

# Resiliencia Urbana y ZEDEC: Estrategias para la Gestión de Riesgos y Administración del Suelo en Chihuahua, Chihuahua, México

Ireyli Zuluamy Iracheta-Lara<sup>1</sup>

Alma Denisse Quintana Chávez<sup>2</sup>

Lili Ana Méndez Rentería<sup>3</sup>

## Resumen

Chihuahua, enfrenta desafíos significativos en términos de gestión de riesgos antrópicos y de planificación debido a su ubicación en una región semiárida propensa a eventos climáticos extremos. En este contexto, fomentar la resiliencia urbana y establecer Zonas de Desarrollo Controlado (ZEDEC) emergen como estrategias clave para mitigar los impactos negativos de las inundaciones, deslizamientos, contaminación y destrucción de la zona de preservación ecológica; y así, garantizar un desarrollo territorial sostenible en la ciudad. Las ZEDEC son áreas a las que se les designa regulaciones específicas para normar el desarrollo urbano y la conservación ambiental del entorno; por su parte, el ZEDEC 2 establece una propuesta para minimizar riesgos por inundaciones y deslizamientos de suelo.

El problema central del Centro de Población de Chihuahua radica en la creciente vulnerabilidad de la población y la infraestructura urbana frente a eventos climáticos extremos (riesgos de inundación, deslizamientos, olas de calor), exacerbados por el cambio climático y el crecimiento urbano no planificado. La ocupación de áreas susceptibles a inundaciones y la falta de regulación en la planificación del uso del suelo han aumentado la exposición de la ciudad a estos riesgos, poniendo en peligro la seguridad y el bienestar de sus habitantes. En este contexto, fomentar la resiliencia urbana mediante el establecimiento de ZEDEC se presenta como una estrategia fundamental para fortalecer la capacidad de la ciudad para resistir, adaptarse y recuperarse de los impactos de los eventos climáticos extremos.

Es así como la investigación abordará: 1) Definir la situación actual de Chihuahua en términos de vulnerabilidad y riesgos; 2) Analizar el papel de ZEDEC en la gestión de riesgos de inundación, deslizamientos y la promoción de la resiliencia urbana en la ciudad; 3) Identificar desafíos y oportunidades para la implementación efectiva de medidas de adaptación y mitigación en el nuevo plan de desarrollo urbano.

En este sentido, ZEDEC se presenta como una herramienta clave para regular el crecimiento urbano y minimizar los riesgos asociados con la ocupación de áreas vulnerables. Sin embargo, la implementación efectiva de estas medidas enfrenta desafíos relacionados con la coordinación interinstitucional, la participación ciudadana y la asignación de recursos.

En conclusión, el estudio destacará la importancia de integrar la resiliencia urbana en la planificación del uso del suelo como una estrategia efectiva para gestionar los riesgos de inundación y promover un desarrollo urbano sostenible en Chihuahua. Se plantean entonces

---

<sup>1</sup> Ireyli Zuluamy Iracheta-Lara, Doctor en Philosophia, Universidad Autónoma de Chihuahua, iiracheta@uach.mx.

<sup>2</sup> Alma Denisse Quintana Chávez, Maestro en Desarrollo Urbano, Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua, Denisse.quintana@implanchihuahua.org.

<sup>3</sup> Lili Ana Méndez Rentería, Licenciado en Derecho, Consejo Municipal de Ordenamiento Territorial y Planeación Urbana del Municipio de Chihuahua, lili\_mendez\_r@hotmail.com.

sugerencias para futuras investigaciones y acciones de políticas públicas en esta área, con el objetivo de avanzar hacia una ciudad más segura, resiliente y sostenible para todos sus habitantes.

**Conceptos clave:** Resiliencia Urbana, Zonas de Desarrollo Controlado (ZEDEC) y Gestión Territorial.

## Introducción

La resiliencia urbana se ha convertido en un concepto clave en la planificación, ordenamiento y gestión del desarrollo urbano contemporáneo, especialmente en ciudades que enfrentan riesgos significativos como inundaciones, deslizamientos de tierra y presencia de fenómenos climáticos extremos de manera recurrente. La ciudad de Chihuahua, ubicada en el norte de México, no es una excepción. Este municipio ha experimentado un crecimiento urbano acelerado en las últimas décadas, lo que ha incrementado su vulnerabilidad a diversos riesgos naturales (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2020). En este contexto, la implementación de Zonas de Desarrollo Controlado (ZEDEC) como áreas designadas con regulaciones específicas para equilibrar el desarrollo y la conservación ambiental, nacen como una estrategia innovadora para la gestión de riesgos y la administración sostenible del suelo urbano.

La definición y regulación de los ZEDEC se fundamentan en la necesidad de equilibrar el desarrollo urbano-territorial con la conservación del medio ambiente y la mitigación de riesgos. Estas zonas están diseñadas para controlar la expansión urbana, proteger áreas ecológicamente sensibles y reducir la exposición de la población a riesgos naturales (Gómez & Ortega, 2018). En particular, en Chihuahua, la unión de los ríos Sacramento y Chuiscar presenta un desafío significativo debido a la susceptibilidad de estas áreas a inundaciones durante la temporada de lluvias (INEGI, 2020).

La resiliencia urbana se fundamenta en la capacidad de las ciudades para absorber, recuperarse y adaptarse a los impactos adversos, tal como se describe en el marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (UNISDR, 2015). En este sentido, las ZEDEC ofrecen una plataforma para implementar prácticas de gestión del suelo que integren la resiliencia como un componente central. La investigación de Godschalk (2003) destaca que las estrategias de resiliencia urbana deben incluir la protección de infraestructuras críticas, la planificación de uso del suelo basada en riesgos y la participación comunitaria para asegurar la efectividad de las medidas adoptadas. Esto es particularmente relevante en Chihuahua, donde la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos de tierra puede ser mitigada mediante una planificación proactiva y regulaciones estrictas dentro de las ZEDEC (Burby *et al.*, 2000).

