

Predicción del impacto de la Expansión Urbana en las periferias de la Ciudad de Lima al 2034; un enfoque a través del uso de autómatas celulares (Modelo Sleuth): una revisión sistemática

Carlos Enrique Correa Chapa^{1*}

¹ Escuela de Posgrado. Universidad César Vallejo. Perú.

*Autor para correspondencia: Carlos Enrique Correa Chapa

(Recibido: 05-12-2023. Publicado: 31-12-2023.)

DOI: 10.59427/rccli/2023/v23cs.4324-4332

Resumen

El fenómeno de la Expansión Urbana en la Ciudad de Lima ha acarreado mayor fragmentación espacial y polarización en la sociedad limeña en las últimas 3 décadas; ante esto, la predicción obtenida mediante autómatas celulares como el modelo SLEUTH resulta ser útil como base científica para el diseño de políticas de planificación urbana provisoria. En este sentido, el objeto de estudio fue la revisión de una selección de artículos indexados acerca de este tema para el análisis de coincidencias o desavenencias en estos hallazgos; utilizando la guía PRISMA se realizó una revisión sistemática en las bases de datos de Scopus, EBSCO y Scielo, y aplicando criterios de exclusión se seleccionaron 20 artículos afines a la investigación. Concluyéndose, que existen coincidencias entre los autores citados en el sentido que el modelo SLEUTH es una herramienta poderosa para la predicción de la expansión urbana augurando un mejor desempeño de los planificadores urbanos.

Palabras claves: Expansión urbana, Autómatas celulares, modelo SLEUTH.

Abstract

The phenomenon of Urban Expansion in the City of Lima has led to greater spatial fragmentation and polarization in Lima society in the last 3 decades; Given this, the prediction obtained through cellular automata such as the SLEUTH model turns out to be useful as a scientific basis for the design of provisional urban planning policies. In this sense, the object of study was the review of a selection of indexed articles on this topic for the analysis of coincidences or disagreements in these findings; Using the PRISMA guide, a systematic review was carried out in the Scopus, EBSCO and Scielo databases, and applying exclusion criteria, 20 articles related to the research were selected. Concluding, there are coincidences among the cited authors in the sense that the SLEUTH model is a powerful tool for predicting urban expansion, predicting better performance of urban planners.

Keywords: Urban expansion, cellular automata, SLEUTH model.

1. Introducción

El fenómeno de la expansión urbana global no es ajena a la realidad que viene experimentando la Ciudad de Lima, que según el INEI alberga el 30.2% de la población del Perú. Sobre todo, en estas tres últimas décadas este desborde urbano ha estado caracterizado por un desarrollo periférico vertiginoso, desordenado e informal que ha traído como consecuencia una gran fragmentación espacial y consecuente polarización de la sociedad limeña; situación que se ha agravado debido a la carencia de políticas de planificación urbana acorde a las nuevas exigencias del crecimiento demográfico de la ciudad y sus nuevas demandas de vivienda. Ante esta situación, es vital que la administración municipal desde ya cuente con una información precisa y confiable que permita una predicción de la expansión urbana en nuestra ciudad para los próximos 10 años y de acuerdo a ello formule políticas de planificación urbana como medio de prevención ante los efectos negativos que acarrea este fenómeno. Shiyuan Feng et al. (2019), menciona que, para la predicción de la expansión urbana es necesario el uso de ciertas herramientas tecnológicas y científicas, que precisan el crecimiento dinámico urbano para un periodo de tiempo, información que sirve de base científica para los planificadores urbanos en sus formulaciones de políticas de planificación urbana. En la predicción de la Expansión Urbana existe una gran variedad de herramientas o autómatas celulares (CA) de los cuales el más utilizado es el modelo SLEUTH. Según Khaled Hersous et al. (2023), este modelo fue originalmente desarrollado por Keith Clarke en la Universidad de California, Santa Bárbara, la función del modelo es calcular coeficientes y valores de crecimiento, lo que permite una fiel reproducción de un crecimiento urbano histórico durante un período específico, para lo cual se le suministran datos a manera de insumos. Los datos de entrada incluyen pendiente, uso del suelo, exclusión, extensión urbana sobre tiempo, transporte y fondo sombreado utilizado para la visualización.

Según Najmeh Satari et al. (2024), entre todos los modelos dinámicos CA, el modelo SLEUTH es probablemente el más impresionante en términos de su evolución tecnológica en relación con otros programas urbanos y es considerado por muchos como una herramienta poderosa en la descripción del crecimiento, la dinámica y la densidad espacial urbana. Mediante este modelo, recurriendo al método de Fuerza Bruta, se logran obtener hasta cinco coeficientes de crecimiento basados en varios métodos, como el índice OSM, índice Lee-Salee u otros índices. Asimismo, la característica más notable del modelo SLEUTH viene a ser la combinación óptima de ciertos parámetros para el proceso de expansión urbana calculada por Monte Carlo simulación iterativa. Además, por su alta precisión de simulación, fácil acceso y portabilidad, el modelo ha sido ampliamente utilizado en el estudio de simulación de expansión urbana y predicción (Dietzel y Clarke, 2004; Zhang et al., 2018). Si bien es cierto gran parte de los investigadores citados en esta revisión sistemática muestran las grandes virtudes del Modelo SLEUTH como método de predicción de la expansión urbana, otros investigadores como Hashem Dadashpoor et al. (2019) han advertido algunas limitaciones del modelo SLEUTH, como es su función para identificar subregiones (basadas en agrupaciones, fronteras políticas, etc.), en los indicadores para determinar las fuerzas impulsoras del crecimiento considerando las condiciones locales, para combinar las capas de fuerzas impulsoras y su análisis en el LR y MCE y la preparación de las capas utilizadas en el modelo SLEUTH en el sentido que debería realizarse con mayor precisión para analizar patrones de crecimiento.

