

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**DINÁMICA ESPACIO TEMPORAL EN EL PAISAJE DE ÁREAS URBANAS
CON APTITUD AGRÍCOLA EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA**

POR:

ARQ. JESSICA PAMELA BALDERRAMA MUÑOZ

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA PROFESIONAL EN ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

OPCIÓN: ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL

CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO

OCTUBRE 2021



Dinámica espacio temporal en el paisaje de áreas urbanas con aptitud agrícola en el estado de Chihuahua. Tesis presentada por Jessica Pamela Balderrama Muñoz como requisito parcial para obtener el grado de Maestría Profesional en Ecología y Medio Ambiente, ha sido aprobada y aceptada por:

Ph.D. Carlos Ortega Ochoa
Director de la Facultad de Zootecnia y Ecología

D.Ph. Agustín Corral Luna
Secretario de Investigación y Posgrado

Ph.D. Iván Adrián García Galicia
Coordinador Académico

D.Ph. Carmelo Pinedo Álvarez
Presidente

29 de octubre del 2021
Fecha

Comité:
Dr. Víctor Manuel Salas Aguilar
Asesor Externo
Dr. Jorge Lucero Álvarez
Dr. Eduardo Santellano Estrada
Dra. Marusia Rentería Villalobos

© Derechos Reservados
AUTOR: JESSICA PAMELA
BALDERRAMA MUÑOZ
DIRECCIÓN: PERIFÉRICO
FRANCISCO R. ALMADA
KM.1, CHIHUAHUA, CHIH.,
MÉXICO C.P. 31453
OCTUBRE 2021

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanas: que siempre me han apoyado y con sus consejos me hacen crecer como persona y a luchar por lo que quiero. Los quiero mucho.

A la Universidad Autónoma de Chihuahua, especialmente a la facultad de Zootecnia y Ecología por acogerme en su programa de posgrado.

A mi asesor y maestros: por su dedicación, enseñanzas y paciencia a lo largo de este tiempo.

A mi esposo: gracias por la comprensión y el apoyo incondicional que siempre me has dado en lo que me propongo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado durante el proceso de formación de maestría.

DEDICATORIA

Le dedico este proyecto a las personas que más han influenciado en mi vida con sus consejos, su apoyo y su guía, con todo mi afecto y amor a mi madre y hermanas.

Y de manera muy especial a mi padre que es mi mayor ejemplo, por su ayuda de inicio a fin para lograr concluir esta etapa y a mi esposo por su constante motivación y paciencia.

CURRICULUM VITAE

La autora nació el 23 de diciembre de 1990 en la Ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México.

- | | |
|-----------|---|
| 2010-2014 | Estudios de Licenciatura en el Corporativo Universitario de Arquitectura de Chihuahua en el Estado de Chihuahua. Titulado con Mención Honorífica. |
| 2013-2017 | Encargada del área de Diseño arquitectónico y proyecto ejecutivo en el despacho de Arquitectos “Format”, en ciudad Chihuahua, Chih. |
| 2017-2017 | Inspector General en departamento de Inspectores en la dependencia de Desarrollo Urbano y Ecología de Ciudad Delicias en el estado de Chihuahua. |

RESUMEN

DINÁMICA ESPACIO TEMPORAL EN EL PAISAJE DE ÁREAS URBANAS CON APTITUD AGRÍCOLA EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

POR:

ARQ. JESSICA PAMELA BALDERRAMA MUÑOZ

Maestría en Ecología y Medio Ambiente

Secretaría de Investigación y Posgrado

Facultad de Zootecnia y Ecología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Presidente: D. Ph. Carmelo Pinedo Álvarez

El continuo crecimiento urbano relacionado con la expansión demográfica es clave en la desaparición de tierras agrícolas, especialmente en los distritos de riego. El objetivo principal fue analizar el cambio espacio temporal ocurrido en el paisaje sociodemográfico y ambiental de las ciudades de Rosales, Meoqui y Delicias ubicadas en el Distrito de Riego Agrícola 05. Los límites de las áreas urbanas y sus tasas anuales de crecimiento se estimaron en un periodo de 35 años considerando 5 niveles (1985, 1995, 2005, 2015 y 2020). El crecimiento decadal de la población se correlacionó con el crecimiento de las áreas urbanas y sus tasas de crecimiento. Los cambios del paisaje ambiental se obtuvieron con dos escenas de Landsat TM5 y OLI8 de 1985 y 2020. Las escenas se clasificaron con el método de clasificación supervisada de máxima verosimilitud. Los dos sensores de Landsat, se orientaron a la clasificación de tres usos del suelo. El promedio de la tasa de crecimiento de población durante el periodo de 1950 al 2020, en Delicias fue de 2.3 % situándose por arriba del promedio estatal (2.2

%). En Meoqui y Rosales, el crecimiento fue menor al promedio estatal (1.6 y 1.2 %). El crecimiento urbano causó una disminución de la superficie agrícola de Delicias (90 %) y Meoqui (100 %). La superficie agrícola en Rosales disminuyó de 0.39 a 0.02 km². Bajo el propósito de un desarrollo sostenible, el marco metodológico desarrollado en este estudio debe ser incluido en los planes de ordenamiento territorial urbano.

ABSTRACT

DYNAMIC TEMPORARY SPACE IN THE LANDSCAPE OF URBAN AREAS WITH AGRICULTURAL SUITABILITY IN CHIHUAHUA STATE

BY:

JESSICA PAMELA BALDERRAMA MUÑOZ

Continued urban growth related to demographic expansion are key elements in the disappearance of fertile agricultural lands. The main objective was to analyze the spatial-temporal change that occurred in the sociodemographic and environmental landscape of the cities of Rosales, Meoqui and Delicias located in the Agricultural Irrigation District 05. A period of 35 years based on 5 levels (1985, 1995, 2005, 2015, and 2020) included the estimation of the limits of urban areas and their annual growth rates. Population growth data were correlated with the growth of urban areas and their annual growth rates. The environmental landscape changes were obtained with two Landsat TM5 and OLI8 scenes from 1985 and 2020. The scenes were classified using the supervised maximum likelihood classification method. The two Landsat sensors were oriented to the classification of three land uses. The average population growth rate during the period from 1950 to 2020, of the population of Delicias was 2.3 %, being above the state average (2.2 %), for Meoqui and Rosales the growth is lower than the state average (1.6 and 1.2 %) respectively. Urban growth caused a significant decrease in the agricultural areas of Delicias (90 %) and Meoqui (100 %). The agricultural area in Rosales decreased from 0.39 to 0.02 km². Under the

purpose of sustainable development, the methodological framework developed in this study must be included in urban land use plans.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE GRÁFICAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Importancia del Distrito de Riego 05.....	3
Crecimiento de la Población Humana.....	4
Geo demografía de Delicias, Meoqui y Rosales en el Contexto Estatad.....	6
Delicias.....	6
Meoqui.....	7
Rosales.....	7
Densidad Urbana.....	7
Agricultura y su Impacto en el Uso del Suelo.....	8
Uso de SIG en la Planificación Territorial.....	9
Métodos Estadísticos en el Crecimiento Urbano.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Descripción del Área de Estudio.....	12

Localización.....	12
Clima.....	12
Fisiografía.....	12
Uso de suelo.....	14
Vegetación.....	14
Fuentes de Información.....	14
Variables de Respuesta.....	15
Análisis Estadístico.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
Crecimiento Demográfico.....	17
Delicias.....	17
Meoqui.....	17
Rosales.....	21
Área de Crecimiento Urbano.....	21
Datos de imágenes Google Earth.....	21
Tasa de Crecimiento Urbano.....	26
Usos del Suelo y sus Cambios.....	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
LITERATURA CITADA.....	39

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Crecimiento poblacional de la ciudad de Delicias y su tasa decadal en el periodo 1950 al 2020.....	18
2	Crecimiento poblacional de la ciudad de Meoqui y su tasa decadal en el periodo 1950 al 2020.....	19
3	Crecimiento poblacional de la ciudad de Rosales y su tasa decadal en el periodo 1950 al 2020.....	23
4	Población y su tasa de crecimiento media anual a nivel estatal y en las ciudades de Delicias, Meoqui y Rosales durante el periodo de 1950-2020.	24
5	Crecimiento del área urbana de las ciudades agrícolas de Delicias, Meoqui y Rosales, en un periodo de 35 años.....	25
6	Tasa de crecimiento del área urbana de las ciudades agrícolas de Delicias, Meoqui y Rosales, en un periodo de 35 años.....	28
7	Cambios en la extensión territorial de tres principales clases de uso del suelo en las ciudades de Delicias, Meoqui y Rosales en el período 1985- 2020.....	32

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica		Página
1	Tendencia de crecimiento de la población de la ciudad de Meoqui en el periodo 1950-2020.....	20
2	Tendencia de crecimiento de la población de la ciudad de Rosales en el periodo 1950-2020.....	22
3	Tendencia de crecimiento de la población de ciudad Delicias durante el periodo de 1950-2020.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización de los municipios de Delicias, Rosales y Meoqui en el Estado de Chihuahua.....	13
2	Secuencia de 5 polígonos digitalizados en Google Earth mostrando el área de crecimiento urbano de las ciudades de Delicias, Meoqui y Rosales, en un periodo de 35 años (1985-2020).....	27
3	Clasificación de uso de suelo para la ciudad de Delicias en el año 1985 y 2020.....	33
4	Clasificación de uso de suelo para la ciudad de Meoqui en el año 1985 y 2020.....	34
5	Clasificación de uso de suelo para la ciudad de Rosales en el año 1985 y 2020.....	35

INTRODUCCIÓN

Los asentamientos urbanos constituyen el núcleo de la civilización y representan los ambientes y culturas en las cuales las actividades económicas, políticas y sociales se han desarrollado. La rápida urbanización es un elemento clave y contribuyente importante en el cambio ambiental a diferentes escalas: global, regional y local. La continua migración de habitantes de las zonas rurales a las ciudades ocasiona un aumento de habitantes en los entornos urbanos de tal manera que, en muchas regiones, las ciudades son las que mantienen la mayor parte de las actividades económicas que constituyen el eje de desarrollo de los diferentes sectores. La población urbana total en el mundo se estima que será el doble para el año 2050 en comparación a la población actual (Haase *et al.*, 2013). Esta misma tendencia en crecimiento demográfico y expansión urbana se presenta en México. Los efectos se dimensionan en diferentes niveles de contaminación, cambios de uso del suelo, cambio climático, entre otros.

