

REVISIÓN CONCEPTUAL DEL ESTUDIO DEL CRECIMIENTO URBANO Y CAMBIO DE USO DE SUELO CON POSIBLE APLICACIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DE ZACATECAS, MÉXICO

César Israel Hernández Ramírez, Armando Cortés Ortiz

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220
Correo electrónico: oca_carin@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo consistió en una revisión conceptual y metodológica acerca del estudio del crecimiento urbano y cómo se dan los cambios de uso y cobertura de suelo, enfocada a la zona metropolitana de Zacatecas – Guadalupe (ZMZG), la cual no es ajena a estos complejos procesos de expansión urbana que se dan en las sociedades modernas. La medición de dichos cambios se realiza sobre la información generada mediante percepción remota, con ayuda de sistemas de información geográfica y análisis estadísticos. Es de gran importancia conocer dichos cambios sobre el uso de suelo ya que permite anticipar, prevenir y mitigar aquellas dinámicas insostenibles de las actuales formas de crecimiento de las ciudades y brindar apoyo en la toma de decisiones sobre acciones de planeación urbana a través de simulaciones de escenarios futuros.

PALABRAS CLAVE: Crecimiento urbano, cambio de uso de suelo, sistemas de información geográfica, Zacatecas.

ABSTRACT

This paper consisted of a conceptual and methodological review on the study of urban growth and how the changes in use and land cover are given, where Zacatecas-Guadalupe metropolitan area (ZMZG), is not a stranger to these complex processes of urban expansion occurring in modern societies. The measurement of such changes is made on the information generated by remote sensing using GIS and statistical analysis. It is very important to know the changes on land use since it allows to anticipate, prevent and mitigate those unsustainable dynamics of current forms of urban growth and support in making decisions about urban planning actions through simulations of future stages.

KEY WORDS: Urban growth, land use change, geographic information systems, Zacatecas.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano ha sido considerado como una señal de prosperidad económica, no obstante, en la actualidad esos beneficios están siendo continuamente debatidos y balanceados contra los impactos ambientales que producen, entre ellos, los que incluyen los cambios de usos de suelo (Yuan *et al.*, 2005). Dicho crecimiento ejerce una enorme presión sobre el territorio y sus recursos naturales, lo que podría afectar la calidad de vida de las personas y la sostenibilidad general de la zona. Esta expansión urbana tiene diferentes efectos sobre el medio ambiente, tales como: intensiva reducción de espacios con vegetación natural como terrenos de cultivo y áreas protegidas; pérdida de biodiversidad; reducción y desaparición de hábitats; fragmentación de nichos ecológicos; cambios en el ciclo hidrológico; cambios en el clima urbano como las islas de calor; y contaminación del aire, suelo y agua (Vazquez *et al.*, 2008). En este trabajo se presenta una breve revisión sobre los conceptos de crecimiento urbano y cambio de uso de suelo, enfocada a la situación de la zona metropolitana de Zacatecas, México.

EL CONCEPTO DE ZONAS METROPOLITANAS

¿Cómo se define una zona metropolitana? Se puede definir como el conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica (INEGI, 2005). Para la UNICEF (2012), se define por medio de uno o más de los siguientes factores: criterios administrativos o fronteras políticas, el tamaño de la población (cuando el número mínimo de habitantes en los asentamientos urbanos de la región es de 2000, aunque puede oscilar entre 200 y 50,000), la densidad demográfica, la función económica y la existencia de características urbanas como calles pavimentadas, alumbrado público, alcantarillado, entre otras.

Entonces, la dinámica del crecimiento de suelo urbano según Baluja *et al.* (2010), responde a un conjunto de factores o variables que por su tipo o características influyen de manera diferente.

Un primer grupo serían todas aquellas variables derivadas de las características del terreno con factores como la orientación, altitud o la pendiente. Otro tipo de influencias son las derivadas de las características socioeconómicas, legales, administrativas; dentro

de estas se encuentra el crecimiento poblacional, el incremento catastral, superficie urbanizable, etc. El tercer grupo estará constituido por variables de proximidad, como sería la cercanía de ríos, vías de comunicación y transporte, zonas urbanas e industriales preexistentes.