No obstante, los resultados de la mayoría de las investigaciones citadas han demostrado que el modelo SLEUTH, puede modelar y pronosticar con éxito el crecimiento urbano con el solo uso de datos históricos con el fin de estimar la aparición potencial en las ciudades de nuevos centros urbanos en el futuro, lo que resulta un enfoque alternativo importante para ayudar a los planificadores urbanos y tomadores de decisiones de las ciudades en el momento de toma de decisiones debidamente informadas. Además, esta información puede ser útil para tomar medidas preventivas y controlar los efectos negativos de expansión urbana. También se puede utilizar para prever infraestructuras futuras y para evitar cambios no deseados en la ciudad (Mendes et al., 2019). El objeto de la presente investigación fue sintetizar la información encontrada mediante revisión sistemática y generar expectativas acerca del uso del Automata Celular (CA), modelo SLEUTH como método de predicción de la expansión urbana en las periferias de la Ciudad de Lima al 2034, asimismo enriqueciendo este material con otras experiencias vividas en otros países de la región y del mundo que han utilizado este método.

2. Bases teóricas de la investigación

Expansión Urbana

Para un mejor entendimiento del término “expansión urbana”, se han citado definiciones según el punto de vista de cada investigador; viéndolo desde el aspecto social, es la población humana que se expande fuera de las áreas urbanas centrales hacia áreas de densidad baja que mayormente dependen del uso automotor (Guite, 2019). En el aspecto físico, lo definen como, el patrón de expansión de baja densidad de áreas urbanas extensas, en condiciones de mercado, mayormente en las áreas agrícolas adyacentes” (Mendoza et al. 2020). En el aspecto económico, es el patrón de crecimiento no planificado y desigual, promovido por una afluencia de procesos que conduce al uso ineficiente de los recursos (Mendoza et al. 2020). A pesar de las diferentes perspectivas en estos tres conceptos, se puede advertir una confluencia de ideas en el sentido que la expansión urbana permite el avance de las ciudades y poblamiento hacia áreas que tenían otros fines o usos, en detrimento de la actividad económica agraria, el

ecosistema y medio ambiente.

Pero en el estudio de la expansión urbana, es importante tener en cuenta el problema del incremento poblacional a nivel global, tema que siempre ha sido materia de estudio y como un esfuerzo de alertar a los gobiernos del orbe acerca de las consecuencias que esta puede llevar a la humanidad en el futuro. Ángel, Parent, Cívico, Blei y Potere (2011, p. 54) estudiaron el crecimiento urbano y la expansión física de 120 ciudades del mundo entre 1990 y 2000 y hallaron que, en promedio, se estaban expandiendo más del doble al año (3.6 %) pero no su población (1.6 %), y señalaron que contener dicha expansión era una empresa fallida, por lo que restaba tener previsiones realistas sobre la futura demanda de suelo urbano. De continuar esa tendencia, se pronostica que la superficie edificada de esas ciudades podría llegar, en 2030, a ser el triple con respecto a su población (Anzaldo, 2017).

Por otro lado, Cruz-Muñoz, F. (2021), describe a la expansión urbana, como un descomunal avance de las metrópolis hacia áreas protegidas, donde sus habitantes no logran percibir cual es el límite del área urbana de la ciudad; además de la apropiación ilícita de las áreas públicas y de propiedad privada. La historia de la vida cotidiana de la población se desarrolla tan solo teniendo en cuenta los espacios donde llevan a cabo las actividades habituales, lo que genera un fenómeno de fragmentación perceptiva de la ciudad y negándose a concebir la idea de una urbe integral. La expansión desordenada de las metrópolis tiende a radicalizarse con tendencia al uso extensivo del suelo, promoviendo cada vez más la fragmentación espacial, que deriva de la progresiva proliferación de asentamientos y conjuntos habitacionales cerrados, y por donde también surcan las vías rápidas que rompen con la continuidad espacial de la trama urbana.