Las ciudades agrícolas de Meoqui, Delicias y Rosales se localizan en el Distrito de Riego 05 (DR-05), un subsector importante que contribuye al desarrollo de la agricultura de riego en el centro sur del estado de Chihuahua. En este contexto, las áreas agrícolas de este distrito, experimentan un creciente cambio en las dimensiones espaciales y demográficas, con impactos socioeconómicos y ambientales. Los patrones de las áreas de cultivo y la vegetación natural han sido alterados por la rápida urbanización en los últimos años. Un problema para el entorno se relaciona con el desconocimiento de los cambios espacio temporales ocurridos en el paisaje sociodemográfico ambiental en las ciudades mencionadas. Este estudio pretende establecer una línea base

de cómo el crecimiento de la población presenta una asociación con la expansión urbana y con el consecuente impacto espacial y temporal en los cambios de uso del suelo con aptitud agrícola. Google Earth es una herramienta que proporciona imágenes integradas de los satélites Landsat TM5, Landsat OLI 8 y SPOT. Las escenas producidas por la combinación de las bandas de estos satélites producen niveles altos de resolución espacial y espectral, suficientes para proporcionar respuestas a problemas diversos de gestión territorial en los ambientes natural y urbano. En esencia, son fuentes de datos invaluable para los estudios de planeación urbana y gestión territorial. En este contexto, estas tecnologías geoespaciales facilitan la evaluación de los patrones de crecimiento geo demográfico, así como la detección de cambios de los diversos tipos de cobertura y/o usos del suelo.

Con base en lo anterior, en este estudio se evaluó el cambio espacio temporal ocurrido en el paisaje sociodemográfico y ambiental de las ciudades de Rosales, Meoqui y Delicias ubicadas en el Distrito de Riego Agrícola 05. Este objetivo general se apoyó en los siguientes objetivos específicos: a) examinar el cambio en los patrones demográficos ocurrido en el tiempo en las áreas urbanas bajo estudio, b) analizar las relaciones del crecimiento poblacional con las áreas de expansión urbana y, c) detectar diferencias en los cambios del uso de suelo agrícola en relación a la expansión geo demográfica.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del Distrito de Riego 05 (DR-05)

El DR-05 aprovecha los escurrimientos de la subcuenca del Río Conchos y se ubica en la región Centro Sur del Estado de Chihuahua, México. Esta se ubica dentro de la cuenca hidrológica del Río Bravo. Además de los distritos 090 y 103, el DR-05 es el más importante por magnitud, su ecología y su relevancia socioeconómica (Ortega, 2013). El manejo y uso adecuado de este recurso hídrico es importante para asegurar la producción de alimentos y mantener la economía que sostiene el bienestar de las familias que dependen de este sector agrícola en la región. Sin embargo, la mayoría de los estudios que se relacionan con los problemas del DR-05 se han enfocado al uso y manejo del recurso agua a través de la asociación de variables técnicas-productivas (Olvera *et al.*, 2014). Otros estudios caracterizan la variabilidad de la producción y productividad, con énfasis en la preservación y uso sustentable de los recursos naturales para el beneficio social (Villalobos *et al.*, 2020).

Las ciudades de Delicias, Meoqui y Rosales ubicadas en los municipios del mismo nombre y como parte del DR-05, presentan características específicas, métodos de trabajo y los mismos problemas por la calidad del agua y su suministro (Cervantes *et al.*, 2020). La contaminación por la presencia de arsénico y metales pesados se presentan en mayor proporción que los nitratos y salinidad, relacionados con la agricultura y agua residual. Villalba *et al.* (2013) mencionan que la contaminación por arsénico en el agua subterránea de esta zona se debe a una falla natural entre las capas geológicas del subsuelo mientras que Reyes *et al.* (2006) enfatizan el impacto de las actividades antropogénicas.

Crecimiento de la Población Humana

El continuo crecimiento de una población se relaciona a la disminución o estabilidad en el número de sus habitantes ocurrido en un período de tiempo determinado. El asentamiento de la población humana en un período de tiempo y en determinado territorio, está sujeto a variación ya que puede aumentar, mantener igual o disminuir su número de integrantes (Hernández, 1998).

De acuerdo con UN-Hábitat (2010), en el mundo entre 1950 y 2010, la población humana experimentó la más rápida expansión al pasar de 2.5 a 6.9 billones de habitantes, y la mayoría de ese crecimiento se presentó en países en desarrollo en donde la población urbana se incrementó 7 veces en tan sólo 60 años. Desde inicios del siglo XX hasta la actualidad, la dinámica de crecimiento poblacional, asociada al continuo crecimiento de los procesos productivos, está transformando una sociedad agrícola en una sociedad industrial (Bongaarts, 2009).

Tomas Malthus en el siglo XVIII analizó el problema de la sobrepoblación; de tal forma que incluso actualmente se debate el impacto del alto nivel de población como un factor causante de pobreza y escasez de recursos. Hoy en día, la población global ha superado los 7 mil millones de habitantes de acuerdo a la tesis maltusiana. Actualmente continua una creciente migración del campo a la ciudad y aunque la agroindustria biotecnológica ha incrementado la producción de alimento, persisten las muertes por desnutrición como un factor derivado de las hambrunas (Putri *et al.*, 2019).

Los procesos de urbanización son una consecuencia del continuo crecimiento de la población humana con impactos importantes en los cambios de

uso de suelo urbano y contaminación. Actualmente, alrededor del 80 % de la población urbana en el mundo se concentra en el continente americano, principalmente en Estados Unidos, Brasil y México. Los países localizados en el área andina de América del sur y en particular México presentan cifras intermedias con relación a los demás países de América Latina (79 % y 78 %, respectivamente; CIPD, 2014).

La existencia de grandes megalópolis es una característica distintiva de la dinámica de urbanización. Ejemplo de ello son tres de las seis ciudades más pobladas del mundo: México D.F. y Nueva York (con más de 20 millones de habitantes) y São Paulo (19,9 millones; ONU, 2020). Un carácter distintivo es que las ciudades seguirán creciendo en las próximas décadas mostrando altos niveles de urbanización, al igual que en los demás países del mundo.

Por lo anterior, el continuo crecimiento urbano bajo carencias de programas de planificación tendrá consecuencias en el desarrollo sostenible de tal manera que si no se genera la infraestructura necesaria o bien si no se aplican políticas de planificación territorial se afectara el bienestar socioeconómico de los habitantes de la ciudad (Malarvizhi *et al.*, 2016). Al respecto, Rodríguez (2000) encontró una relación lineal del crecimiento poblacional de la ciudad de Chihuahua en el periodo de 1900 al 2000. En algunas situaciones la relación del crecimiento poblacional es afectado por factores socioeconómicos como la migración.

Los gobiernos deben aplicar políticas de largo alcance que respondan a los desafíos de la urbanización, en donde se incluya lo siguiente: empleos para zonas urbanas y rurales, mejorar las oportunidades de ingresos; abastecer de

infraestructura necesaria para el agua y saneamiento, las comunicaciones, la información, el transporte y la energía; la creación y desarrollo de viviendas de calidad y reducir el número de personas que viven en tugurios, conservar los bienes naturales dentro y fuera de la ciudad y asegurar la igualdad de acceso a los servicios, como la atención sanitaria y la educación (ONU, 2015).

Geodemografía de Delicias, Meoqui y Rosales en el Contexto Estatal

El estado de Chihuahua tiene la mayor extensión territorial de México, con 247,455 km² lo que constituye 12.6 % de la superficie total del país. Su población actual es de 3,741,869 habitantes, de acuerdo a los resultados de la encuesta intercensal 2015, la población representa 3.2 % respecto a la población total del país, colocándose en el décimo primer lugar entre las entidades federativas más pobladas.

Delicias. Este municipio tiene una superficie territorial de 534.9 km². Lo que hoy conforma el actual territorio formaba parte de los municipios de Rosales, Meoqui y Saucillo. Debido a la importancia agrícola que tomó la región al originarse el Sistema de Riego número 05, el congreso del estado decretó el municipio de Delicias el 7 de enero de 1935 (INAFED, 2019). Su núcleo de población se formó con habitantes que migraron de distintas regiones pobladores llegaron de diversas regiones, accediendo a los beneficios debido a la construcción del sistema de riego. Un icono en este lugar lo es la estación del Ferrocarril Central Mexicano que existió desde 1884, lugar en donde se iniciaba el transporte de productos provenientes de la antigua Hacienda Delicias.

Para 1960, Delicias fue el tercer municipio con mayor población del estado, después de Juárez y Chihuahua. Actualmente, la ciudad de Delicias cuenta con

una población 150,506 habitantes y es la cuarta más poblada del estado de Chihuahua. Esta población se sustenta principalmente en las actividades agrícolas y su desarrollo agroindustrial.

Meoqui. Tiene una superficie territorial municipal de 429.12 km², la ciudad está localizada en los márgenes del río San Pedro. En el año 1709 se fundó por los misioneros de San Francisco de Asís. Actualmente cuenta con una población de 44,853 habitantes (INEGI, 2020).