La planificación urbana sostenible es crucial para enfrentar los desafíos ambientales y sociales que surgen del rápido crecimiento urbano. Según Newman y Kenworthy (1999), las ciudades sostenibles son aquellas que minimizan su impacto ambiental mediante el uso eficiente de recursos y la implementación de políticas que fomenten la equidad social y la economía local. En este contexto, la incorporación de ZEDEC se alinea con la necesidad de crear entornos urbanos resilientes que puedan adaptarse a los cambios climáticos y reducir los riesgos naturales (Beatley, 2009). La planificación urbana en Chihuahua debe considerar estos principios para mitigar los efectos de eventos climáticos extremos y promover un desarrollo urbano que sea tanto viable como sostenible a largo plazo (Newman & Jennings, 2008).

Diversos estudios han subrayado la importancia de incorporar principios de resiliencia en la planificación urbana para reducir la vulnerabilidad de las ciudades frente a eventos extremos (Meerow *et al.*, 2016; Ahern, 2011). La resiliencia urbana no solo implica la capacidad de una ciudad para resistir y recuperarse de desastres, sino también para adaptarse y transformarse en respuesta a cambios y amenazas futuras (Jabareen, 2013). En este sentido, los ZEDEC de Chihuahua buscan integrar criterios de sostenibilidad y resiliencia a través de normativas específicas que regulan la densidad de construcción, el uso de materiales sostenibles, técnicas de innovación bioclimática, aprovechamiento de servicios ecosistémicos y la conservación de espacios verdes (Rueda, 2018).

El Plan Tabalaopa-Concordia, que abarca la zona oriente del municipio de Chihuahua, establece directrices claras para el uso del suelo y la gestión de recursos hídricos, incorporando prácticas de desarrollo urbano sostenible (SEDATU, 2019). Este plan incluye la delimitación de áreas con riesgo de inundación y deslaves, así como la promoción de prácticas de construcción que favorezcan la permeabilidad del suelo y la gestión eficiente del agua de lluvia (Martínez *et al.*, 2020). Estas medidas son fundamentales para reducir la vulnerabilidad de la ciudad y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

La implementación de ZEDEC también enfrenta desafíos significativos, entre ellos, la necesidad de una coordinación efectiva entre diferentes niveles de gobierno y la participación ciudadana de la comunidad en la planificación y ejecución de proyectos urbanos (Lerner & Eakin, 2011). Además, la disponibilidad de recursos financieros y técnicos es crucial para llevar a cabo las medidas propuestas y asegurar su sostenibilidad a largo plazo (Revi *et al.*, 2014).

Un estudio de Adger *et al.* (2005) señala que la gobernanza efectiva y la colaboración entre múltiples actores son esenciales para desarrollar políticas de resiliencia que sean integrales y sostenibles. Además, la investigación de Berkes y Ross (2013) sugiere que la construcción de capacidades locales y el empoderamiento comunitario son cruciales para la adopción exitosa de medidas de resiliencia. En Chihuahua, esto implica fortalecer la capacidad de las autoridades locales para gestionar proyectos urbanos resilientes y fomentar la participación de la comunidad en la toma de decisiones (Lemos & Agrawal, 2006).

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo general evaluar la efectividad de las ZEDEC en Chihuahua como estrategia para mejorar la resiliencia urbana frente a riesgos naturales. A través de un enfoque multidisciplinario, el estudio integra aspectos técnicos, normativos y comunitarios, buscando proporcionar una visión integral de cómo las ciudades pueden adaptarse a los desafíos del siglo XXI y promover un desarrollo urbano-territorial sostenible y resiliente. Es así como el estudio abordará tres objetivos específicos: 1) Definir la situación actual de Chihuahua en términos de vulnerabilidad y riesgos; 2) Analizar el papel de ZEDEC en la gestión de riesgos de inundación, deslizamientos y la promoción de la resiliencia urbana en la ciudad; 3) Identificar desafíos y oportunidades para la implementación efectiva de medidas de adaptación y mitigación en el nuevo plan de desarrollo urbano.

El análisis de la resiliencia urbana de Chihuahua mediante un enfoque basado en la evaluación detallada de las Zonas de Desarrollo Controlado (ZEDEC) en la zona nororiental del municipio, específicamente en la sección conocida como Junta de los Ríos se caracteriza por la confluencia de los ríos Sacramento y Chuiscar, presenta desafíos significativos para la gestión de riesgos debido a su susceptibilidad a crecidas repentinas y desbordamientos durante la temporada de lluvias. Utilizando datos cartográficos detallados, modelos hidrológicos de simulación de

eventos extremos y técnicas de geoprocusamiento, la investigación se enfoca en identificar las áreas de mayor riesgo de inundación y deslizamientos de tierra, estableciendo un marco técnico y normativo para la implementación de prácticas de resiliencia urbana.

La metodología combina el uso de modelos digitales de elevación, mapas de uso del suelo, imágenes satelitales y datos hidrológicos para analizar la distribución del riesgo en el área de estudio. Además, se aplicaron métodos geotécnicos estándar para evaluar la estabilidad del suelo en pendientes pronunciadas y se utilizó el software ArcGIS para procesar y evaluar la elevación y el uso del suelo. Este enfoque permite identificar zonas urbanas y periurbanas con infraestructuras vulnerables a fenómenos climáticos extremos y desarrollar estrategias de mitigación y adaptación que mejoren la resiliencia de la ciudad ante futuros eventos naturales adversos.