Pero no es solo la informalidad el origen de la fragmentación de la ciudad causada por la desmedida expansión urbana, sino también la aparente formalidad. Al respecto, Barcella y Melazzo (2019), discutieron el estrecho vínculo entre los intereses y estrategias de agentes inmobiliarios y territoriales específicos y la dirección selectiva, el ritmo, alcance y magnitud de la expansión de las ciudades, donde se mapean datos de transacciones de suelo (compra-venta), tornándose en el único telón de debate, donde se sitúa a la ciudad como el "locus" de las estrategias de acumulación. Articulándose una dimensión económica esmerada solo en la transformación de la renta del suelo en ganancias incorporadas, y espacialmente por la vivienda diferenciada y exclusiva. Baylon Salvador (2022) menciona que, este desorden en la expansión urbana tiene su origen en el poco compromiso de los gobiernos para cumplir los lineamientos estratégicos de las políticas públicas; y a esto se agrega la problemática ambiental, los niveles de desigualdad, la recesión económica y las trabas burocráticas que frenan el avance del ordenamiento territorial; por lo que es necesario plantear mecanismos que favorezcan una planificación territorial sólida para construir ciudades seguras y sostenibles.

La expansión urbana a nivel de Latinoamérica se traduce en un comportamiento socio espacial de las periferias urbanas como forma de uso y apropiación del espacio que caracteriza a estas áreas de las ciudades latinoamericanas en general; un ejemplo es la ciudad de Quito que específicamente responde a procesos de urbanización acelerada que se ha desarrollado desde la segunda mitad del siglo XX, y paralelamente esto viene ocurriendo en la mayoría de las ciudades latinoamericanas; constituyéndose en el reflejo de un desarrollo urbanístico insostenible que debe ser atendido con premura (Cruz Cabrera, 2019). En el caso brasileño, esta problemática se ha venido dando con la construcción de urbanizaciones espontáneas e informales, las cuales posteriormente son regularizadas, siendo esta la realidad de las ciudades brasileñas. A medida que la ciudad crece, se desembarcan arroyos y charcas, se cortan taludes y se ocupan riberas de ríos y espacios naturales. Las cuestiones socio ambientales están cada vez más presentes en las propuestas de planificación y organización del territorio (Santana Andrade et al., 2019).

En el Perú de igual manera, esta situación ha alcanzado niveles neurálgicos e irrefrenables. Según análisis del CEPLAN (2023), uno de los principales factores que ha potenciado la expansión urbana en el país es sin duda la migración. Fenómeno que empezó a ser sensible a partir de mediados de los años 50; principalmente pobladores sin recursos económicos provenientes de la sierra empezaron a migrar hacia las ciudades, necesitados de alimento y vivienda, situación que dio origen a los asentamientos humanos informales. Por otro lado, Matos (1990) refiere que, a partir de 1990, el 60 % de la población urbana ha vivido en asentamientos humanos, significando un porcentaje muy alto de migrantes provenientes de las zonas rurales del país.

Por otro lado, existen importantes investigaciones con respecto al fenómeno de la expansión poblacional en nuestro país, como es el de Granados (2018), que en su estudio que abarcó del año 1995 al 2019, concluyó que al ponerse en vigencia un cuadernillo de normas express, inmediatamente se procedió a eliminar o en todo caso debilitar las restricciones y regulaciones de las actividades económicas, entre ellas las vinculadas al ordenamiento territorial que delimitaba el suelo urbano del rural; y constituyó la instrumentalización de las políticas neoliberales que tomaron fuerza en el Perú a partir de los años noventa. Desde entonces, estas políticas han venido favoreciendo a las fuerzas del libre mercado, influyendo negativamente en la estructura, función y carácter de las ciudades, al impregnarlas de ineficiencia e insostenibilidad. Desde entonces esa nueva normatividad ha venido dirigiendo el tratamiento de las tierras como traductora de políticas que liberalizan el uso del suelo e intensifican la periurbanización, con un ingrediente de precariedad social, económica y urbanística, hecho que a su vez ha puesto en evidencia la falencia del mercado al cual se creía buen asignador de recursos en la materia.

Lahoz (2010) por su parte, también desde tiempos atrás, ha venido mencionando que urge la necesidad de cambiar la funcionalidad, dimensión y estructura de las urbes, pero que esto pasa por el firme compromiso de todos los actores involucrados para minimizar el impacto de la expansión desordenada y donde este considerada la regeneración de las ciudades existentes y dar impulso a los planes encaminados hacia la sostenibilidad. No se trata de dar una concepción negativa del concepto de ciudad sino crear conciencia que el suelo como espacio vital puede convertirse en un recurso no renovable y que su consumo desmedido produce contaminación con repercusiones graves al medio ambiente; sin embargo, no se está prestando la atención necesaria hasta tiempos actuales, y es probable que hoy sea el momento cuando se esté pagando el precio del que antes se hablaba.

Automata Celular (CA) Modelo SLEUTH

Según Khaled Hersous et al. (2023), el Automata Celular (CA) modelo SLEUTH, cuyo nombre es un acrónimo de sus capas de entrada (pendiente, uso del suelo, exclusión, regiones urbanas, transporte y sombreado), fue originalmente desarrollado por Keith Clarke en la Universidad de California, Santa Bárbara, la función del modelo es calcular coeficientes y valores de crecimiento, lo que permite una fiel reproducción de un crecimiento urbano histórico durante un período de tiempo específico, para lo cual se le suministran datos a manera de insumos.