Rosales. La superficie de su territorio municipal comprende 1,921.02 km² equivalente al 0.77 % de la extensión territorial del estado. Esta superficie territorial contrasta con su reducida población en su cabecera municipal; Rosales cuenta con 16,776 habitantes actualmente y fue fundada su cabecera en 1714 con el nombre de Santa Cruz de Tapacolmes. En 1820 paso a ser Municipio de Rosales.

Densidad Urbana

Aunque las áreas urbanas cubren una fracción muy pequeña de la superficie terrestre del mundo, su rápida expansión ha alterado significativamente el paisaje natural y ha creado enormes impactos ambientales, ecosistémicos y sociales (Berling y Wu, 2004). La población tiene una estrecha relación con la densidad urbana. Consecuentemente se establece una relación con la expansión territorial y la superficie urbanizada (Salinas y Pérez, 2014).

La densidad urbana es un atributo importante para conocer el crecimiento urbano mal planeado, esto con base a un enfoque de sustentabilidad que atienda elementos como: transporte, cohesión social, dotación de equipamientos, complejidad urbana, autosuficiencia energética, habitabilidad del espacio público,

población, conectividad, proximidad, autosuficiencia hídrica, dotación de espacios verdes, adaptación y mitigación al cambio climático. La densidad es una variable importante sujeta a discusiones cuando se comparan los alcances de una ciudad dispersa versus una ciudad compacta (Hermida *et al.*, 2015). Una ciudad dispersa, es decir de baja densidad, trae como consecuencia distintos problemas de distintas índoles como lo son: sociales, económicos y ambientales.

Contrario a lo que se piensa, los modelos de ciudades dispersas presentan mayores procesos de contaminación (20 a 50 %) en comparación a los modelos de ciudad compacta (Arbury, 2005). En México, la distribución de habitantes es heterogénea, con situaciones contrastantes en los territorios urbanos, periurbanos y rurales en colonias en crecimiento. El área periurbana está relacionada con la carencia de infraestructura urbana como el caso de pavimentación, red de drenaje y limitaciones en el suministro de agua potable. También, comprende los espacios dedicados a depósitos de basura. En una escala nacional, la densidad de población es de 61 habitantes km⁻². En una escala regional, Chihuahua presenta valores aproximados de 14 habitantes km⁻², situándose como uno de los estados menos densamente poblados (INEGI, 2015).

Agricultura y su Impacto en el Uso del Suelo

La influencia humana en el uso del suelo se está acelerando a causa del acelerado crecimiento de la población y un incremento de las necesidades alimentarias. En algunas regiones, la creciente intensidad agrícola genera presión no solo sobre los recursos de la tierra sino también en todo el medio ambiente (Jianga *et al.*, 2013). Esto como consecuencia que hace de la

agricultura un sector de máxima prioridad para la política económica y ambiental de manera que su expansión tiene impactos en los cambios de uso del suelo (Putri *et al.*, 2019). No obstante, existen situaciones particulares en donde otros usos del suelo afectan la sostenibilidad de los suelos agrícolas (Putri *et al.*, 2018). Como ejemplo, la tasa de urbanización sin precedentes y el patrón de desarrollo en expansión han resultado en la rápida desaparición y/o alteración total de suelos agrícolas fértiles en áreas periurbanas (Lasisi *et al.*, 2017). Un ejemplo de ello se puede observar en la urbanización del África subsahariana, donde esta actividad está alterando las estrategias tradicionales de subsistencia, desplazando los usos agrícolas de la tierra en muchas áreas (Ángel *et al.*, 2005). La expansión de las ciudades afecta las áreas que las rodean al alterar la base de recursos naturales y convertir la cubierta vegetal a nuevos usos, desafiando así el medio ambiente y los medios de vida de los habitantes (Dima y Ogunmokun, 2004).

Uso de SIG en la Planificación Territorial

De acuerdo con Castellanos (2010), geografía dentro del concepto de sistemas de información, en forma obligada vincula un componente espacial, especialmente de georreferenciación de datos, en elementos relacionados con el urbanismo y la planeación urbana. Entre las características que tienen los SIG están las siguientes: la información procesada siempre está relacionada con el territorio, las bases de datos bien estructuradas propician la planificación espacial, se aplican para buscar cohesión y relaciones entre diferentes capas de información espacial, tienen la facilidad de trabajar variados niveles de detalle jerárquicamente y sobreponer capas de información (Metternicht, 2006).

Adicionalmente se considera la agilidad de edición, flexibilidad en el proceso de la información y puesta en marcha de la planificación espacial. El SIG es una herramienta poderosa como medio de comunicación, elabora evaluaciones de los resultados en forma eficiente y utiliza formatos prácticos para apoyar la toma de decisiones de los usuarios. Finalmente, los SIG presentan en su arquitectura procesos de modelación y análisis espaciales que favorecen la planificación espacial (Rodríguez, 2000).

En el estudio elaborado por Willems y Navarrete (2002), enfocado al análisis de la atenuación de amenazas de origen volcánico con áreas urbanas adyacentes, se destaca la utilidad del SIG para elaborar análisis espaciales que exhiben diferentes alternativas de decisión, mostraron su eficiencia para integrar y comparar datos de sectores diversos, agilizaron la edición y adaptación de datos con características de flexibilidad. Además, permitió elaborar evaluaciones ágiles de los resultados por el grupo de investigación o hacer presentaciones atractivas para los tomadores de decisiones de la zona afectada. Un punto débil en el uso de esta herramienta es que los resultados dependen de la disponibilidad, cantidad y la calidad de los datos a integrar.

Métodos Estadísticos en el Crecimiento Urbano

La estadística por si misma se define como un método de razonamiento que facilita la interpretación de datos que incluye la variabilidad como un atributo clave. Bocco *et al.* (2000) resaltan la relación entre variables de índole socioeconómico, biofísico y de accesibilidad y el crecimiento urbano, a partir de la aplicación de distintos métodos estadísticos. La regresión lineal simple explica la relación entre una variable independiente (predictoras o explicativas) y otra

variable dependiente (explicada, respuesta) (Plata, 2010).

Técnicas de análisis espacial, junto con el desarrollo SIG y la mayor accesibilidad a las imágenes de satélite, son de gran ayuda para explicar, predecir e identificar la ocupación urbana mediante el análisis y modelado de sistemas dinámicos complejos (Gutiérrez *et al.*, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de Estudio

Localización. El presente estudio comprendió los límites urbanos de las ciudades de Rosales, Meoqui y Delicias ubicadas en el Estado de Chihuahua dentro del Distrito de Riego Agrícola 05 (DR-05). Geográficamente las tres ciudades se localizan entre las coordenadas 105.29 y 106.06 Longitud O y 28.14 y 28.37 Latitud N (Figura 1). La altitud promedio en el área de estudio es de 1165 msnm. Las actividades económicas principales están relacionadas con los productos derivados de la agricultura de riego como lo son el nogal, alfalfa, hortalizas, entre otros y a la ganadería intensiva, principalmente la producción de leche y el comercio asociado a productos agropecuarios e insumos para la producción. El DR-05 tiene un patrón de 8,113 productores, de los cuales el 43 % son ejidatarios y 57 % pequeños productores (Villalobos *et al.*, 2020).

Clima. De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica del estado de Chihuahua (INEGI, 2003), el clima es semiárido extremo, temperatura media anual promedio de 19.8 °C, temperatura máxima de 42.1 °C y mínima de -14 °C. La precipitación pluvial media anual se encuentra en un rango de 200 a 500 mm. Los vientos dominantes en esta región proceden del suroeste.

Fisiografía. Aunque los límites municipales comprenden lomeríos y sierras bajas, el área de estudio se ubica en un subsistema de topoformas con bajadas leves y suelos con pendientes planas en su mayoría. Los suelos Solonchak de textura media predominan en la zona noroeste y suroeste del área de estudio con pendientes de nivel, sin asociaciones o inclusiones y con una fase salina (INEGI, 2003).