Mediante un enfoque multidisciplinario, la caracterización detallada de los usos del suelo en áreas cercanas a cuerpos de agua, la identificación de infraestructuras vulnerables y el desarrollo de propuestas de regulación, buscan equilibrar el desarrollo urbano con la conservación ambiental. La integración de modelos hidrológicos, análisis geotécnicos y herramientas avanzadas de geoprocusamiento proporciona una base sólida para fortalecer la capacidad de adaptación de la ciudad de Chihuahua frente a los crecientes desafíos climáticos del siglo XXI.

Los hallazgos de esta investigación subrayan la importancia de las Zonas de Desarrollo Controlado (ZEDEC) como un instrumento regulatorio fundamental para gestionar el crecimiento urbano de manera sostenible. Estas zonas permiten reducir la exposición a riesgos naturales y fomentan la conservación de espacios verdes. Además, se demuestra que la implementación de prácticas de gestión del suelo, basadas en datos empíricos y en la participación de la comunidad, facilita la creación de un modelo de desarrollo urbano capaz de mitigar los impactos negativos y promover una coexistencia equilibrada entre el entorno construido y el natural, garantizando la calidad de vida de los habitantes de Chihuahua en el largo plazo.

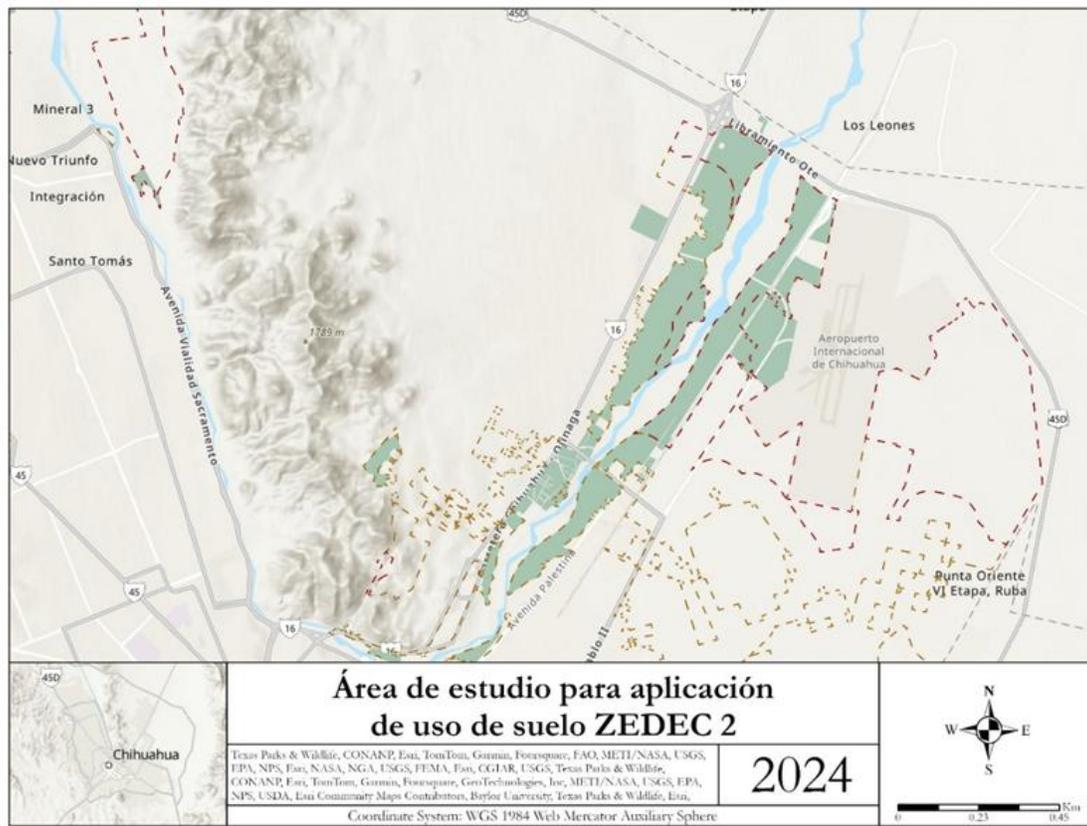
## **Materiales y Métodos**

### **Definición del área de estudio**

El área de estudio se encuentra en la zona nororiente del Municipio de Chihuahua, México (Figura 1). Esta zona se caracteriza por sus variados paisajes, que van desde zonas urbanizadas hasta áreas rurales y naturales. En la sección Junta de los Ríos, se encuentra el punto de confluencia de los ríos Sacramento y Chuviscar, lo que añade complejidad a la gestión de riesgos de inundación debido a la posibilidad de crecidas repentinas y desbordamientos en épocas de lluvias intensas (SMN-CONAGUA, 2024).

La zonificación secundaria de los usos de suelo en el municipio de Chihuahua se desarrolló mediante un proceso sistemático que integra criterios técnicos y normativos diversos. Se adquirieron datos cartográficos detallados del área de estudio, incluyendo modelos digitales de elevación, mapas de uso del suelo existentes y datos hidrológicos de los ríos Sacramento y Chuviscar e imágenes satelitales de diversas resoluciones; así como la restitución cartográfica de la Subdirección de Catastro.

Figura 1. Área de estudio de la zona de ZEDEC 2



Fuente: Elaboración propia con información del Plan Municipal de Desarrollo del Centro de Población, 7ma actualización PDU2040.