El modelado SLEUTH, tiene la capacidad de definir varios escenarios de crecimiento urbano, lo cual es crucial para sus fines. Estos escenarios permiten realizar predicciones con precisión sobre los cambios del uso del suelo ya que se consideran diferentes condiciones económicas, sociales, culturales y ambientales. Estos resultados de predicción ayudan a desplegar estrategias oportunas para la gestión del crecimiento urbano y una planificación eficaz para un desarrollo urbano sostenible (Jahanishakib y Erfani, 2021). El modelo SLEUTH es muy popular entre los investigadores debido a su capacidad de integrar diversas etapas de protección para áreas diversas. También es popular por su éxito entre modelado a escala local y su relativa simplicidad de cálculo e implementación. En cuanto a los estudios citados y donde se ha aplicado el modelo SLEUTH. Khaled Hersous et al. (2023) en su trabajo de seguimiento de la expansión urbana de la ciudad de Batna, describen el uso de autómatas celulares aprovechando sus poderes de modelación a través del código SLEUTH, el cual se ejecuta en tres fases principales: modo de prueba, modo de calibración y modo de predicción. Los datos se prepararon mediante la herramienta SIG, incluyendo pendientes, urbanismo, redes de carreteras, etc., obtenidos de los satélites LANDSAT y SRTM. Los demás datos fueron recolectados a través de organizaciones locales: poblaciones, oficina de estudio. Luego de la ejecución del código y la explotación de los resultados arrojados, los principales resultados encontrados, concluyeron que, las herramientas de planificación regulatoria deberían utilizar modelos de pronóstico SLEUTH para predecir escenarios de expansión urbana y prepararse para posibles problemas que puedan surgir de la expansión urbana.

Por otro lado, Najmeh Satari et al. (2024) en su trabajo de predicción de la expansión urbana de Zahedán hasta 2050, demostraron que el modelo SLEUTH es efectivo en paisajes simples con bajo efecto de pendiente, donde no es posible reemplazar la capa de pendiente con otras capas, como la estética cognitiva u otros servicios ecosistémicos. En ambos escenarios se puede esperar un intenso desarrollo urbano. Sin embargo, la forma de expansión urbana en el escenario de crecimiento histórico es más preocupante debido a la alta probabilidad de eliminación de vegetación y a un patrón de expansión más disperso. Dados los resultados exitosos de la validación del modelo SLEUTH en la región de estudio, sugirieron que este modelo se utilice en áreas comparables con características paisajísticas y climáticas similares donde el papel de los factores económicos, sociales y políticos es más significativo que los factores ecológicos. Se recomienda especialmente incorporar factores socioeconómicos al modelo, como en la capa de exclusión o como sustituto del talud si su influencia es mínima.

Asimismo, Shiyuan Feng et al. (2019), en su estudio que les permitió realizar una predicción mediante la modelación SLEUTH, de las áreas urbanas de Jinan desde el futuro hasta 2035, lograron establecer las características de la expansión urbana del área en estudio, determinar la tasa de crecimiento, comprobar el ajuste a la estrategia de protección ecológica, plan de urbanización de aldeas urbanas y empresas, cuidado del impacto sobre el medio ambiente ecológico, protección de las tierras cultivadas y los bosques. Sin embargo, el área urbana de Jinan como centro de Jinan reflejó el desarrollo de la ciudad de Jinan. Los escenarios de protección estricta tenían mayores restricciones para el desarrollo futuro de las áreas urbanas, lo que no favorecía el proceso de extensión de las áreas urbanas. Por lo tanto, seleccionar los escenarios de protección básica puede continuar mejor la huella del desarrollo del espacio urbano en Jinan y hacer una predicción más científica de las áreas urbanas de Jinan desde el futuro hasta 2035.

En este mismo sentido, Mendes et al. (2019) En su estudio de simulación de expansión urbana de la ciudad de Praia, Cabo Verde obtuvieron resultados que demuestran que el modelo SLEUTH, una forma de autómata celular, puede modelar y pronosticar con éxito el crecimiento urbano de la ciudad de Praia utilizando datos históricos. Esta investigación también sacó a la luz el hecho de que SLEUTH puede ser útil para estimar la aparición potencial de nuevos centros urbanos en el futuro. Por lo tanto, concluimos sobre la base de los resultados del modelado de crecimiento urbano en la ciudad de Praia utilizando las herramientas SIG de datos de teledetección y el modelo SLEUTH como un enfoque alternativo para ayudar a los administradores y tomadores de decisiones de la ciudad a la hora de tomar decisiones informadas.

Esta información puede ser útil para tomar medidas preventivas y controlar los efectos negativos de los cambios previstos. También se puede utilizar para prever infraestructuras futuras para evitar cambios no deseados en la ciudad. Por lo tanto, se sugiere que en futuros trabajos de investigación se pueda considerar la integración de diferentes métodos basados en inteligencia artificial para crear una técnica híbrida de modelado del crecimiento urbano.