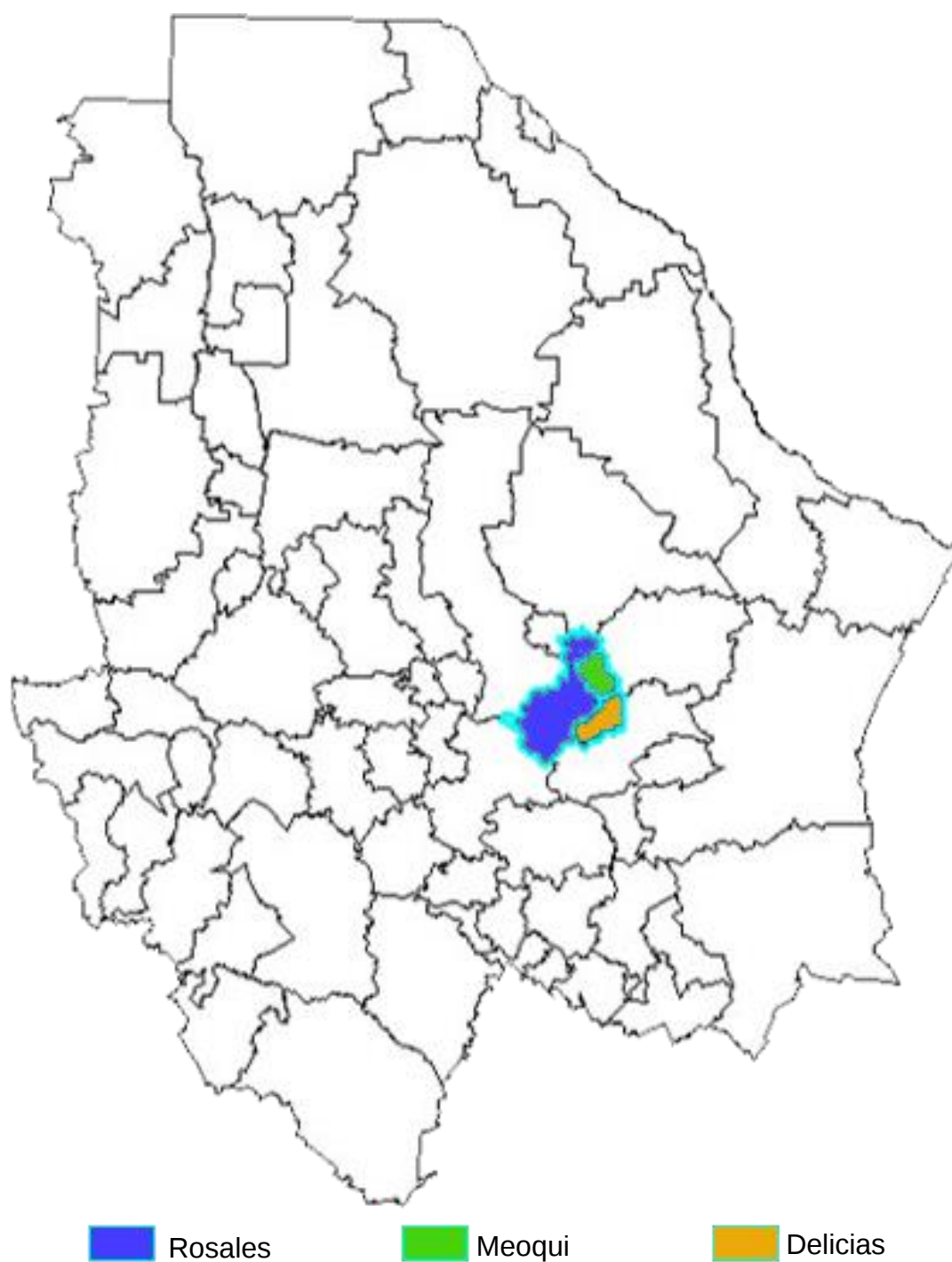


Figura 1. Localización de los municipios de Delicias, Rosales y Meoqui en el Estado de Chihuahua.

Uso del suelo. En el municipio de Delicias fundamentalmente es agrícola e industrial. El régimen de pequeña propiedad predomina como el tipo de tenencia de la tierra con 18,936 has (70.2 %) y, en segundo término, el ejidal con 7,856 has (29.8 %), esta superficie distribuida en seis ejidos. En el municipio de Meoqui predomina la agricultura. La tenencia de la tierra es propiedad privada, con 29,362 has (58.72 %), propiedad ejidal, con 10,903 has (21.78 %) distribuidas en 3 ejidos. En el municipio de Rosales predomina el suelo agrícola y ganadero. La tenencia de la tierra predomina la pequeña propiedad, con 173,502 has (71.7 %), esta superficie debido a la extensión de las tierras de agostadero. El régimen ejidal se distribuye en 17,918 has (7.4 %).

Vegetación. En la superficie de los municipios, existen dos tipos de vegetación: natural e inducida. En su componente natural, la flora comprende comunidades de gramíneas con zacates banderilla (*Bouteoloua curtispindula*) asociada con tempranillo (*Setaria macrostachya*); entre las plantas xerófilas se encuentran arbustos de diferentes tamaños entremezclados con algunas especies de agaves, yucas, cactáceas, leguminosas como huisache, guamúchil, mezquite, peyote y bonete (COTECOCA, 1978). Este tipo de cobertura vegetal se localiza en las áreas naturales de los municipios. La vegetación de carácter inducido está determinada por una diversidad de cultivos agrícolas como chile, alfalfa, nogales, entre otros cultivos (Villalobos *et al.*, 2020).

Fuentes de Información

Los datos decadales de población de las ciudades de Delicias, Rosales y Meoqui se obtuvieron de Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2018) e INEGI (2020). Para el análisis de los datos en el ambiente urbano, se utilizaron

una serie de 5 imágenes provenientes de la plataforma Google Earth. Estas imágenes están integradas por la combinación de escenas de los satélites Landsat TM5, Landsat OLI 8 y SPOT. Las imágenes utilizadas comprendieron 5 fechas (1985, 1995, 2005, 2015 y 2020) para un periodo de 35 años de estudio. Estas fuentes de datos fueron la base para estimar el crecimiento urbano de las tres ciudades. Para el análisis de cambios de uso del suelo con base en los tipos de cobertura, se utilizaron dos escenas de la plataforma Landsat; el sensor TM de 1985 y el sensor OLI 8 del año 2020. Como un proceso de validación para el área de crecimiento urbano, se apoyó en el uso de las series III y VI de usos de suelo y vegetación de INEGI.

Variables de Respuesta

El crecimiento de la población, la tasa anual de crecimiento poblacional, el área de crecimiento urbano y la tasa de crecimiento de área urbana comprendieron las variables de respuesta principales de este estudio.

Para la obtención de los polígonos de crecimiento urbano en cada una de las ciudades se aplicó el criterio de separabilidad de los entornos urbano y periurbano con respecto a las áreas bajo cultivo agrícola. Este proceso se aplicó tanto a las escenas de Google Earth como a los sensores TM y OLI 8 de la plataforma Landsat. En Google Earth, el marco de muestreo se basó en la digitalización de polígonos exportados en el formato KML de la plataforma de Google Earth a los formatos shape de ArcMap v.10.5.

El análisis de las imágenes de satélite de la plataforma Landsat, se registraron bajo el sistema de coordenadas Universal Trasversal de Mercator (UTM) en la zona de huso horario 13N bajo el datum WGS84. Para la obtención

de los usos del suelo y vegetación se utilizó el método de clasificación supervisada de máxima verosimilitud. Este método identifica los valores de cada píxel de una o varias bandas de las escenas de satélite. Enseguida origina las firmas y las evalúa en clases como un paso final para reclasificar conforme a las probabilidades de cada clase. La clasificación se orientó a la obtención de 3 usos del suelo: área urbana, agricultura y área periurbana. Para el procesamiento y análisis de área de crecimiento urbano y usos del suelo y vegetación se utilizó el programa ArcMap v.10.5. En este programa se realizaron las estimaciones de crecimiento urbano en ha y km² y se aplicaron los procesos de sobre posición vectorial.

Análisis Estadístico

Para el análisis de tendencia de las relaciones de periodos, población y expansión urbana se utilizó el programa MINITAB v.18 bajo el modelo de regresión lineal simple basado en la Ecuación (1):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon \quad (1)$$

Dónde:

Y_i = población, crecimiento urbano/ha.

β_0 = intercepto.

β_1 = pendiente, coeficiente de regresión.

X_i = años.

ε = error aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento Demográfico

El crecimiento de la población en las ciudades presentó una tendencia lineal en el periodo evaluado. El aumento de la población tiene un efecto subsecuente en los sistemas agrícolas debido a que pueden disminuir su uso potencial y su productividad agrícola. Este precepto está relacionado con el establecimiento en una de las hipótesis del presente estudio.

Delicias. El Cuadro 1 presenta el crecimiento de la población durante el periodo 1950-2020. La población de la ciudad aumentó 98,910 habitantes en un periodo de 60 años (1960-2020) lo que equivale a un aumento de 2.9 veces (291.7 %) similar al aumento proporcional que hubo, en el mismo periodo, en el estado de Chihuahua (3 veces). Sin embargo, el patrón de crecimiento decadal no ha sido uniforme. En el periodo de 1960-1990 la tasa de crecimiento anual fue relativamente alta con una tasa promedio de 2.4 %; en el periodo 2000-2020 la tasa de crecimiento fue de 1.2 %. El crecimiento de la población en el periodo 1960-1990 se explica por el establecimiento de industrias manufactureras y el crecimiento del comercio.

Meoqui. Al igual que Delicias, esta ciudad presenta un patrón de crecimiento poblacional similar durante el periodo 1950-2020 (Cuadro 2). En el periodo 1960-2020, la población aumentó 19,724 habitantes lo que equivale a un incremento de 1.8 veces (178.5 %), menor al presentado en el estado de Chihuahua. Durante los años de 1960 a 1990, el crecimiento fue más lento (36.9 %) lo cual se evidencia durante la década de 1980-1990. En este periodo la tasa de crecimiento de la población disminuyó de manera significativa (Gráfica 1).