### Identificación de Zonas de Riesgo

Para identificar las zonas de inundación potencial a lo largo del río Sacramento y otras áreas propensas a crecidas repentinas, se utilizaron modelos hidrológicos de simulación de eventos extremos, basados en datos históricos de precipitaciones obtenidos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2022), y se aplicaron métodos geotécnicos estándar para evaluar la estabilidad del suelo en pendientes pronunciadas. Estos modelos incorporaron datos históricos de precipitaciones, flujos de agua y características geomorfológicas del terreno, proporcionando una evaluación precisa de las áreas de riesgo de inundación (Atlas Municipal de Riesgos de Chihuahua, 2014<sup>42</sup>).

Para la determinación de riesgos por deslaves se realizó una evaluación geotécnica para identificar áreas con alta susceptibilidad a deslizamientos. Esta evaluación incluyó el análisis detallado de pendientes, la caracterización de los tipos de suelo y el examen de la cobertura vegetal existente, lo cual permitió determinar las zonas de mayor vulnerabilidad a eventos de deslizamiento de tierra. Los datos cartográficos fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y procesados utilizando software ArcGIS 10.8 para evaluar la elevación y el uso del suelo.

Se llevó a cabo una identificación de áreas urbanas y periurbanas donde la infraestructura es especialmente vulnerable a lluvias torrenciales. Esto incluyó la revisión exhaustiva de registros

históricos de daños por inundaciones (CONAGUA, 2022) y un análisis detallado de la capacidad de drenaje de las áreas urbanizadas.

## **Resultados**

El Río Sacramento atraviesa el área de estudio y desempeña un papel fundamental en la configuración del paisaje y el desarrollo urbano. Las áreas circundantes al río presentan una combinación de pastizal, terrenos agrícolas y asentamientos humanos, lo que refleja la diversidad de usos del suelo en la región (PDUCP-IMPLAN, 2024). Esta configuración compleja y multifuncional plantea desafíos significativos para la planificación del desarrollo territorial, particularmente en la integración de prácticas de gestión de riesgos y conservación ambiental. Los datos recogidos muestran que las áreas adyacentes al río son críticas tanto para la conservación de los ecosistemas naturales como para el desarrollo urbano sostenible. El análisis del uso del suelo reveló que los terrenos agrícolas y los asentamientos humanos en las inmediaciones del río están expuestos a riesgos como inundaciones y erosión, lo que subraya la necesidad de estrategias de desarrollo que equilibren la expansión urbana con la conservación de los recursos naturales.

## **Planificación urbana y gestión de riesgos en la zona oriente de Chihuahua**

En la zona oriente del Municipio de Chihuahua, bajo el Plan Tabalaopa – Concordia, se identificó una amplia gama de usos del suelo, que incluye áreas residenciales, comerciales, industriales y agrícolas. Esta diversidad de usos del suelo contribuye a la complejidad de la planificación urbana y la gestión de riesgos. La coexistencia de actividades industriales y agrícolas con desarrollos residenciales y comerciales aumenta la vulnerabilidad a riesgos como inundaciones y deterioro de infraestructura crítica (PDUCP-IMPLAN, 2024).

El análisis de riesgos realizado en esta área indicó que las zonas residenciales y comerciales son especialmente susceptibles a inundaciones debido a la impermeabilidad del suelo y la proximidad a cuerpos de agua. Además, la infraestructura industrial y agrícola, aunque menos vulnerable a inundaciones, enfrenta riesgos relacionados con la gestión de residuos y la contaminación ambiental.

## **Regulaciones de desarrollo urbano y conservación de espacios verdes**

Se determinó que los desarrollos de vivienda en las Zonas Especiales de Desarrollo Controlado (ZEDEC) podrán tener hasta un máximo de cuatro niveles de altura, conforme a la normativa de dosificación correspondiente. Esta medida fue implementada para controlar la densidad poblacional y reducir la presión sobre la infraestructura urbana y los servicios públicos. La limitación en la altura de los edificios también busca minimizar el impacto visual y mantener la estética del entorno urbano. Además, se especificó que los lotes con frente a vía pública deben construir sus bardas con materiales aparentes como piedra, tabique y/o block hasta una altura de 1.20 m, permitiendo la transparencia visual hasta una altura total de 2.50 m. Esta regulación tiene como objetivo mejorar la estética urbana y promover la seguridad, al proporcionar una visibilidad clara que disuada el vandalismo y otros comportamientos delictivos.

Se estableció que la superficie libre de construcción deberá representar al menos el 60% de la superficie total del predio, promoviendo la permeabilidad del suelo y facilitando la infiltración

de agua. Esta medida es crucial para reducir el riesgo de inundaciones y mejorar la gestión de recursos hídricos en la región. En fraccionamientos, se garantiza que este porcentaje se integre dentro de cada lote, promoviendo un desarrollo equilibrado que favorezca la sostenibilidad ambiental (Figura 2).

Figura 2. Zona de la Ciudad de Chihuahua promovida con uso de suelo de ZEDEC 2.



Fuente: Información de Alberto Hernandez Segura.

Finalmente, se determinó que toda área de desplante para el uso de suelo en las ZEDEC debe ubicarse a una distancia mínima de 5 metros respecto al límite con el área de preservación ecológica. Esta medida asegura la protección de áreas ecológicas sensibles y promueve un desarrollo urbano que respeta y conserva los recursos naturales generando entonces un área de transición a usos con mayor potencial de edificación y densificación. Además, se estableció la normativa que requiere que las áreas de donación para áreas verdes colinden con las áreas de preservación ecológica, lo que asegura la rehabilitación, integración y congruencia de la sostenibilidad ambiental con el entorno físico, mejorando la calidad de vida de los habitantes. En el cuadro 1 se resalta condicionantes generadas para los giros permitidos y condicionados que permiten regular actividades económicas en la zona.