Del mismo modo, Wei Hou et al. (2022), lograron una predicción del área urbana de Taiyuan (China) para el año 2035 utilizando el modelo SLEUTH, mediante el cual analizaron el impacto negativo de la expansión urbana en los corredores ecológicos bajo las tendencias actuales de urbanización. Según esta predicción, Taiyuan crecerá principalmente hacia el sur a lo largo del borde urbano y la red de carreteras. Como resultado, dos corredores ecológicos en las partes central y sur de Taiyuan estarán en gran parte ocupados. Para evitar mayores conflictos, la intensidad de la urbanización a lo largo de los lados de los corredores debe restringirse para mantener corredores de cierta anchura. Finalmente concluyeron que sus investigaciones pueden proporcionar a los planificadores urbanos sugerencias interesantes para la conservación y restauración de redes ecológicas y ayudar en la planificación espacial.

Por su parte, Zhang et al. (2018) después de los resultados obtenidos en su estudio en el Área de Qujing (China) Proponen utilizar el modelo SLEUTH para reflejar las características espaciales y temporales de la expansión urbana y pronosticar la expansión urbana desde una perspectiva macroscópica y media. En este caso, los principales factores que afectan la expansión urbana, como las carreteras, la topografía, los lagos y los ríos, se integran al proceso de expansión urbana. De esta forma, los resultados están más acordes con el cambio urbano actual. Este estudio selecciona cuatro períodos de datos de toda la ciudad para probar, y cada intervalo de período diseñado es de entre 6 y 9 años y la resolución del espacio de la imagen es de 30 m. Además, la configuración de la capa de exclusión es el vínculo clave que afecta directamente los resultados de la predicción. El enfoque del debate será cómo incorporar los factores adecuados para la población, la cobertura verde, la veridización del área construida, el área verde pública per cápita según el modelo SLEUTH, y cómo considerar de manera integral la influencia de varios factores en el proceso de expansión urbana. Por otro lado, Hashem Dadashpoor et al. (2019), en su estudio demostraron el uso de métodos MCE y LR para preparar capas de exclusión/atracción para modelar el crecimiento urbano a través de modelos basados en SLEUTH CA. Pero sin embargo, en sus conclusiones mencionan algunas limitaciones importantes de los modelos utilizados son: cómo identificar subregiones (basadas en agrupaciones, fronteras políticas, etc.) e indicadores para determinar las fuerzas impulsoras del crecimiento considerando las condiciones locales, cómo combinar las capas de fuerzas impulsoras y su análisis en el LR y MCE, la correcta preparación de las fuerzas impulsoras para el propósito del estudio y su combinación, ya que las fuerzas impulsoras son diferentes en cada región, la adecuada selección de estos factores y su combinación en el LR y MCE puede tener diferentes resultados. Además, la preparación de las capas utilizadas en el modelo SLEUTH debería realizarse con mayor precisión para analizar patrones de crecimiento. Además, para el análisis de patrones de crecimiento, se pueden utilizar varios métodos combinados y otros modelos de CA que pueden tener resultados diferentes.

3. Metodología

Esta investigación es de naturaleza cualitativa u overview, dedicada únicamente a realizar una revisión sistemática mediante la recopilación de datos de investigaciones científicas ya preexistentes; algunas de las cuales fueron seleccionadas con el fin de sintetizar sus resultados, para luego analizarlos y contrastarlos con la temática planteada en la presente investigación.

La revisión de la producción científica existente en distintas bases de datos se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de la guía de presentación plasmada en la Declaración PRISMA para revisiones sistemáticas. (Page et al., 2021).

Siguiendo esta guía se procedió al planteamiento de la pregunta de la investigación: ¿De qué manera influye el uso de autómatas celulares (Modelo Sleuth) en la predicción de la expansión urbana en las periferias de la Ciudad de Lima al 2034? De este modo se estableció el Título de la Investigación y asimismo se determinaron las palabras claves que fueron utilizadas como puntos de interés para la búsqueda de información en las bases de datos consultadas.

Bases de Datos Consultadas

Las Bases bibliográficas son la fuente de publicaciones de contenido científico - técnico que se encuentran en artículos de revistas, tesis, libros, congresos y otros de contenido temático que tienen por finalidad la de suministrar toda la producción bibliográfica para un área de conocimiento (Bibliologías, 2022).

En este sentido, se consultaron las bases de datos como Scielo, Scopus y EBSCO para recopilar toda la información que finalmente fue de utilidad para la presente investigación. Estas consultas fueron realizadas entre el mes de abril y mayo de 2024.

Operadores booleanos utilizados en la búsqueda

Para la búsqueda de los artículos que finalmente fueron seleccionados para el presente estudio, se utilizaron los operadores booleanos para lo cual se tuvieron en cuenta las palabras claves de esta investigación, dentro de las cuales están: Expansion Urbana, Autómatas Celulares, Modelo SLEUTH.