Cuadro 1. Crecimiento poblacional de la ciudad de Delicias y su tasa decadal en el periodo 1950 al 2020

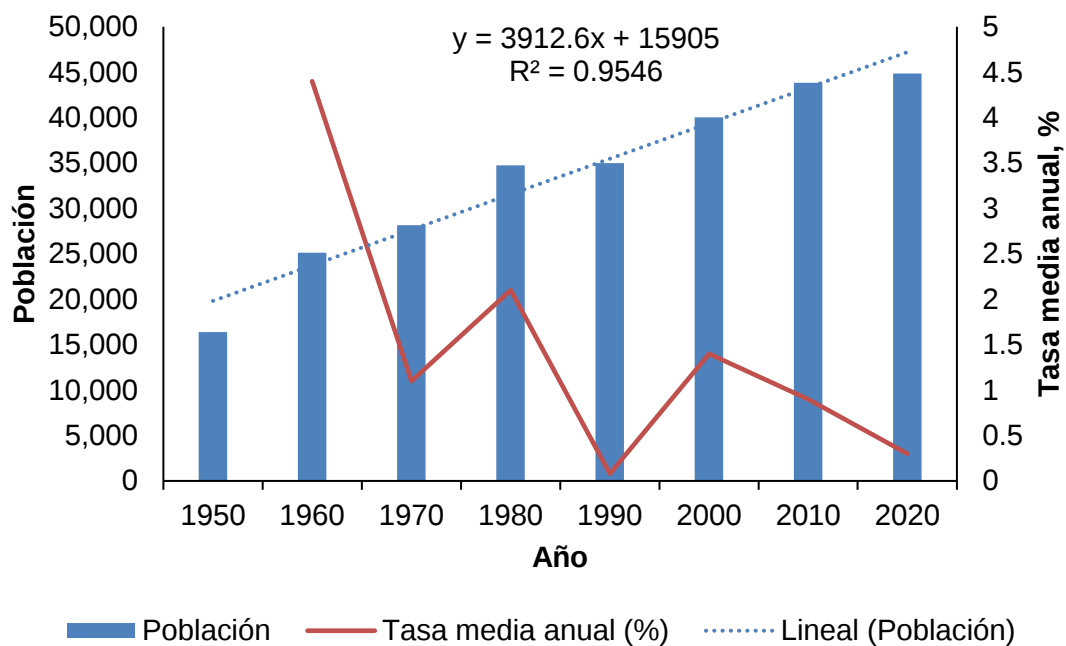
Año	Población	Variación absoluta	TCMA*, %
1950	30,651		
1960	51,596	20945	5.4
1970	64,193	12597	2.2
1980	82,215	18022	2.5
1990	104,014	21799	2.4
2000	116,426	12412	1.1
2010	137,935	21059	1.7
2020	150,506	12571	0.9

*TCMA: Tasa de Crecimiento Media Anual

Cuadro 2. Crecimiento poblacional de la ciudad de Meoqui y su tasa decadal en el periodo 1950 al 2020

Año	Población	Variación absoluta	TCMA*, %
1950	16,382		
1960	25,129	8747	4.4
1970	28,160	3031	1.1
1980	34,727	6567	2.1
1990	34,995	268	0.08
2000	40,018	5023	1.4
2010	43,833	3815	0.9
2020	44,853	1020	1.3

*TCMA: Tasa de Crecimiento Media Anual.



Gráfica 1. Tendencia de crecimiento de la población de la ciudad de Meoqui en el periodo 1950-2020.

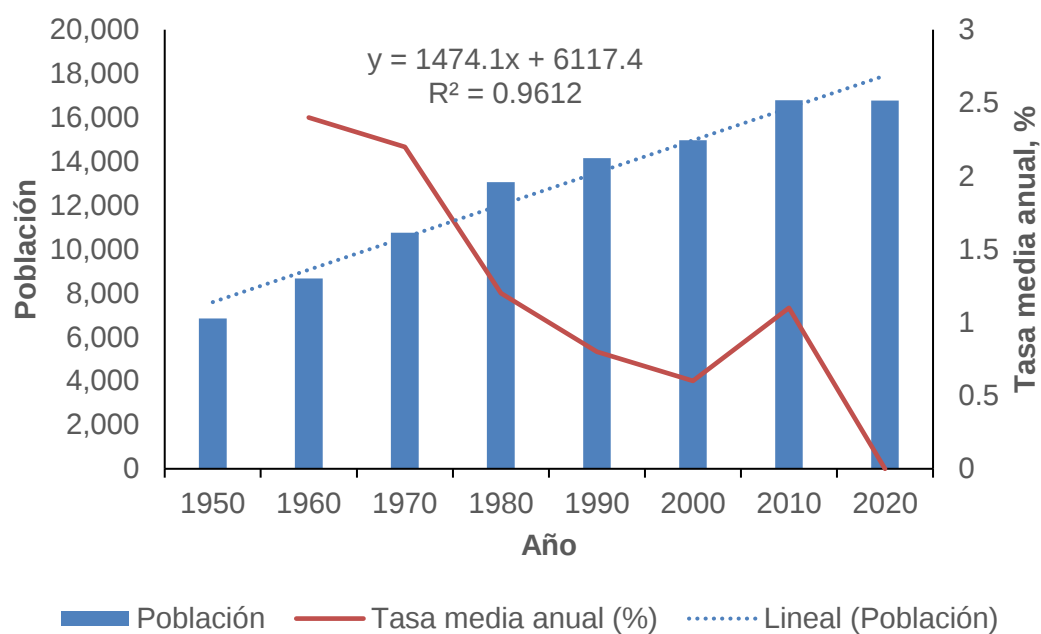
Esta disminución puede explicarse por la migración hacia la ciudad adyacente de Delicias debido a que en este periodo inicio el establecimiento de industria manufacturera, la cual proveyó de oportunidades de empleo a la población migrante.

Rosales. La Gráfica 2 presenta la tendencia de crecimiento de la población durante el periodo 1950-2020. En los años de 1950 a 1970 el crecimiento de la población fue relativamente alta, sin embargo, a partir de esta fecha la tasa decreció en una forma significativa. Esta disminución se debió al crecimiento de la industria manufacturera de Delicias y Meoqui, lo cual provocó migración hacia estas ciudades. El aumento de la población fue de 8,100 habitantes lo que equivale a un aumento de 1.9 veces en un periodo de 60 años (1960-2020) (Cuadro 3).

El Cuadro 4 presenta la dinámica de población y sus tasas de crecimiento media anual en el estado y sus municipios durante el periodo evaluado. A nivel estatal, la tasa promedio es de 2.2 %. Delicias presenta un crecimiento aproximado de 2.3 %, mientras que Meoqui y Rosales presentan un crecimiento menor al promedio estatal (1.6 y 1.2 %, respectivamente).

Área de Crecimiento Urbano

Datos de imágenes Google Earth. El Cuadro 5 presenta el área de crecimiento urbano en un periodo de 35 años para las tres ciudades bajo estudio. En general, el área de expansión urbana en las tres ciudades presentó un crecimiento lineal en todos los periodos. Sin embargo, el crecimiento urbano de la ciudad de Rosales mostró una lenta expansión a través de los años. Esto puede deberse a la limitación para su expansión horizontal debido a su posición



Gráfica 2. Tendencia de crecimiento de la población de la ciudad de Rosales en el periodo 1950-2020.

Cuadro 3. Crecimiento poblacional de la ciudad de Rosales y su tasa decadal en el periodo 1950 al 2020

Año	Población	Variación absoluta	TCMA*, %
1950	6,845		
1960	8,676	1831	2.4
1970	10,748	2072	2.2
1980	13,054	2306	1.2
1990	13,723	669	0.8
2000	14,768	1045	0.6
2010	16,785	2017	1.1
2020	16,776	-18	0.0

*TCMA: Tasa de Crecimiento Media Anual.

Cuadro 4. Población y su tasa de crecimiento media anual a nivel estatal y en las ciudades de Delicias, Meoqui y Rosales durante el periodo de 1950-2020

Años	Estado de Chihuahua		Delicias		Meoqui		Rosales	
	Población	TCMA*, %	Población	TCMA, %	Población	TCMA, %	Población	TCMA*, %
1950	846,414		30,651		16,382		6,845	
1960	1,226,793	3.8	51,596	5.4	25,129	4.4	8,676	2.4
1970	1,612,525	2.8	64,193	2.2	28,160	1.1	10,748	2.2
1980	2,005,477	2.2	82,215	2.5	34,727	2.1	13,054	1.2
1990	2,441,873	2.0	104,014	2.4	34,995	.08	14,154	0.8
2000	3,052,907	2.3	116,426	1.1	40,018	1.4	14,969	0.6
2010	3,406,465	1.1	137,935	1.7	43,833	0.9	16,785	1.1
2020	3,741,869	0.9	150,506	0.9	44,853	0.3	16,776	0.0

*TCMA: Tasa de Crecimiento Media Anual.

Cuadro 5. Crecimiento del área urbana de las ciudades agrícolas de Delicias, Meoqui y Rosales, en un periodo de 35 años

Años	Área Urbana, km ²		
	Delicias	Meoqui	Rosales
1985	12.70	2.90	0.98
1995	18.80	3.60	1.20
2005	22.37	3.84	1.44
2015	30.75	4.30	1.72
2020	33.33	4.99	1.82

geofísica con cordilleras hacia el lado oeste y el flujo del río San Pedro al este. Eso explica la geoforma alargada del área urbana de la ciudad, además de la poca o nula diversificación industrial.

La expansión urbana de la ciudad de Delicias presentó un crecimiento lento hasta 1995 (18.80 km²) y aumentó hasta 33.33 km² en el 2020. La Figura 2 muestra el crecimiento del área urbana de las ciudades de Delicias, Meoqui y Rosales, en el periodo de 35 años (1985-2020).

Tasa de Crecimiento Urbano

La ciudad de Rosales no presentó un cambio importante en la tasa de crecimiento urbano en el periodo estudiado. En contraste, el Cuadro 6 muestra como las ciudades de Meoqui y Delicias presentaron un decremento en la década de 1995 al 2005.