Cuadro 1. Condicionantes generadas para los giros permitidos y condicionados regulan actividades económicas en la zona

**CONDICIONANTE**

<b>1</b>	Asegurar la protección de los usuarios en relación con usos impactantes colindantes.
<b>2</b>	Estudio de impacto vial que solucione el tráfico vehicular y peatonal que generan y establecer las medidas de protección necesarias para los usuarios y habitantes de la zona, estableciendo la corresponsabilidad pública y/o privada respecto a la construcción de obras necesarias.
<b>3</b>	Condicionados a que no alteren la tranquilidad de la zona habitacional ni congestionen las vialidades.
<b>4</b>	Acciones que requieren autorización de impacto territorial y urbano, emitido por el estado.
<b>5</b>	Sujetos a un estudio de impacto urbano y ambiental. En el caso de estaciones de servicio o gaseras, el impacto ambiental o de riesgo se estará a la competencia federal.
<b>6</b>	Condicionada su localización en vialidades colectoras o de mayor jerarquía vial (no se permite en vialidades locales).
<b>7</b>	Sujeto a plan maestro de urbanización.

Fuente: Elaboración propia con información del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua, visión 2040, séptima actualización.

**Discusión**

El Río Sacramento, al atravesar el área de estudio, juega un papel crucial en la configuración del paisaje y el desarrollo urbano. Estudios previos en territorios similares han demostrado que los ríos y cuerpos de agua son fundamentales para la biodiversidad y la sostenibilidad urbana (Allan, 2004; Nilsson *et al.*, 2005). La presencia del río proporciona beneficios biofísicos, la regulación mediante servicios ecosistémicos como la regulación del clima y el ciclo del agua, también plantea desafíos significativos en términos de gestión de riesgos y desarrollo sostenible (McPhearson *et al.*, 2016).

La combinación de pastizal natural, terrenos agrícolas y asentamientos humanos en las proximidades del río crea una situación compleja para la planificación de los usos de suelo que se establecerán. Esta heterogeneidad de usos y destinos del suelo es esencial para mantener las funciones ecológicas y la resiliencia del paisaje, pero también requiere un enfoque de gestión integrado que equilibre la expansión urbana con la conservación de los recursos naturales (Opdam *et al.*, 2006). La literatura respalda la necesidad de políticas de zonificación que consideren la multifuncionalidad del paisaje y promuevan la conectividad ecológica para mantener la salud del ecosistema y la calidad de vida urbana (Alberti, 2005).

El análisis del uso del suelo en áreas agrícolas y residenciales cerca del Río Sacramento subraya la necesidad de desarrollar estrategias de manejo de riesgos que equilibren la producción agrícola con la protección ambiental. Estudios han señalado que la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, como el uso de cultivos de cobertura y técnicas de conservación del suelo, puede reducir significativamente la erosión y mejorar la retención de agua en el suelo (Lal, 2001;

Pimentel *et al.*, 1995). Además, la planificación urbana debe incorporar zonas de amortiguamiento y cinturones verdes que actúen como barreras naturales contra la erosión y las inundaciones, protegiendo tanto a los cultivos como a las comunidades residenciales (Schwilch *et al.*, 2012). Estas medidas no solo mejoran la resiliencia del paisaje, sino que también promueven la sostenibilidad y la productividad agrícola a largo plazo.

La diversidad de usos del suelo en la zona oriente del Municipio de Chihuahua plantea desafíos significativos para la planificación urbana y la gestión de riesgos. Estudios previos han destacado que la coexistencia de actividades industriales, agrícolas y residenciales aumenta la complejidad de la gestión de riesgos, especialmente en áreas propensas a desastres naturales como inundaciones (Ribeiro & Gonçalves, 2019; Wu *et al.*, 2011). La impermeabilidad del suelo en áreas urbanizadas y la proximidad a cuerpos de agua incrementan la vulnerabilidad a inundaciones, subrayando la necesidad de estrategias de planificación que integren medidas de mitigación de riesgos y conservación de recursos naturales (Hollis, 1975; Zhu *et al.*, 2020).

La coexistencia de infraestructura crítica, como instalaciones industriales y agrícolas, con desarrollos residenciales en la zona oriente de Chihuahua plantea un gran desafío y responsabilidad para la gestión de riesgos. La vulnerabilidad de estas infraestructuras a desastres naturales puede tener consecuencias graves, incluyendo la interrupción de servicios esenciales y la contaminación ambiental (Kappes *et al.*, 2012). La investigación sugiere que la adopción de un enfoque de planificación integrado que incorpore evaluaciones de riesgos y medidas de mitigación puede reducir significativamente la vulnerabilidad de estas infraestructuras (Birkmann *et al.*, 2010). Esto incluye la implementación de estándares de construcción más estrictos, la creación de sistemas de alerta temprana y la preparación de planes de respuesta ante emergencias que involucren a todas las partes interesadas (Alexander, 2002).

La regulación de la altura de los edificios y la implementación de medidas para mejorar paisaje urbano y promover la seguridad son pasos positivos hacia la creación de comunidades más resilientes y sostenibles. Sin embargo, es crucial que estas medidas se acompañen de estrategias de gestión de recursos hídricos y de infraestructura verde que reduzcan el riesgo de inundaciones y mejoren la capacidad de respuesta ante desastres (Berndtsson, 2010; Ahern, 2011).