Los factores que conducen a un crecimiento urbano acelerado son la falta de oportunidades para el desarrollo rural, la migración de la población hacia las ciudades, las altas tasas de crecimiento natural de la población urbana, la economía del mercado que promueve la urbanización y las economías de aglomeración y concentración espacial para consumir bienes y servicios (Henríquez *et al.*, 2006).

LA ZONA METROPOLITANA ZACATECAS-GUADALUPE.

Algunos factores mencionados anteriormente se observan de la misma manera que en otras entidades del país en el estado de Zacatecas, donde ya se encuentra un proceso de expansión urbana a través de su zona metropolitana Zacatecas – Guadalupe (ZMZG).

Zacatecas (del náhuatl: zacatlco, 'habitantes de la tierra donde abunda el zacate') es una entidad localizada en la región norte-central de México. Limita al norte con Coahuila, al noroeste con Durango, al oeste con Nayarit, al noroeste con Nuevo León, al este con San Luis Potosí y al sur con Jalisco y Aguascalientes. La capital es la ciudad de Zacatecas, donde se sitúa la zona metropolitana de la entidad (SIDEZ, 2013).

La ciudad de Zacatecas cuenta con las coordenadas geográficas extremas en latitud norte de 22° 51' al norte y al sur 22° 37'; de longitud oeste 102° 32' al este y 102° 51' al oeste, con una altitud de 2490 msnm. A su vez, la ciudad de Guadalupe cuenta con las coordenadas geográficas extremas en latitud norte de 23° 00' al norte y al sur 22° 32'; de longitud oeste 102° 11' al este y 102° 39' al oeste, con una altitud de 2280 msnm (INEGI, 2012).

Dicha zona metropolitana integrada por los municipios de Zacatecas y Guadalupe (Figura 1), que para 1990 contaba con 199 469 habitantes, ha tenido un incremento poblacional notable, ya que para el 2010 registró una población de 309660 habitantes, con una tasa de crecimiento media anual de 2.4% y una densidad de 88.1 hab/ha situada sobre una superficie de 1 439.5km² (INEGI, 2012).