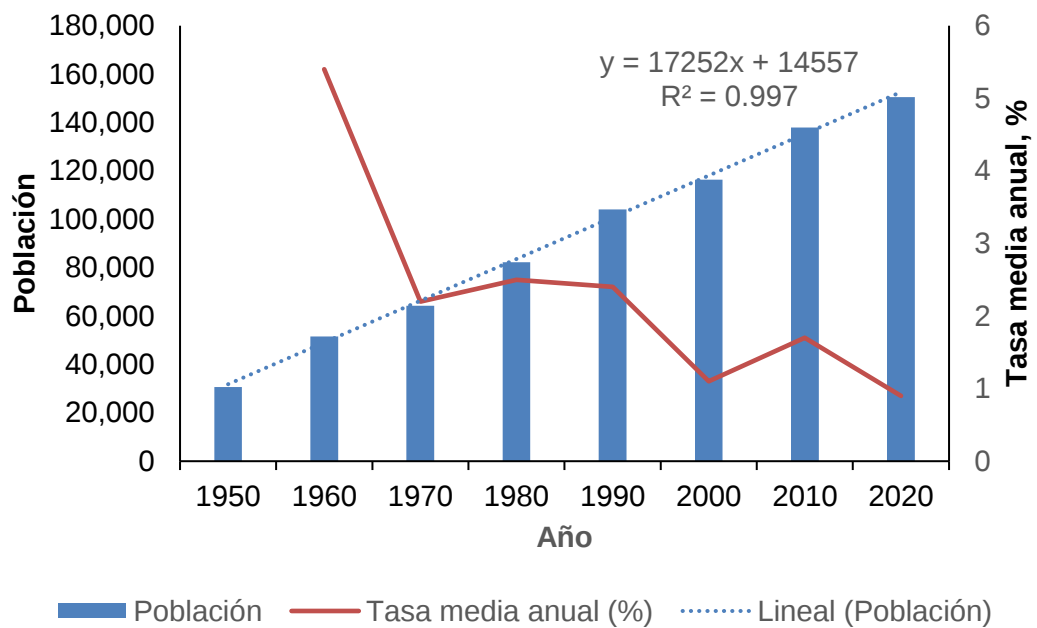
La ciudad de Delicias presentó dos tendencias de tasas de crecimiento. Hasta el periodo del 2005 se presentó una dinámica de crecimiento lento. El valor más bajo en esta tasa de crecimiento urbano (1995-2005=0.36) está relacionado con el lento crecimiento de la población (Gráfica 3). A partir de este periodo y hasta el 2020 la tasa de crecimiento fue del 0.6 lo cual representa una mayor expansión urbana. En el caso de Meoqui, la tasa de crecimiento del área urbana presentó un lento crecimiento, sin embargo, a partir del 2015 se evidenció un aumento en la expansión urbana (0.05 a 0.14) esto se explica por la relación con el crecimiento poblacional debido al asentamiento de industria manufacturera entre ellas la industria cervecera que proveyó de empleos a los habitantes de la ciudad. La expansión de la ciudad ha resultado del aumento de la población urbana y del desarrollo de infraestructura diversa.



Figura 2. Secuencia de 5 polígonos digitalizados en Google Earth mostrando el área de crecimiento urbano de las ciudades de Delicias, Meoqui y Rosales, en un periodo de 35 años (1985-2020).

Cuadro 6. Tasa de crecimiento del área urbana de las ciudades agrícolas de Delicias, Meoqui y Rosales, en un periodo de 35 años

Años	Tasa de crecimiento de área urbana año		
	Delicias	Meoqui	Rosales
1985			
1995	0.61	0.70	0.02
2005	0.36	0.02	0.02
2015	0.84	0.05	0.03
2020	0.60	0.14	0.02



Gráfica 3. Tendencia de crecimiento de la población de ciudad Delicias durante el periodo de 1950-2020.

El análisis espacial muestra una importante disminución de tierras de agricultura intensiva debido al paulatino crecimiento de las áreas urbanas. Las periferias urbanas son ocupadas por actividades y desarrollos de infraestructuras diversas que en un periodo de tiempo consolidarán la infraestructura urbana. Muchas tierras cultivables se han convertido en áreas urbanizadas (asentamientos), con un valor agregado significativo a la construcción de viviendas para satisfacer la demanda inmediata de habitación en estas ciudades y sus alrededores. En algunas otras ciudades con actividades agrícolas, los agricultores asentados en zonas rurales marginales continúan perdiendo sus tierras de cultivo debido a varios proyectos de desarrollo sin compensación ni consideración por su sustento y producción de alimentos (Lasisi *et al.*, 2017).

Los resultados de este estudio sugieren que, con la transferencia de mano de obra impulsada por el crecimiento de infraestructura urbana, es probable que continúen los cambios de los patrones espaciales de uso de la tierra agrícola, con su consecuente desplazamiento hacia los asentamientos del interior del DR-05.

Usos del Suelo y sus Cambios

El análisis de datos multitemporales es importante no solo para los datos de entrada en la fase de modelado, sino también relevante para comprender cómo y cuánto se ha transformado la composición del paisaje en los entornos urbanos y periurbanos. Este proceso fue importante para entender el impacto del crecimiento urbano en las áreas de agricultura intensiva del DR-05 durante los últimos 35 años. En este estudio, la utilización de los datos derivados de las series III y VI de Usos del Suelo y Vegetación mostraron sus limitantes para identificar los cambios de coberturas de la categoría área urbana (usos de suelo

urbano). Lo anterior sugiere que los analistas de este producto informativo, determinaron delimitar en la serie VI, un área de la clase suelo urbana que prevalece en la cobertura de la serie III. Debido a esta limitación, se optó por la utilización de coberturas derivadas de las imágenes Landsat TM5 y OLI8. Sus resoluciones espacial y espectral facilitaron identificar las clases de coberturas para cubrir el objetivo de este estudio.

Los cambios de uso de suelo agrícola, periurbano y urbano se presentan en el Cuadro 7. La superficie de agricultura intensiva en la ciudad de Delicias disminuyó después de 1985, y aunque esta pérdida no afecta a un porcentaje significativo del área total del DR-05, corresponde a una pérdida absoluta de ~1,140 has dentro del entorno urbano considerada como importante. Esta pérdida de superficie agrícola explicó la expansión del área urbana ($\sim 10 \text{ km}^2 = 1000 \text{ has}$) y el área periurbana ($1 \text{ km}^2 = 100 \text{ has}$). El crecimiento urbano en Delicias representó un aumento significativo de aproximadamente el 70 % entre 1985 y el 2020 (Figura 3).

Aunque en menor proporción, Meoqui presentó la misma tendencia al perder prácticamente el total de las tierras fértiles debido al crecimiento urbano (Figura 4). Un hecho notable es el caso de Rosales es como como las coberturas de cultivos se convirtieron en áreas periurbanas y el suelo urbano no mostró cambios importantes en todo el periodo evaluado (Figura 5). En ambos casos, la tendencia actual de expansión urbana tiene los impactos ambientales más obvios en los ecosistemas circundantes, las tierras agrícolas fértiles, la estructura y el patrón del área urbana y, por lo tanto, la calidad de vida urbana.

La agricultura urbana y periurbana ocurre dentro y alrededor de los límites

Cuadro 7. Cambios en la extensión territorial de tres principales clases de uso del suelo en las ciudades de Delicias, Meoqui y Rosales en el período 1985- 2020

Clases de uso del suelo	Extensión Territorial, km ²					
	Delicias		Meoqui		Rosales	
	1985	2020	1985	2020	1985	2020
Agricultura	12.32	1.18	1.34	0.0	0.39	0.02
Área periurbana	6.77	7.90	0.52	0.32	0.15	0.44
Área urbana	14.17	24.16	3.12	4.65	1.30	1.37

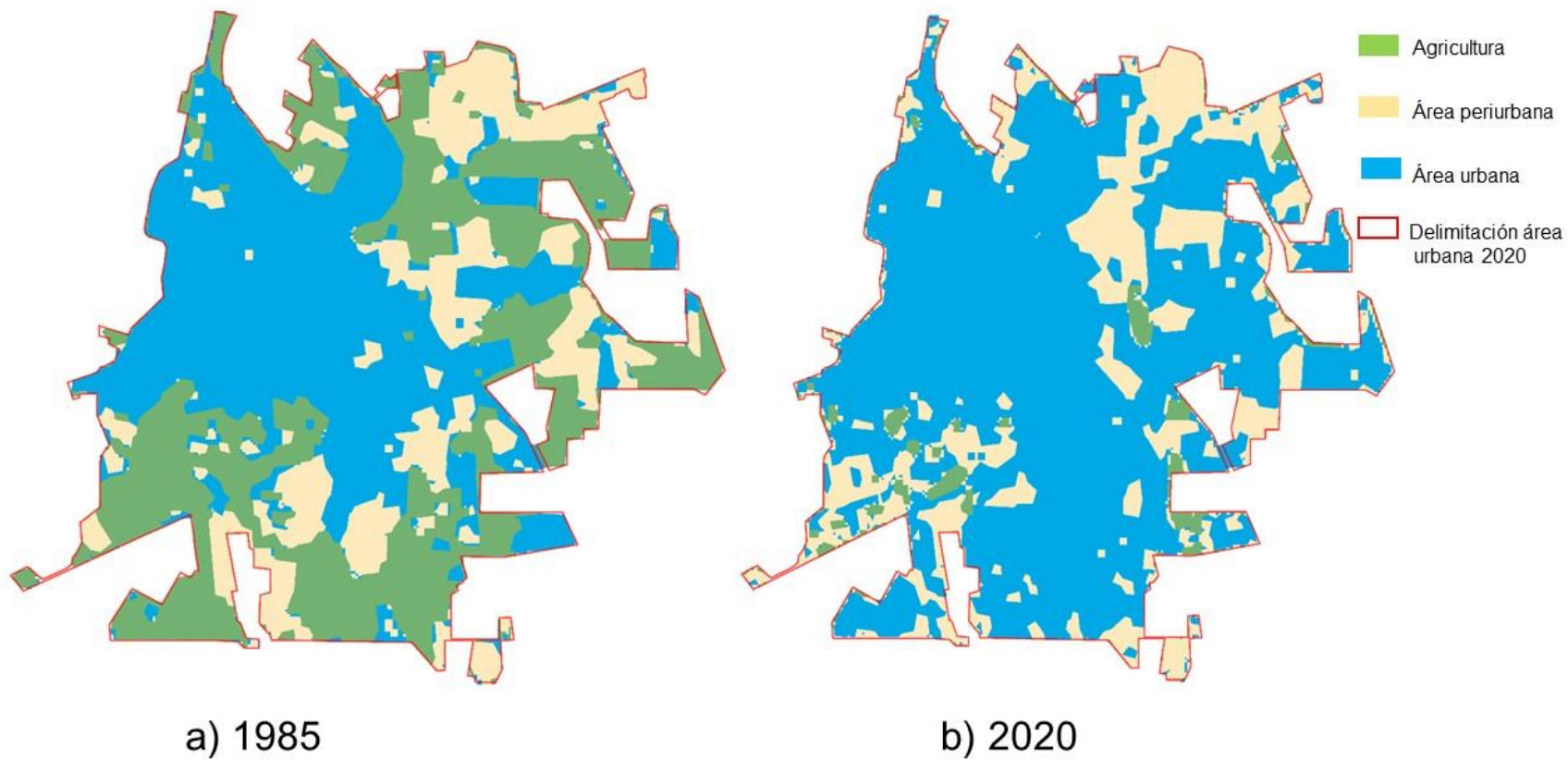


Figura 3. Clasificación de uso de suelo para la ciudad de Delicias en el año 1985 y 2020.