La conservación de espacios verdes y la integración de áreas ecológicas en la planificación urbana son esenciales para la sostenibilidad a largo plazo. La literatura sugiere que la proximidad de áreas verdes y ecológicas a los desarrollos urbanos puede mejorar la salud pública, reducir el estrés térmico y promover la biodiversidad (Gill *et al.*, 2007; Tzoulas *et al.*, 2007). Las medidas implementadas para asegurar que las áreas de donación para áreas verdes colinden con áreas de preservación ecológica son consistentes con los principios de diseño urbano sostenible que fomentan la conectividad ecológica y la resiliencia del paisaje urbano (Benedict & McMahon, 2006; Hansen *et al.*, 2017).

La integración de áreas verdes en la planificación urbana tiene beneficios significativos para la calidad de vida de los residentes. La literatura científica sugiere que los espacios verdes urbanos no solo mejoran la salud física y mental de las personas, sino que también contribuyen a la mitigación del cambio climático y la mejora de la calidad del aire (Tzoulas *et al.*, 2007; Wolch *et al.*, 2014). En Chihuahua, asegurar que las áreas de donación para áreas verdes colinden con áreas de preservación ecológica puede maximizar estos beneficios, creando corredores verdes que conecten diferentes partes de la ciudad y promuevan la biodiversidad urbana (Benedict &

McMahon, 2006). Esta estrategia es crucial para desarrollar un entorno urbano sostenible y resiliente, que apoye el bienestar de sus habitantes y la conservación de los recursos naturales.

Las inundaciones y la erosión en áreas adyacentes a cuerpos de agua, como el Río Sacramento, representan un riesgo significativo para los asentamientos humanos y la infraestructura. Investigaciones previas han demostrado que las áreas urbanas cercanas a ríos son particularmente vulnerables a estos fenómenos debido a la impermeabilidad del suelo y la alteración del curso natural del agua (Brody *et al.*, 2011). En el caso de Chihuahua, esta vulnerabilidad se agrava por la falta de infraestructura adecuada para manejar el flujo de agua durante las temporadas de lluvias intensas, lo que resulta en daños a propiedades y pérdidas económicas considerables (Pelling, 2003). Es crucial implementar medidas de mitigación que incluyan la construcción de infraestructuras verdes, como parques inundables y sistemas de drenaje sostenible, para reducir el impacto de las inundaciones y la erosión en estas áreas (Míguez *et al.*, 2009).

Al garantizar que una parte significativa de los predios permanezca libre de construcción y se promueva la permeabilidad del suelo, se contribuye a la gestión eficiente de los recursos hídricos y se reduce el riesgo de inundaciones (Fletcher *et al.*, 2015). La literatura apoya la integración de estas prácticas en la planificación urbana como una forma eficaz de mitigar los impactos negativos del desarrollo urbano en el medio ambiente y mejorar la calidad de vida de los residentes (Brabec *et al.*, 2002; Paul & Meyer, 2001).

Existen ejemplos internacionales que ilustran cómo la implementación de zonas de desarrollo controlado ha contribuido a la resiliencia urbana. La ciudad de Copenhague, por ejemplo, ha desarrollado áreas urbanas que integran infraestructura verde y sistemas de drenaje sostenible para reducir el riesgo de inundaciones (Jha *et al.*, 2012). Asimismo, ciudades como Rotterdam han adoptado enfoques innovadores en la gestión del agua y el diseño urbano para adaptarse a los desafíos climáticos (Bosch Slabbers & Rovers, 2015). Estos casos destacan la importancia de las ZEDEC como herramientas efectivas para mejorar la resiliencia urbana y pueden servir como modelos para Chihuahua en la implementación de sus propias estrategias de desarrollo sostenible y gestión de riesgos.

Las Zonas Especiales de Desarrollo Controlado (ZEDEC) ofrecen un marco regulatorio que puede equilibrar eficazmente la conservación ambiental con el desarrollo urbano. La literatura destaca que las ZEDEC pueden ayudar a preservar los espacios verdes y las áreas ecológicas, contribuyendo a la salud pública y el bienestar al proporcionar lugares para la recreación y la conexión con la naturaleza (Hartig *et al.*, 2014). Además, estas zonas promueven prácticas de construcción sostenibles y la integración de infraestructuras verdes que mejoran la gestión de aguas pluviales y reducen el riesgo de inundaciones (Ahern, 2007). En Chihuahua, la implementación de ZEDEC podría servir como un modelo para otras ciudades enfrentando desafíos similares, demostrando cómo la planificación urbana puede apoyar tanto la resiliencia ambiental como el desarrollo económico (Jabareen, 2013).

La integración de tecnologías avanzadas en la gestión de riesgos es otro aspecto crucial para mejorar la resiliencia urbana en Chihuahua. Los Sistemas de Información Geográfica (GIS) y los sistemas de alerta temprana pueden proporcionar datos precisos y en tiempo real sobre riesgos naturales, facilitando la toma de decisiones informada (Goodchild, 2007). Según Cutter *et al.* (2008), el uso de GIS en la planificación urbana permite identificar áreas vulnerables, evaluar riesgos y diseñar estrategias de mitigación más efectivas. La implementación de ZEDEC puede

beneficiarse significativamente de estas tecnologías, mejorando la capacidad de la ciudad para anticipar y responder a eventos climáticos extremos.