Las palabras claves se conectaron a través de los operadores booleanos (OR, NOT, AND) los que originaron una ecuación de búsqueda planteados de la manera siguiente:

- Modelo SLEUTH AND Expansión Urbana
- Sleuth Model AND Urban expansion.
- Automata Celular AND Modelo SLEUTH.
- Urban Expansion NOT Environmental impact.
- Urban expansion NOT Impacto Ambiental NOT Ecología.
- Urban expansion NOT Ordenamiento Territorial NOT Suelos Económicos.
- Modelo SLEUTH OR Expansión Urbana.

Criterios de Selección de los Estudios

Criterios de Inclusión:

- Artículos relacionados al tema (Expansion Urbana, Modelo SLEUTH).
- Artículos publicados entre 2018 y 2023.
- Artículos en idioma, español, inglés y portugués.
- Artículos con Resumen similar, acorde a la temática planteada.

Criterios de Exclusión:

- Artículos duplicados.
- Artículos cuantitativos.
- Artículos que no tengan acceso al texto completo.
- Artículos de Modelo SLEUTH en áreas relacionadas a Expansión Urbana.

4. Resultados y discusión

Selección de Estudios

Después de realizar la búsqueda en las tres bases de datos mencionadas y otras fuentes, se encontraron un total de 795 registros de diferentes países de Latinoamérica y del mundo, que guardan relación con el tema de estudio.

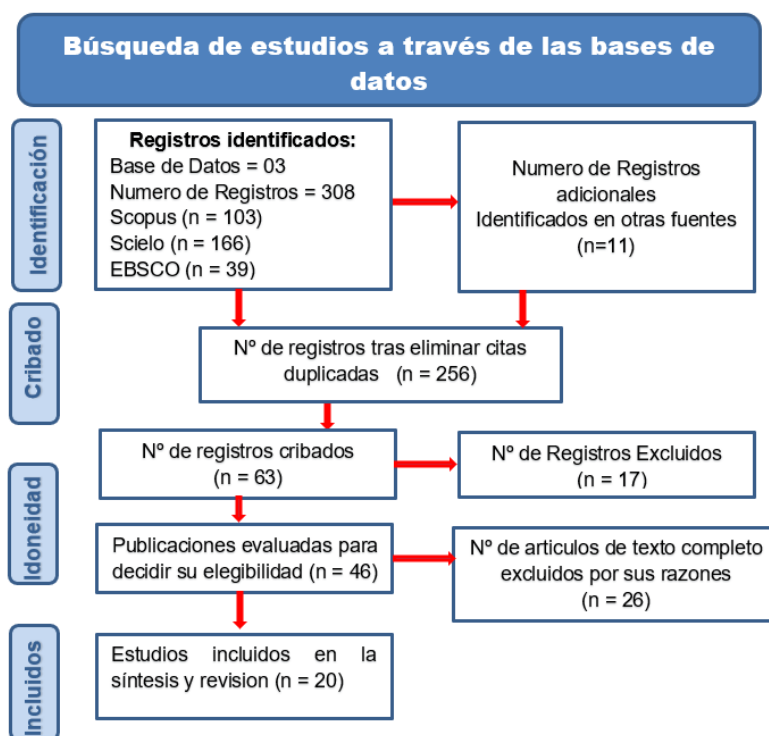


Figura 1: Diagrama de Flujo PRISMA en cuatro niveles.

Características de los Estudios incluidos

A continuación, se presentan las características los estudios incluidos en el trabajo de investigación, los cuales fueron tomados mayormente de los últimos cinco años, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Matriz sistemática bibliográfica.