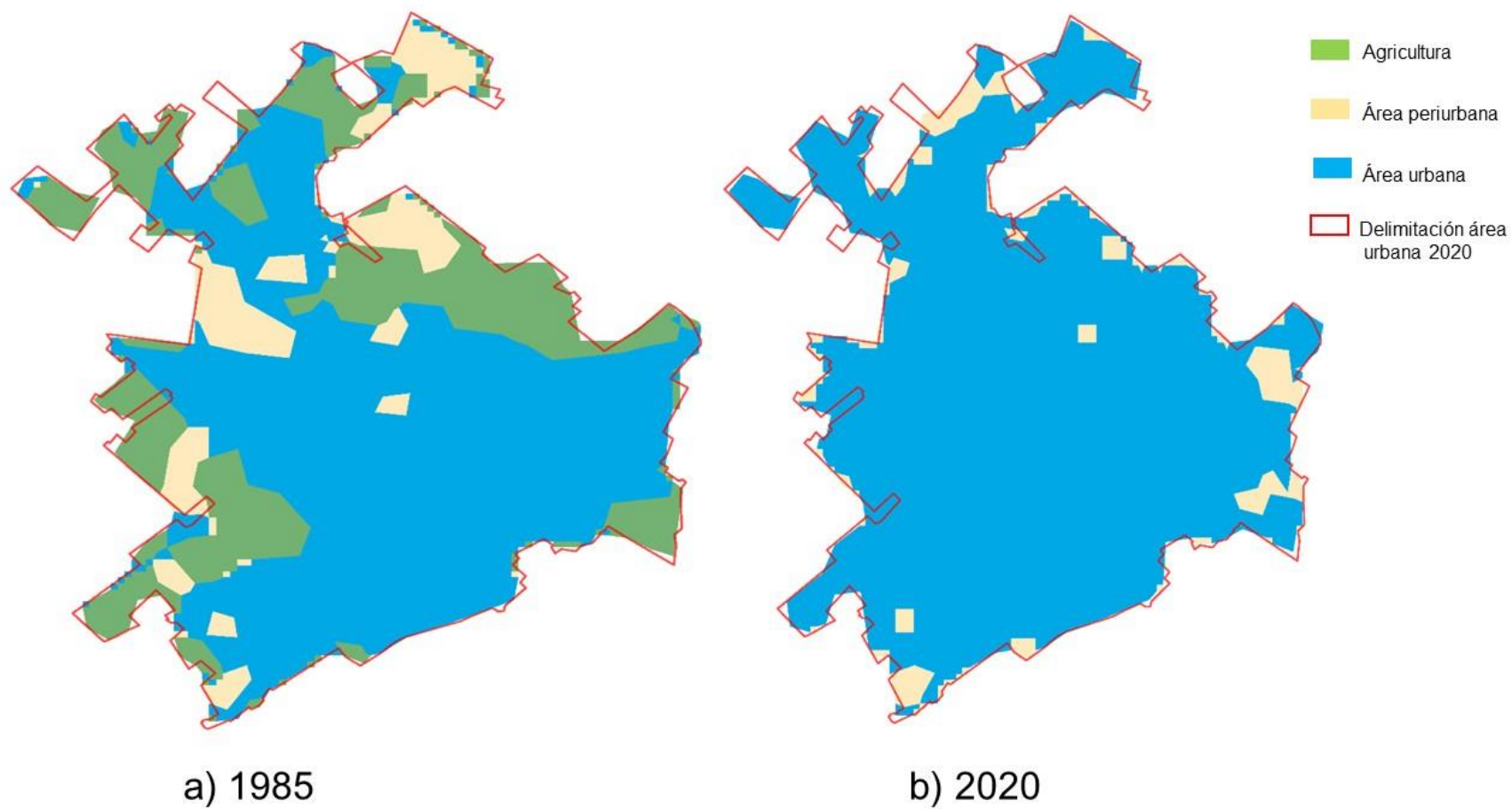


Figura 4. Clasificación de uso de suelo para la ciudad de Meoqui en el año 1985 y 2020.

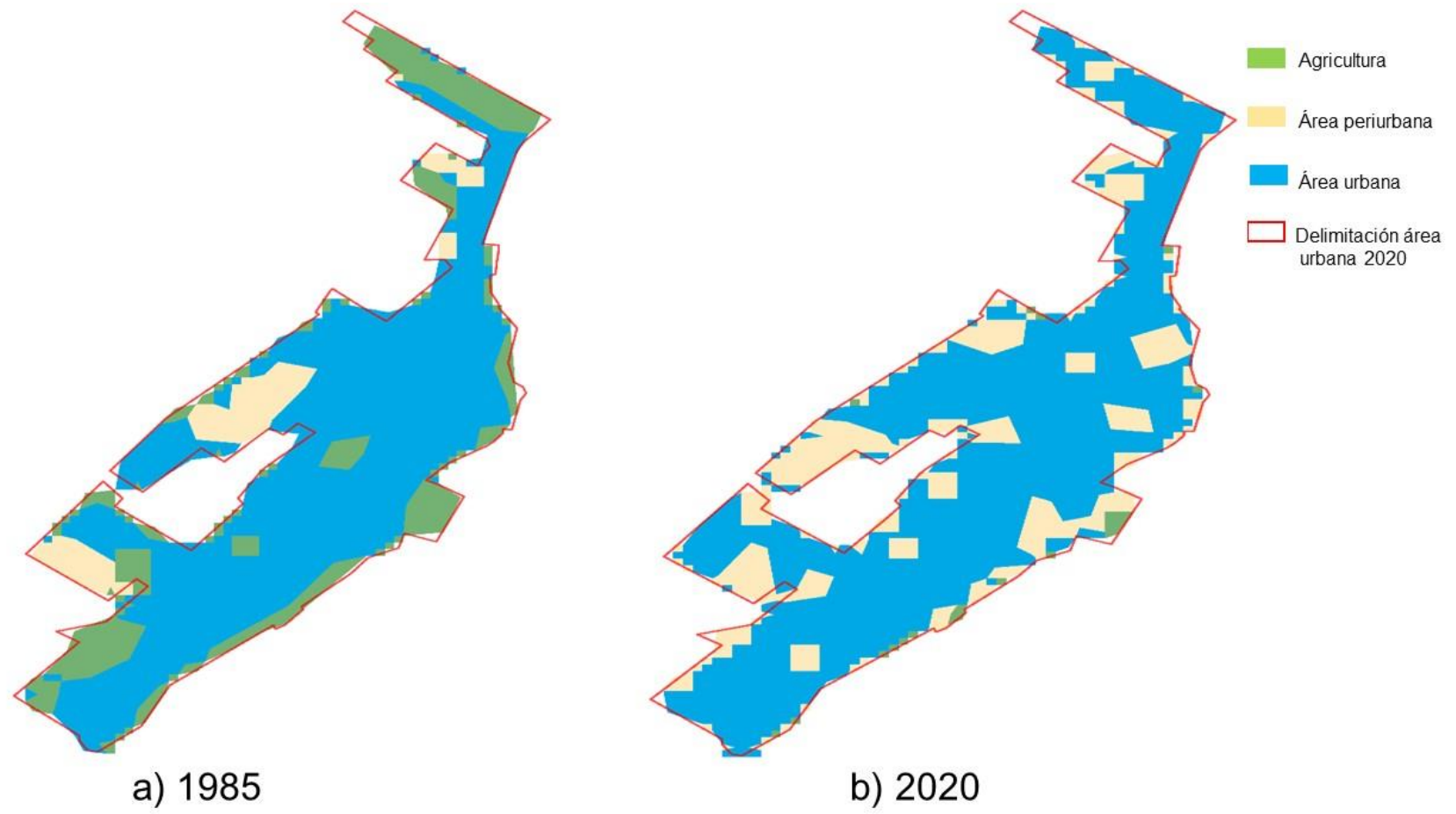


Figura 5. Clasificación de uso de suelo para la ciudad de Rosales en el año 1985 y 2020.

de las ciudades en todo el mundo, en un momento en que la densificación y el impacto es mayor, lo que limita el acceso a la tierra para la agricultura que a menudo provoca inseguridad alimentaria (FAO, 1999). Por lo general, la tierra agrícola más vulnerable es la adyacente a las áreas urbanas, que también es la más fértil y productiva. Las repercusiones que esto pueda tener en el sector agrícola, y en general en la economía del distrito de riego, pueden ser de una magnitud relevante. Esto es aún más evidente si se considera que la sustitución de suelo agrícola por cubierta urbana impermeable es casi irreversible (Lasisi *et al.*, 2017).

