). Actualización PDOT Tena 2021-2023. En 2021. <https://drive.google.com/file/d/18umSDDvHxXNPKyYirjNgUV2nhXPC7HzT/view>
- Habitat, O. N. U. (2012). Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana. *UN Habitat: Nairobi*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/resultados/>
- López, V., Espíndola, F., Calles, J. y Ulloa, J. (2019). *Amazonía ecuatoriana bajo presión*.
- Luzuriaga, F. (2021). Una entrada descolonial en la Amazonía ecuatoriana. *EÍDOS*, 18, 61-71. <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/988/683>
- Mudrak, G., y Semwal, S. K. (2012). AgentCity- An agent-based modeling approach to city planning and population dynamics. *2012 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 91-96.
- Northwestern University. (2022). *Procedural Modeling of Cities*. <http://ccl.northwestern.edu/rp/cities/index.shtml>
- Novillo Rameix, N. (2018). Cambio climático y conflictos socioambientales en ciudades intermedias de América Latina y el Caribe. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 24, 124-142.
- Organización de las Naciones Unidas. (2022). *Ciudades - Desarrollo Sostenible*. Ciudades - Desarrollo Sostenible.
- Pham, P., Vinck, P., Kreuzer, T., Milner, J., Dorey, A., Tong, A., Reid, C., Giménez-Rebollo, I., Morrissette, J., Beretta, J., Lama, K., Pietrzak, L., DeLange, M.-L., Leger, O., y Aloo, S. (2022). *KoBoToolbox*. <https://www.kobotoolbox.org/>
- Sandoval, J., Castañón-Puga, M., Gaxiola-Pacheco, C. y Suaáez, E. (2017). Identifying Clusters of Complex Urban-Rural Issues as Part of Policy Making Process Using a Network Analysis Approach: A Case Study in Bahía de Los Ángeles, Mexico. *Sustainability*, 9(6), 1-17.
- Sklar, E. (2007). Software review: NetLogo, a multiagent simulation environment. *Journal of Artificial Life*, 13(2), 1-9.
- Tisue, S., y Wilensky, U. (2004). Netlogo: A simple environment for modeling complexity. *International Conference on Complex Systems*, 21, 16-21.
- Villegas González, P. A., Triviño León, N., Escobar, J. A., Obregón Neira, N., González Méndez, A. M., González Salazar, R. E. y Floréz Floréz, M. J. (2016). Modelación Integrada de Sistemas Socio-ecológicos Complejos: Caso de Estudio la Ecorregión de la Mojana. *Revista Ingeniería*, 21(3), 391-410.
- Wilensky, U. (1999). NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>