La participación ciudadana es fundamental para el éxito de las ZEDEC y la resiliencia urbana. Estudios han demostrado que la involucración activa de los residentes en la planificación y gestión urbana no solo mejora la efectividad de las políticas, sino que también fortalece la cohesión social y el sentido de pertenencia (Arnstein, 1969; Pretty, 1995). En Chihuahua, fomentar la participación ciudadana en el desarrollo y gestión de las ZEDEC puede asegurar que las medidas adoptadas reflejen las necesidades y aspiraciones de la comunidad local, aumentando así su aceptación y sostenibilidad a largo plazo (Lemos & Agrawal, 2006). Estrategias como talleres participativos, consultas públicas y la creación de comités de vecinos pueden facilitar este proceso, promoviendo una planificación urbana inclusiva y resiliente (Reed, 2008), asegurando que las áreas se destinen para el uso concebido y que las solicitudes de modificaciones de uso, sean conocidas y consensadas entre los residentes de la zona.

## Conclusiones

El nuevo Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población del municipio de Chihuahua, centrado en las Zonas Especiales de Desarrollo Controlado (ZEDEC), representa una estrategia integral para abordar los desafíos de la urbanización, la mitigación de riesgos y la conservación ambiental. Este plan promueve un desarrollo sostenible, mejora la calidad de vida de los habitantes y fortalece la resiliencia urbana frente a eventos climáticos extremos.

La coordinación interinstitucional es fundamental para la implementación efectiva de las ZEDEC. La integración de esfuerzos entre diferentes niveles de gobierno, sector académico y sociedad civil es crucial para asegurar una ejecución coherente y alineada con los objetivos de desarrollo sostenible. La falta de comunicación y un marco regulador inadecuado podrían obstaculizar la implementación y limitar la efectividad de las políticas, destacando la necesidad de colaboración y sinergia entre las partes involucradas. La participación comunitaria también juega un papel crucial en el éxito de los ZEDEC. La involucración activa de los residentes y actores locales en el proceso de planificación y desarrollo garantiza que sus necesidades y aspiraciones sean consideradas. Esto no solo fortalece el sentido de pertenencia y la cohesión social, sino que también asegura que las soluciones adoptadas sean inclusivas y representativas. Sin embargo, lograr un consenso entre diversos intereses puede ser un desafío, lo que subraya la importancia de desarrollar estrategias de participación efectivas y transparentes.

ZEDEC ofrece una oportunidad significativa para promover un desarrollo urbano sostenible, integrando consideraciones ambientales y de resiliencia en la planificación del uso del suelo. Medidas como la regulación de la densidad poblacional y la limitación de la altura de los desarrollos verticales ayudan a evitar fragmentación en nicho contiguo y promueven un crecimiento urbano ordenado. Esto no solo mejora la calidad de vida de los residentes, sino que también contribuye a la conservación de los recursos naturales y a la reducción de la huella ambiental del desarrollo urbano.

Además, la protección de áreas de preservación ecológica y la promoción de prácticas de construcción sostenibles dentro de las ZEDEC son componentes esenciales del nuevo plan de desarrollo urbano. Estas medidas no solo contribuyen a la conservación de la biodiversidad y a la mitigación del cambio climático, sino que también aseguran la sostenibilidad a largo plazo del entorno urbano. La creación de un entorno urbano bien planificado y resiliente es un factor clave

para atraer inversiones y fomentar el desarrollo económico, proporcionando un ambiente favorable para los desarrolladores e inversores.

A pesar de los beneficios potenciales de ZEDEC, su implementación en Chihuahua enfrenta desafíos significativos, incluyendo la falta de recursos financieros y técnicos, así como la necesidad de una mejor coordinación entre diferentes niveles de gobierno. Es esencial explorar fuentes de financiamiento alternativas y establecer prioridades claras para maximizar el impacto de los recursos disponibles. Además, la capacitación de dependencias gubernamentales, servidores públicos y la concienciación de la comunidad sobre los beneficios de ZEDEC son vitales para asegurar una adopción efectiva y sostenible.

Por lo tanto, el plan de desarrollo urbano integrando usos de suelo como ZEDEC en Chihuahua es un enfoque innovador que integra la sostenibilidad ambiental, la mitigación de riesgos y la participación comunitaria para crear un entorno urbano más seguro, saludable y resiliente. Este enfoque no solo mejora la calidad de vida de los habitantes, sino que también protege los valiosos recursos naturales y promueve un desarrollo económico sostenible.

### **Agradecimientos**

Al Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua, por el acceso a la información y demás recursos proporcionados.

### **Referencias literarias**

- Adger, W.N., Arnell, N.W. and Tompkins, E.L.**, (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15(2), pp.77-86.
- Ahern, J.** (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341-343.
- Ahern, J.**, (2007). Green infrastructure for cities: The spatial dimension. In: Novotny, V., and Brown, P. (Eds.) *Cities of the Future: Towards Integrated Sustainable Water and Landscape Management*. IWA Publishing, pp.267-283.
- Alberti, M.** (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *International Regional Science Review*, 28(2), 168-192.
- Alexander, D.**, 2002. *Principles of Emergency Planning and Management*. Oxford University Press.
- Allan, J. D.** (2004). Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 257-284.
- Arnstein, S.R.**, (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 35(4), pp.216-224.
- Beatley, T.**, (2009). *Planning for Coastal Resilience: Best Practices for Calamitous Times*. Island Press.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T.** (2006). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press.