Finalmente, el marco metodológico propuesto sirve como una herramienta para explorar los posibles efectos relacionados con elecciones de políticas específicas, a fin de apoyar las intervenciones de planificación sostenible. Para promover el desarrollo sostenible y equitativo, este marco metodológico debe ser incluido sistemáticamente en las prácticas de ordenamiento territorial. De hecho, la planificación espacial correcta y debidamente calibrada es más necesaria que nunca, porque es precisamente a través de la reducción de la pérdida de suelo, la protección de ecosistemas valiosos y la preservación de suelos de alta calidad para la agricultura, que se puede incrementar y mitigar el cambio climático y así participar con los objetivos de sostenibilidad propuestos por la ONU.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio, se investigó el crecimiento poblacional, la expansión urbana de tres ciudades y la disminución del uso de suelo con aptitud agrícola en el DR-05.

La presión de la población sobre los usos del suelo de agricultura intensiva en la ciudad de Rosales se clasifica principalmente como segura, mientras que Delicias y Meoqui la evidencian una mayor presión. Factores de crecimiento de la población y actividades principales inherentes al desarrollo urbano (por ejemplo, educación, industria y comercio) tienen impacto en la disminución de las tierras agrícolas.

La expansión del suelo urbano en las ciudades de Delicias y Meoqui está asociada con una disminución en el uso de suelo con aptitud agrícola. En el caso de Rosales, la influencia no es importante dado que su crecimiento urbano está limitado por accidentes orográficos y los flujos del río San Pedro. Sin embargo, por el creciente nivel de industrialización y comercio, es probable que continúe la expansión urbana hacia los usos del suelo con aptitud agrícola en un futuro cercano. Los procesos y métodos desarrollados en este estudio, podrían ser útiles en la toma de decisiones en la planificación del territorio en áreas con aptitud agrícola, dando prioridad al desarrollo urbano en suelos no agrícolas (áreas periurbanas).

Para un mejor conocimiento de las relaciones de la influencia urbana en tierras agrícolas de uso intensivo, es necesario abordar estimaciones de coeficiente de variables socioeconómicas que proporcionen mejores evidencias en términos del impacto de la expansión urbana y otras fuerzas socioeconómicas.

En la promoción de un desarrollo sostenible en ciudades localizadas en distritos de riego, el marco metodológico desarrollado en este estudio debe ser incluido en los planes de ordenamiento territorial urbano.

LITERATURA CITADA

- Angel, S., S. C. Sheppard y D. L. Civco. 2005. The Dynamics of Global Urban Expansion. World Bank. Washington, D.C., USA.
- Arbury, J. 2005. From urban sprawl to compact city. An analysis of urban growth management in Auckland. Master's Thesis. Auckland University. Auckland. Australia.
- Bongaarts, J. 2009. Human population growth and the demographic transition. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 364: 2985-2990.
- Berling-Wolff, S. y J. Wu. 2004. Modeling urban landscape dynamics: A case study in Phoenix, USA. *Urban Ecosystems.* 7:215–240.
- Bocco, G., A. Velázquez y A. Torres. 2000. Ciencia, comunidades indígenas y manejo de recursos naturales. Un caso de investigación participativa en México. *Interciencia* 25:64-70.
- Castellanos, D. F. 2010. Aplicación de los sistemas de información geográfica en el ordenamiento territorial. *Ventana Informática* 22:39-53.
- Cervantes, R. E., S. L. Sánchez y G. A. Montano. 2020. Problemáticas socioambientales en torno al agua utilizada para actividades agrícolas en cinco municipios del estado de Chihuahua, México. *Sociedad y Ambiente* 22:124-151.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2018. Proyecciones de la Población de México y de las Entidades Federativas, 2016-2050. En: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>. Consultado 11 Octubre 2020.
- Comisión Técnico Consultiva de Coeficiente de Agostadero (COTECOCA). 1978. Estado de Chihuahua. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de Coeficientes de Agostadero. SAG. Mexico, D.F.
- Dima, S. J. y A. A. Ogunmokun. 2004. Urban and Peri-urban Agriculture in Namibia. In: *Urban Agriculture Magazine*. No. 12. RUAF.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1999. Spotlight Issues in urban agriculture Studies suggest that up to two-thirds of city and peri-urban households are involved in farming. En: <http://www.fao.org/ag/magazine/9901sp2.htm>. Consultado 28 Noviembre 2020.
- Gutiérrez A. J., M. G. D. Delgado y J. B. Sendra. 2010. Simulación de crecimiento urbano mediante evaluación multicriterio y TIG en el Gran San Miguel de Tucumán (Argentina). En *La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Ojeda, J., M. F. Pita y I. Vallejo, eds. Tecnologías de la Información Geográfica: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla.

- Haase, D., N. Kabisch y A. Haase. 2013. ¿Crecimiento urbano sin fin? Sobre el desajuste del crecimiento de la población, los hogares y la superficie urbana y sus efectos en el debate urbano. PLoS ONE 8: e66531.
- Hermida, M. A., A. Hermida., C. Cabrera, y C. Christian. 2015. La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad: El caso de Cuenca, Ecuador. EURE (Santiago) 41: 25-44.
- Hernández, M. A. 1998. El estudio del crecimiento de las poblaciones humanas. Papeles de Población. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?> Consultado 25 Abril 2019.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2019. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Estado de Chihuahua. En: www.inafed.gob.mx. Consultado 27 Abril de 2019.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2003. Posibilidades de Uso de la Tierra. Síntesis de Información Geográfica del estado de Chihuahua. INEGI. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2015. Población y Vivienda 2015. En: <https://www.inegi.org.mx/app/buscador/> Consultado 11 Enero 2020.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2020. Censos y Conteos de Población y Vivienda 2020. En: <https://www.inegi.org.mx/app/buscador/> Consultado 11 Enero 2020.
- Jianga, I., D. Xiangzheng y K. C. Setoc. 2013. The impact of urban expansion on agricultural land use intensity in China. Land Use Policy 35: 33-39.
- Lasisi, M., A. Popoola, A. Adedijii, O. Adedijii y K. Babalola. 2017. City Expansion and Agricultural Land Loss within the Peri-Urban Area of Osun State, Nigeria. Ghana J. Geogr. 9:132-163.
- Malarvizhi, K., S. Vasantha Kumar. y P. Porchelvan. 2016. Use of High Resolution Google Earth Satellite Imagery in Landuse Map Preparation for Urban Related Applications. Proc. Tech. 24:1835-1842.
- Metternicht, G. 2006. Consideraciones acerca del impacto de Google Earth en la valoración y difusión de los productos de georrepresentación. GeoFocus (Editorial) 6: 1-10.
- Olvera, S. M. D., W. Ojeda., G. Bahena y O. Alpuche. 2014. Participación y apropiación de la modernización y tecnificación del riego en Chihuahua México. Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental 35: 47-61.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2015. World urbanization prospects. División de Población de las Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. The 2014 revisión. Nueva York. EUA.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2020. Población. División de Población de las Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos

- y Sociales. Nueva York. En: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html> Consultado 20 Marzo 2021.
- Ortega, G.D. 2013. Factores socioculturales que limitan la gestión y el uso sustentable del agua: el caso del Distrito de Riego 005 Delicias, Chihuahua. Artículos y Ensayos de Sociología Rural. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Texcoco, Edo. De México.
- Plata, R. W. 2010. Descripción, análisis y simulación del crecimiento urbano mediante Tecnologías de la Información Geográfica. El caso de Comunidad de Madrid. Tesis doctoral, Universidad de Alcalá. España.
- Programa de Acción de la Conferencia Internacional sobre Población y Desarrollo (CIPD). 2014. Fondo de Población de las Naciones Unidas. En: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/ICPD_programme_of_action_es.pdf Consultado 25 Marzo 2021.
- Putri, R. F., M. Naufal, M. Nandini, D. S. Dwiputra, S. Wibirama y J. T. S. Sumantyo. 2019. The Impact of Population Pressure on Agricultural Land towards Food Sufficiency (Case in West Kalimantan Province, Indonesia). Earth Environ. Sci. 256:1-18.
- Putri, R. F., S. Wibirama y S. Giyarsih. 2018. Population condition analysis of Jakarta land deformation area. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 148: 120-127.
- Reyes, C. I., J. L. Vázquez, R. Ledesma, M. C. Reyes y Barrera. 2006. As en el sistema hidrogeológico del valle de Delicias, Chihuahua, México. Geos. 26:21- 40.
- Rodríguez, J. A. 2000. Geophysical, Geochemical and Remote Sensing Investigation of the Water Resources at the City of Chihuahua, México. Doctoral Dissertation. The University of Texas at El Paso, EUA.
- Salinas, V. E. y L. Bustamante. 2014. ¿Baja Densidad o Baja Urbanidad? Tipologías de Uso de Suelo y Vegetación. Urbano 29:21-30.
- Villalobos, C, O., E. Santellano, E. Sánchez, P. F. Mancillas, M. Martínez, C. Morales y M. E. Esparza. 2020. Diagnóstico y evaluación del uso y aprovechamiento del agua en el Distrito de Riego 05-Delicias, Chihuahua, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 7:1-15.
- Villalba, M., L. Colmenero., G. Estrada., M. Royo., A. Pinales y A. García. 2013. Alternativas para reducir arsénico en agua para zonas rurales del estado de Chihuahua. En Flúor y arsénico en agua de consumo humano: retos y perspectivas. Alarcón, M., A. Martín e I. Martín (coords.). CIMAV. Chihuahua. México.
- Willems, Peter y D. N. Guido. 2002. Herramientas de SIG Como soporte a la Planificación Territorial dentro del estudio de Ordenamiento Territorial de las Laderas Sur – Orientales del Volcán Pichincha en Quito, Ecuador. Página 17 en Memorias del X Congreso de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Quito, Ecuador.

UN-Hábitat. 2010. State of the world's cities 2010/2011: Bridging the urban divide.
London: Earthscan. London. Washington, D.C. USA