Nº	Base de datos	Año	Autores	Título	Conclusion	Enfoque
1	SCIELO	2023	Horna Torres, Eleuterio	Relación entre la gestión pública		Cualitativo
			Peralta Tapia, M.	y el desarrollo sostenible,		
			Heredia Llatas, F	revisión literaria.		
2	SCOPUS	2021	Rodríguez, L.	Nuevas lógicas y formas de expansión metropolitana		Cualitativo
3	SCIELO	2021	Leggett Cahuas, G.	Ciudad sin atributos. Hacia una historia material de Lima		Cualitativo
4	SCIELO	2021	Rendón Cusi, S. F.	Evolución de la planificación territorial en Perú 1920-2021: una aproximación histórica.		Cualitativo
				Perspectiva Geográfica		
5	OTROS	1998	Lopes, Rodrigo,	A Cidade Intencional: o planeamiento estratégico de ciudades. Rio de Janeiro: Mauad.		Cualitativo
6	SCOPUS	2018	Fernández J.	Comments on the Introduction of the Transfer of Development Rights to Peru. Latin America Policy Journal		Cualitativo
7	SCIELO	2021	Sánchez Ospina, A. M.	Quando lo técnico se torna político: un análisis del proyecto de modificación excepcional del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá a partir del marco de coaliciones promotoras		Cualitativo
			Hernández Mora, S			
8	EBSCO	2022	Lopez, J.	Planificación territorial y desarrollo sostenible.		Cualitativo
9	SCOPUS	2023	Yujie, S., Yunqi, G.,	Recognizing urban shrinkage and growth patterns from a global perspective.		Cualitativo
			Limin, J.,			
			Zhibang, X.			
10	SCIELO	2021	Cruz Muñoz, F.	Patrones de expansión urbana de las mega urbes latinoamericanas en el nuevo milenio.		Cualitativo
11	SCIELO	2019	Barcella, B. L.S.,	Urban Expansion and Real Estate Dynamics: Comparing Real Estate Agent Land Strategies in medium-size cities		Cualitativo
			Melazzo E. S.			
12	SCIELO	2020	Cruz Cabrera	Quito: expresión del fenómeno socio espacial de la periferia urbana latinoamericana.		Cualitativo
13	SCIELO	2019	Santana Andrade Lima S.	Desafíos do planeamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade.		Cualitativo
			Gomes Reis Lopes, W.,			
			Cardoso Façanha A.			
14	OTROS	2023	CEPLAN	Análisis del crecimiento y expansión urbana. A nivel nacional y el impacto a nivel regional		Cualitativo
15	SCIELO	2018	Granados Flores, A. S.	La expansión urbana como centro de tensión entre la normativa liberalizadora y la Planificación urbana en Perú (1995-2019)		Cualitativo
16	OTROS	2017	Anzaldo, C.	Expansión urbana y sustentabilidad de las ciudades. En J. Montejano y C. Caudillo (eds.), Densidad, diversidad y policentrismo: ¿planeando ciudades más sustentables? (pp. 39-55). Ciudad de México: Centro-Geo-CONACYT.		Cualitativo
17	EBSCO	2010	Lahoz Rodríguez E.	Reflexiones medioambientales de la expansión urbana.		Cualitativo
18	OTROS	2015	Ministerio del Ambiente (MINAM)	Orientaciones básicas sobre el Ordenamiento Territorial en el Perú.		Cualitativo
19	SCIELO	2021	Mittlin, D.	Editorial: Citizen participation in planning: From the neighbourhood to the city. Environment and Urbanization		Cualitativo
20	SCOPUS	2018	Dahdouh, D.	Governance in the preparation of planning and urbanization tools. Urban management and local governance. Conference proceedings of the Institute of Urban Management. (pp. 2). M'sila, Argelia.		Cualitativo

5. Conclusiones

El presente estudio de revisión sistemática logró aglomerar una selección de información relevante extraídas de publicaciones indexadas en las bases de datos de Scopus, EBSCO y Scielo de los últimos 5 años. Primeramente, con respecto a la expansión urbana, se dedicó suma atención a los puntos de vista de cada autor con respecto a esta problemática, las causas que la originan, las consecuencias que trae consigo para la sociedad y asimismo las tareas pendientes de los entes responsables para contrarrestar este fenómeno global. En segunda instancia, se analizó el Modelo LEUTH y su utilidad en la predicción de la expansión urbana, y como base científica de apoyo para los funcionarios y planificadores urbanos en la tarea del diseño de las políticas de planificación urbana para contener y prever los efectos negativos de la expansión urbana; asimismo, poner de manifiesto las ventajas y desventajas de este método. Luego de analizar todas las documentaciones seleccionadas y teniendo en cuenta la percepción de cada uno de los investigadores citados frente al fenómeno de la expansión urbana, se concluye que existe cierta congruencia en el sentido que este es un problema global que pone en peligro el desarrollo sostenible de los países del mundo, y asimismo, ponen énfasis en las deficiencias de las políticas públicas de planificación urbana de la mayoría de los gobiernos del orbe y señalan casi las mismas causas que la generan: como es el crecimiento demográfico, la inmigración, desigualdad, falta de oportunidades de trabajo, salud, educación en los pobladores de las zonas rurales, la extrema pobreza entre otras. Y asimismo trae como consecuencias la fragmentación espacial, el deterioro del desarrollo económico, político y social, asimismo efectos nocivos contra la biodiversidad y medio ambiente. En cuando al modelo SLEUTH, las conclusiones en su mayoría son unánimes en el sentido que proponen utilizar el modelo SLEUTH, dado que reflejan con fidelidad las características espaciales y temporales de la expansión urbana y permiten pronosticar la expansión urbana desde una perspectiva macroscópica y media. Virtudes que permiten a los funcionarios y planificadores urbanos en la toma de decisiones y diseño de las políticas de planificación urbana que contribuyan a un desarrollo urbano sostenible. Aunque los modelos de predicción suelen tener ventajas y desventajas, no obstante, el Modelo SLEUTH es el método más impresionante en términos de su evolución tecnológica en relación con otros programas urbanos y es considerado por muchos como una herramienta poderosa en la descripción del crecimiento, la dinámica y la densidad espacial urbana.