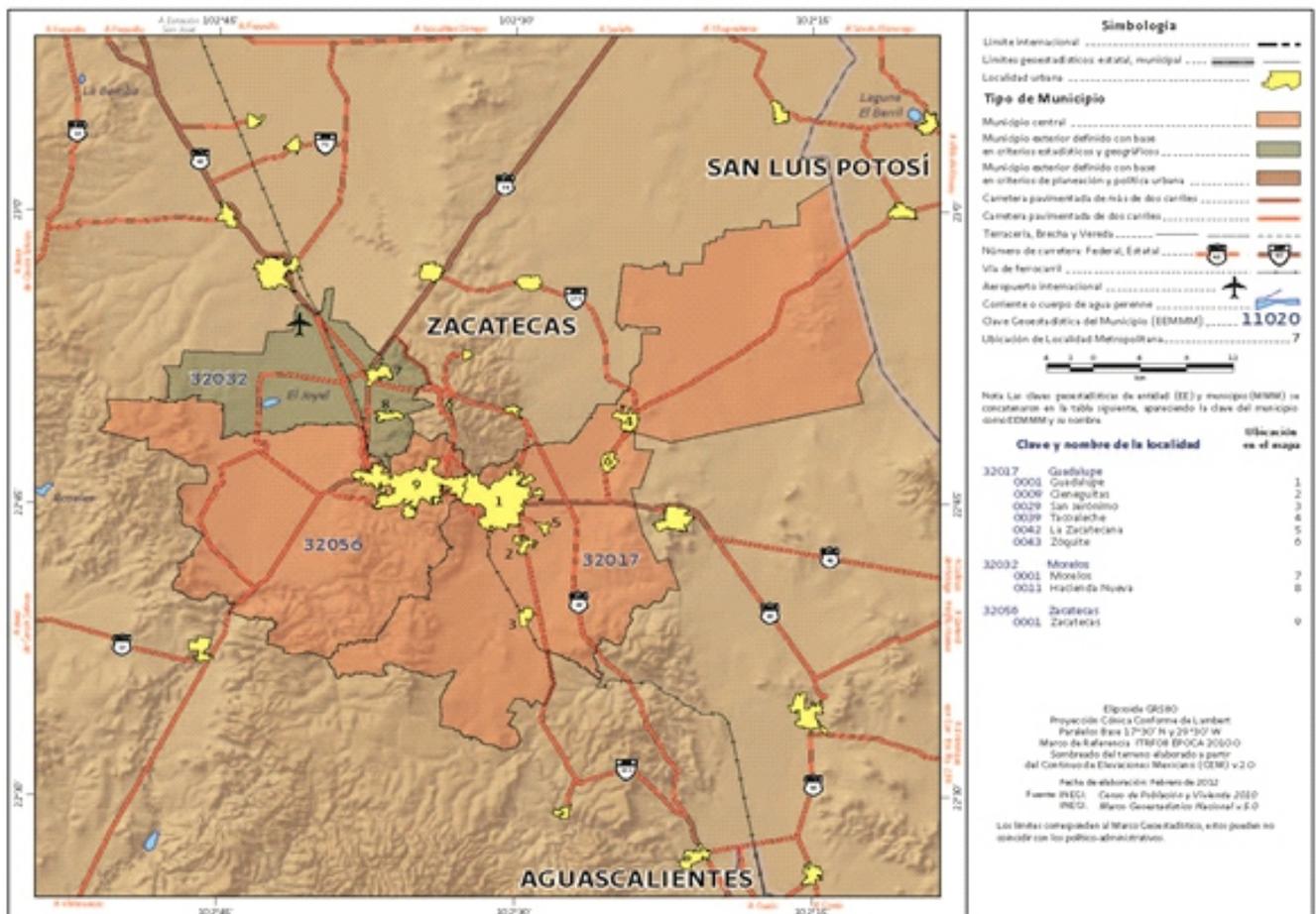


Figura 1. Zona Metropolitana de Zacatecas-Guadalupe (Fuente: INEGI, 2012)

El predecir un cambio del uso de suelo para dicha región adquiere importancia ambiental, social, científica y económica relevante para la sociedad zacatecana dado que puede obtener un desarrollo integral y una expansión urbana planificada mitigando sus costos ambientales. Por lo anterior, es considerable estimar el crecimiento urbano para la zona metropolitana de Zacatecas – Guadalupe con respecto a una tendencia superficial en dos momentos del tiempo, que podría ser 1970 y 2010, con la finalidad de simular y evaluar el cambio de su uso de suelo.

CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

La conversión humana de los hábitats naturales es la causa más grande de pérdida de diversidad biológica, funciones ecológicas, así como de alteraciones del ciclo hidrológico. El balance entre el hábitat de la humanidad y el natural, podría determinar el futuro de la conservación de la diversidad biológica en grandes áreas del planeta. Por lo tanto, es importante registrar en mapas y cuantificar el grado de conversión humana del hábitat natural al perturbado o dominado por el hombre (Lee *et al.*, 1995, citado por López *et al.*, 2001).

Una forma de conocer el proceso de crecimiento que ha desarrollado un asentamiento urbano, es realizar un estudio de los cambios que ha sufrido el paisaje con el paso de tiempo.

El paisaje, desde el punto de vista científico, se encuentra definido como un sistema territorial integrado por componentes naturales abióticos y bióticos, formados bajo la influencia de los procesos naturales y de la actividad modificadora del hombre, que se encuentra en permanente interacción y que se desarrolla históricamente (Vargas Gámez, 1992, citado por López *et al.*, 2001).

El término uso del suelo se aplica a los diferentes tipos de cobertura que el hombre crea para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales (López *et al.*, 2001).

Según Lambin (1997), la mayor parte de los cambios ocurridos en ecosistemas terrestres se debe a: la conversión de la cobertura de suelo, degradación del suelo, e intensificación en el uso del suelo.