- Berkes, F. and Ross, H.**, (2013). Community resilience: Toward an integrated approach. *Society & Natural Resources*, 26(1), pp.5-20.
- Berndtsson, J. C.** (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering*, 36(4), 351-360.
- Birkmann, J., Cardona, O.D., Carreño, M.L., Barbat, A.H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P. and Welle, T.**, (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural Hazards*, 67(2), pp.193-211.
- Brabec, E., Schulte, S., & Richards, P. L.** (2002). Impervious surfaces and water quality: a review of current literature and its implications for watershed planning. *Journal of Planning Literature*, 16(4), 499-514.
- Brody, S.D., Highfield, W.E., Blessing, R., Makino, T. and Shepard, C.**, (2011). After the storm: The importance of acknowledging adaptive capacity and local conditions in the damage assessment process. Springer.
- Burby, R.J., Deyle, R.E., Godschalk, D.R. and Olshansky, R.B.**, (2000). Creating hazard resilient communities through land-use planning. *Natural Hazards Review*, 1(2), pp.99-106.
- Cutter, S.L., Burton, C.G. and Emrich, C.T.**, (2008). Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 5(1), pp.1-22.
- Fletcher, T. D., Andrieu, H., & Hamel, P.** (2015). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. *Advances in Water Resources*, 51, 261-279.
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S.** (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115-133.
- Gobierno del Estado de Chihuahua.** (2020). Plan Estatal de Desarrollo 2020-2024. Chihuahua, México.
- Godschalk, D.R.**, (2003). Urban hazard mitigation: Creating resilient cities. *Natural Hazards Review*, 4(3), pp.136-143.
- Gómez, C., & Ortega, F.** (2018). Urban resilience: A transformative approach. *Journal of Urban Management*, 7(3), 107-115.
- Goodchild, M.F.**, (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), pp.211-221.
- Hansen, R., Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Rall, E., Kabisch, N., Kaczorowska, A., Kain, J. H., Artmann, M., & Pauleit, S.** (2017). Urban green infrastructure: Toward a more resilient urban environment. In *Resilience and Sustainability in Cities* (pp. 65-81). Springer.
- Hartig, T., Mitchell, R., de Vries, S. and Frumkin, H.**, (2014). Nature and health. *Annual Review of Public Health*, 35, pp.207-228.
- Hollis, G. E.** (1975). The effect of urbanization on floods of different recurrence interval. *Water Resources Research*, 11(3), 431-435.

- INEGI.** (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- Jabareen, Y.** (2013). Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. *Cities*, 31, 220-229.
- Jha, A.K., Bloch, R. and Lamond, J.,** (2012). *Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century.* The World Bank.
- Kappes, M.S., Keiler, M., von Elverfeldt, K. and Glade, T.,** (2012). Challenges of analyzing multi-hazard risk: A review. *Natural Hazards*, 64(2), pp.1925-1958.
- Lal, R.,** (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6), pp.519-539.
- Lemos, M.C. and Agrawal, A.,** (2006). Environmental governance. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, pp.297-325.
- Lerner, A. M., & Eakin, H.** (2011). An obsolete dichotomy? Rethinking the rural–urban interface in terms of food security and production in the global south. *Geographical Journal*, 177(4), 311-320.
- Martínez, J. L., García, R., & Pérez, S.** (2020). Urban flood risk management in Mexico: An integrated approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 45, 101502.
- McPhearson, T., Pickett, S. T., Grimm, N. B., Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T., Weber, C. F., Haase, D., Breuste, J., & Qureshi, S.** (2016). Advancing urban ecology toward a science of cities. *BioScience*, 66(3), 198-212.
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M.** (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49.
- Miguez, M.G., Veról, A.P., Nascimento, N.O. and Sanchez, A.,** (2009). Urban flood control through a mathematical cell model. *Desalination*, 248(1-3), pp.141-152.
- Newman, P. and Jennings, I.,** (2008). *Cities as Sustainable Ecosystems: Principles and Practices.* Island Press.
- Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius, M., & Revenga, C.** (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308(5720), 405-408.
- Opdam, P., Steingröver, E., & van Rooij, S.** (2006). Ecological networks: a spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 75(3-4), 322-332.
- Paul, M. J., & Meyer, J. L.** (2001). Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32(1), 333-365.
- Pelling, M.,** (2003). *The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience.* Earthscan.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R. and Blair, R.,** (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267(5201), pp.1117-1123.

- Pretty, J.**, (1995). Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development*, 23(8), pp.1247-1263.
- Reed, M.S.**, (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*, 141(10), pp.2417-2431.
- Revi, A., Satterthwaite, D. E., Aragón-Durand, F., Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R. B. R., Pelling, M., Roberts, D. C., & Solecki, W.** (2014). Towards transformative adaptation in cities: The IPCC's fifth assessment. *Environment and Urbanization*, 26(1), 11-28.
- Ribeiro, R. A., & Gonçalves, J. A.** (2019). Integration of spatial and temporal dimensions of flood risk for land-use and urban planning in Coimbra, Portugal. *Environmental Management*, 64(3), 332-346.
- Rueda, S.** (2018). Superblocks for the design of new cities and renovation of existing ones: Barcelona's case. Conference on Green Urbanism.
- Schwilch, G., Bachmann, F. and Liniger, H.P.**, (2012). Appraising and selecting conservation measures to mitigate desertification and land degradation based on stakeholder participation and global best practices. *Land Degradation & Development*, 23(5), pp.428-443.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P.** (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: a literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167-178.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemelä, J. and James, P.**, (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), pp.167-178.
- UNISDR**, (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Wolch, J.R., Byrne, J. and Newell, J.P.**, (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape and Urban Planning*, 125, pp.234-244.
- Wu, J., Shen, W., Sun, W., & Tueller, P. T.** (2011). Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics. *Landscape Ecology*, 17(8), 761-782.
- Zhu, H., Wu, Y., Yu, X., Yang, W., Wang, X., & Sun, W.** (2020). Multi-scale flood risk assessment and management: a systematic review of techniques and future challenges. *Water*, 12(10), 2903.