6. Referencias bibliográficas

- Angel, S., Parent, J., Civco, D., Blei, A., y Potere, D. (2011). The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. *Progress in Planning*, 75(2), 53-107.
- Anzaldo, C. (2017). Expansión urbana y sustentabilidad de las ciudades. En J. Montejano y C. Caudillo (eds.), *Densidad, diversidad y policentrismo: ¿planeando ciudades más sustentables?* (pp. 39-55). Ciudad de México: Centro-Geo-CONACYT.
- Awawdeh, Muheeb M., Abuhadba, Rudyna R., Jamhawi, Monther M., Rawashdeh, Ayman I., Jawarneh, Rana N., Awawdeh, Mohsen M. (2024) Urban expansion in Greater Irbid Municipality, Jordan: spatial patterns and driving factors.
- Barcella, B. L.S., Melazzo E. S. (2019). Urban Expansion and Real Estate Dynamics: Comparing Real Estate Agent Land Strategies in medium-sized cities.
- Baylon Salvador, Esther G. (2022). Desafíos en el ordenamiento territorial y la importancia del planeamiento estratégico en el Perú. (Artículo científico).
- Bernal Sánchez A.M., Hernández Peña Y. T., Beltrán Vargas, J. E. (2020) Reflexiones en torno a los factores que influyen en la expansión urbana: revisión de metodologías e instrumentos de investigación.
- Biblioguías. (05 de diciembre 2023). Cómo buscar en las bases de datos de forma eficaz: QUÉ SON LAS BASES DE DATOS.
- Calderón Cockburn, J. (2019). El Estado y la informalidad urbana. Perú en el siglo XXI. *Pluriversidad*, 3(3), 45-64.
- CEPLAN (2023). Análisis del crecimiento y expansión urbana a nivel nacional y el impacto a nivel regional.
- Cruz-Muñoz, F. (2021). Patrones de expansión urbana de las mega urbes latinoamericanas en el nuevo milenio.
- Cruz Cabrera M. (2020). Quito: expresión del fenómeno socio espacial de la periferia urbana latinoamericana.
- Granados Flores, A. S. (2018). La expansión urbana como centro de tensión entre la normativa liberalizadora y la planificación urbana en Perú (1995-2019).
- Guite, Sasang. 2019. "Assessment of Urban Sprawl in Bathinda City, India." *Journal of Urban Management* 8 (2): 195-205.

Hashem Dadashpoor, Parviz Azizi, Mahdis Moghadasi (2019). Analysis of Spatial Patterns, Driving Forces and Prediction of Future Growth Scenarios to Support Sustainable Urban Growth: Evidence from Tabriz Metropolitan Area, Iran.

Horna Torres, Eleuterio, Peralta Tapia, M.E., Horna Torres Enrique, Heredia Llatas, F.D. (2023). Relación entre la gestión pública y el desarrollo sostenible, revisión literaria.

Khaled Hersous, Farouk Mezali, Souhier Nouari, Rahim Agejedad. (2023). Urban sprawl prediction in Batna City, Eastern Algeria, Using the SLEUTH model.

Lahoz Rodríguez, E. (2020). Reflexiones medioambientales de la expansión urbana.

Mendes Gonçalves, T., Xie Zhong, Yevenyo Ziggah And Brefo Yaw Dwamena (2019). Simulating Urban Growth Using Cellular Automata Approach (SLEUTH)-A Case Study of Praia City, Cabo Verde.

Mendoça, Rita, Peter Roebeling, Filomena Martins, Teresa Fidélis, Carla Teotónio, Henrique Alves, y João Rocha. 2020. "Assessing Economic Instruments to Steer Urban Residential Sprawl, Using a Hedonic Pricing Simulation Modelling Approach." *Land Use Policy* 92: 1-12.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *British Medical Journal*, 372(71).

Pérez Pulido, L.A., Romo Aguilar, M. (2020). Planes de desarrollo urbano: instrumentos de legitimación en la expansión urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua.

Rodríguez Rivero, L. (2021). Nuevas lógicas y formas de expansión metropolitana. En: W. Ludeña Urquiza y J. C. Huapaya Espinoza, (Eds.) *Territorios, ciudades y arquitecturas sur-sur: procesos históricos y desafíos, diálogos metropolitanos*, (pp. 69-84).

Pontificia Universidad Católica del Perú y Universidad de Bahía. Santana Andrade Lima S.M., Gomes Reis Lopes, W., Cardoso Façanha A. (2019). Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade.

Satari, N., Erfani, M., Jahanishakib, F. (2024). Modeling urban expansion in the dry climate of Zahedan: insights from the SLEUTH model.

Shiyuan Feng, Wanwan Li y Qingguo Li (2019). Scenes simulation of dynamic growth in Jinan urban based on SLEUTH model.

Wei Hou, Wen Zhou, Jingyang Li, Cheng Li (2022). Simulation of the potential impact of urban expansion on regional ecological corridors: A case study of Taiyuan, China.

Xie, Hualin, Yanwei Zhang, y Kaifeng Duan. 2020. "Evolutionary Overview of Urban Expansion Based on Bibliometric Analysis in Web of Science from 1990 to 2019." *Habitat International* 95.

Yujie, S., Limin, J., Yunqi, G., Zhibang, X. (2023). Recognizing urban shrinkage and growth patterns from a global perspective.

Zhang, H. N., Wen, X. P., Xu, J. L., Luo, D. Y., Li, J. B. (2018). Study on the Spatial Expansion of Garden City under the ecological green spaces protection (Qijing Area, China).