Analizar el cambio de uso de suelo en la Zona Metropolitana Zacatecas-Guadalupe resulta de gran importancia, ya que las ciudades se han convertido en el principal hábitat de la humanidad (Romero *et al.*, 2008) y por ello se deben realizar acciones de planificación urbana de manera sustentable.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y PERCEPCIÓN REMOTA

El proceso de expansión urbana de las zonas metropolitanas y asentamientos urbanos en general se puede determinar a través del cambio de uso de suelo, considerando la integración de procedimientos de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permiten la cuantificación del área urbana en varias fechas a partir de la utilización de imágenes de satélite Landsat y mapas de uso de suelo; además, a través de matrices de tabulación cruzada se analizan diferentes niveles de interpretación con la obtención de las ganancias, los intercambios, la persistencia, el cambio total, el cambio neto y transiciones sistemáticas más significativas que se han producido por la presión urbana (López-Vázquez, 2009).

La percepción remota es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con dicho objeto (Chuvieco, 1990, citado por López *et al.*, 2001).

La determinación del área urbana objeto de análisis se puede basar en la utilización de imágenes Landsat con resolución de 30 m, ya que han probado ser efectivas en estudios urbanos (Yuan *et al.*, 2005).

Los SIG son un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para la solución de diferentes objetivos (Burrough, 1986).

En un SIG la descripción de los datos se encuentran en términos de su dimensión espacial (posición, forma, localización absoluta y relativa), de atributos (características de los objetos) y temporal como la duración, resolución temporal, y frecuencia temporal (López *et al.*, 2001).

Las matrices de tabulación cruzada que resultan del cruce de los mapas del proceso de análisis de imágenes, ofrecen información sobre las transiciones ocurridas entre categorías de tiempo 1 (T1) y en el tiempo 2 (T2) y la superficie total en ambos tiempos. La construcción de esta matriz sirve para determinar si los cambios producidos son producto de una transición sistemática o aleatoria (López-Vázquez, 2009).

Los modelos de simulación de cambio de uso de suelo basados en modelos estadísticos de regresiones logísticas destacan la utilización de métodos estocásticos como cadenas de Markov y Células autómatas, los cuales han sido realizados con imágenes de aptitud generados mediante una Evaluación Multicriterio (Henriquez *et al.*, 2006).

Las cadenas de Markov son utilizadas para proyectar cambios en la cobertura del suelo a partir de probabilidades de transición.

Simula la predicción del estado de un sistema en un tiempo determinado a partir de dos estados precedentes (Paegelow *et al.*, 2003). Estos datos tienen la característica de ser estacionarios, sin embargo, en la realidad los cambios en la cobertura y uso de suelo son más dinámicos que la predicción realizada con las cadenas de Markov, por lo que el método se encuentra limitado a proyecciones a corto tiempo (Lambin, 1997).

El modelamiento del crecimiento urbano a través de Autómatas Celulares ha tenido un progresivo desarrollo. Esta herramienta matemática compleja, fue desarrollada por John Von Neuman y Stanislaw Ulam, y es mundialmente conocida gracias al popular Game of life, publicado en 1970 por John Conway (Aguilera *et al.*, 2006).

Los modelos basados en autómatas celulares son capaces de modelar dinámicas espaciales, reproduciendo patrones complejos, como los manifestados en las ciudades (Aguilera *et al.*, 2006). Los Autómatas Celulares reproducen estas dinámicas espaciales en base a reglas simples, como son la representación de los usos en celdas, la influencia de celdas vecinas, como también reglas de transición, que están en relación con accesibilidad, y la transición potencial de cada celda, entre otras (Henríquez *et al.*, 2006).

La evaluación multi criterio permite integrar variables descriptivas o explicativas, ya sean determinantes o bien factores de aptitud, las pondera y compensa; posteriormente, tras la sumatoria lineal, ofrece como resultado una serie de mapas que expresan la capacidad de acogida del territorio para cada categoría de uso de suelo (Sandoval, 2009).

Finalmente, se debe de tener cuidado con los análisis ya que muchos de éstos tienen potencialidad al fallo en sus evaluaciones debido a que los métodos estadísticos, comúnmente usados para interpretar los datos, carecen de conceptos fundamentales para el análisis de cambios de cobertura, ya que no captan las señales más firmes de cambios sistemáticos y sólo evalúan los cambios predominantes (Pontius *et al.*, 2004).

CONSIDERACIONES FINALES

La zona metropolitana Zacatecas-Guadalupe no es ajena de la dinámica de las ciudades contemporáneas donde el crecimiento urbano se puede determinar a través del cambio de uso y cobertura de suelo.

En comunión con los autores Paegelow *et al.* (2003) y Aguilera *et al.* (2006), se considera que el cambio de uso de suelo se puede determinar a través de la información arrojada de la percepción remota y con la ayuda de los sistemas de información geográfica ya que hasta dichos sistemas han integrado métodos como regresión logística, autómatas celulares, cadenas de Markov y Evaluación multicriterio.

De acuerdo a Sandoval (2009), las Cadenas de Markov son utilizadas para estimar las probabilidades de que un uso de suelo determinado cambie en un periodo dado a otro y la Evaluación Multicriterio y los Autómatas Celulares espacializan dichas probabilidades.

Finalmente, si se aplican estos tres métodos para la ZMZG, se minimizaría la incertidumbre hacia el error y permitiría visualizar más claramente una simulación del escenario futuro para dicha zona metropolitana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, F. B., J. A. Soria Lara, L. M. Valenzuela Montes. 2006. Explorando el crecimiento en la aglomeración urbana de Granada: un modelo basado en Autómatas Celulares. Memorias del XII Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica. Granada, España.
- Baluja, J., W. Plata Rocha, M. Gómez Delgado, J. Bosque Sendra. 2010. Análisis de factores explicativos del crecimiento urbano en el área metropolitana de Granada mediante técnicas estadísticas y SIG. Tecnologías de la Información Geográfica: la información geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Burrough, P. 1986. Principles of Geographical Information System For Land Resources Assessment, Monographs on soil and Resource survey, No. 12. Clarendon Press. Oxford.
- Henríquez, C., G. Azócar, M. Aguayo. 2006. Cambio de uso de suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en los Ángeles, VIII Región de Biobío. Chile. Revista de Geografía Norte Grande 36: 61-74.
- INEGI. 2005. Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. 2012. Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

- Lambin, E. F. 1997. Modelling and Monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21: 375-393.
- López, E. M., G. Bocco, M. E. Mendoza. 2001. Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. *Revista Investigaciones Geográficas* 45: 56-76.
- López-Vázquez, V. H. 2009. Transiciones sistemáticas en la cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la zona metropolitana de la ciudad de México. *Memorias de la XX Reunión Selper 2013. Estudios temáticos ID 095*. San Luis Potosí, México.
- Paegelow, M., M. T. Camacho Olmedo, J. M. Toribio. 2003. Cadenas de Markov, Evaluación Multicriterio y Evaluación Multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje. *Revista GeoFocus* 3: 22-44.
- Pontius, R. G., E. Shusas, M. McEachern. 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 101: 251-258.
- Romero, H. A., M. Molina, C. Moscoso, P. Sarricolea, P. Smith. 2008. Caracterización de los cambios de usos y coberturas de suelos causados por la expansión urbana de Santiago, análisis estadístico de sus factores explicativos e inferencias ambientales. *Repositorio académico de la Universidad de Chile*.
- Sandoval, G. S. 2009. Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del Gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros. *Escuela de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile*. Santiago, Chile.
- SIDEEZ. 2013. Sistema de información para el Desarrollo Económico del Estado de Zacatecas. Consultado en Noviembre de 2013 de SEZAC: <http://sideez.sezac.org.mx/index.php/pobyterri>.
- UNICEF. 2012. Niños y Niñas en un mundo Urbano. *Estado Mundial de la Infancia*. Fondo de las Naciones Unidas-UNICEF. New York.
- Vazquez, A. E., H. Romero, C. Fuentes, C. López, G. Sandoval. 2008. Evaluación y simulación de los efectos ambientales del crecimiento urbano observado y propuesto en Santiago de Chile. *Actas del Congreso Nacional de Desarrollo Rural*. Santiago, Chile.
- Yuan, F., K. E. Sawaya, B. C. Loeffelholz, M. E. Bauer. 2005. Land cover classification and change analysis of the twin cities (Minnesota) Metropolitan Area by Multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 98: 317-328.