

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**EVALUACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA Y COBERTURA
VEGETAL EN VILLAHERMOSA: HACIA UNA GESTIÓN
URBANA SOSTENIBLE**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTA:

SOFÍA CAROLINA MOO MARTÍNEZ

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DRA. EUNICE PÉREZ SÁNCHEZ

EN CODIRECCIÓN DE:

DRA. OFELIA CASTILLO ACOSTA

VILLAHERMOSA, TABASCO. OCTUBRE DE 2025

Declaración de Autoría y Originalidad

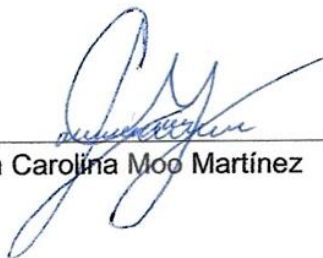
En la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, el día 29 del mes de septiembre del año 2025, los que suscriben **Sofia Carolina Moo Martínez** alumna del Programa de **Gestión Ambiental** con número de matrícula **202G23015** adscritos a la **División Académica de Ciencias Biológicas** de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autora de la Tesis presentada para la obtención del título de **Licenciatura en Gestión Ambiental** y titulada **“Evaluación de la expansión urbana y cobertura vegetal en Villahermosa: Hacia una gestión urbana sostenible” en la ranchería Guineo segunda sección del municipio de Centro, Tabasco**” dirigida por la **Dra. Eunice Pérez Sánchez** y **Dra. Ofelia Castillo Acosta**.

DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente

Villahermosa, Tabasco a 29 de septiembre 2025.



Sofia Carolina Moo Martínez



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**



Villahermosa, Tab., a 01 de Octubre de 2025

ASUNTO: Autorización de Modalidad de Titulación

**C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza a la **C. SOFÍA CAROLINA MOO MARTÍNEZ** egresada de la Lic. en **GESTIÓN AMBIENTAL** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis denominado: **"EVALUACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA Y COBERTURA VEGETAL EN VILLAHERMOSA: HACIA UNA GESTIÓN URBANA SOSTENIBLE"**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

A T E N T A M E N T E


**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



C.c.p.- Expediente Alumno de la División Académica
C.c.p.- Interesado



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**



**2025
AÑO DE LA
Mujer
Indígena**

OCTUBRE 01 DE 2025

**C. SOFÍA CAROLINA MOO MARTÍNEZ
PAS. DE LA LIC. EN GESTIÓN AMBIENTAL
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 111 al 113 del Cap. IV del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis denominado: **"EVALUACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA Y COBERTURA VEGETAL EN VILLAHERMOSA: HACIA UNA GESTIÓN URBANA SOSTENIBLE"**, asesorado por la Dra. Eunice Pérez Sánchez y Dra. Ofelia Castillo Acosta sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por el Dr. Humberto Hernández Trejo, Dra. Georgina Vargas Simón, Dra. Eunice Pérez Sánchez, Dr. Cristóbal Daniel Rullan Silva y Dra. Claudia Elena Zenteno Ruiz.

**A T E N T A M E N T E
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE**


**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR**

U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



C.c.p.- Expediente del Alumno.
Archivo.



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**



30 de septiembre de 2025

C. SOFÍA CAROLINA MOO MARTÍNEZ
Egresada de la Lic. en Gestión Ambiental

En cumplimiento de los lineamientos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, se implementó la revisión del trabajo recepcional (**Tesis**), a través de la plataforma Turnitin iThenticate para evitar el plagio e incrementar la calidad en los procesos académicos y de investigación en esta División Académica. Esta revisión se realizó en correspondencia con el Código de Ética de la Universidad y el Código Institucional de Ética para la Investigación.

Por este conducto, hago de su conocimiento las observaciones, el índice de similitud y el reporte de originalidad obtenido a través de la revisión en la plataforma iThenticate de su trabajo recepcional **EVALUACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA Y COBERTURA VEGETAL EN VILLAHERMOSA: HACIA UNA GESTIÓN URBANA SOSTENIBLE.**

OBSERVACIONES:

Se incluyó citas, se excluyó bibliografía y se estableció el umbral de exclusión de coincidencias pequeñas a 16 palabras.

RESULTADO DE SIMILITUD	3 %
	82 páginas y 19379 palabras

Finalmente, se le solicita a la **C. SOFÍA CAROLINA MOO MARTÍNEZ**, integrar en la versión final del trabajo recepcional, este oficio y el informe de originalidad con el porcentaje de similitud de Turnitin iThenticate.

Sin otro particular al cual referirme, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"

DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR



C.c.p. Dra. Eunice Pérez Sánchez. Directora de trabajo recepcional
C.c.p. Dra. Ofelia Castillo Acosta. Codirectora de trabajo recepcional
C.c.p. Archivo



KM. 0.5 CARR. VILLAHERMOSA-CÁRDENAS ENTRONQUE A BOSQUES DE SALOYA
Tel. (993) 358-1500 Ext. 6400 y 6401, e-mail: direccion.dacbiol@ujat.mx

Usar papel reciclado economiza energía, evita contaminación y despilfarro de agua y ayuda a conservar los bosques

www.ujat.mx

SOFÍA CAROLINA MOO MARTÍNEZ

EVALUACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA Y COBERTURA VEGETAL EN VILLAHERMOSA: HACIA UNA GESTIÓN URBANA...

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:505268647

Fecha de entrega

29 sep 2025, 2:33 p.m. GMT-6

Fecha de descarga

1 oct 2025, 2:25 p.m. GMT-6

Nombre del archivo

SOFÍA CAROLINA MOO MARTÍNEZ_TR tesis.pdf

Tamaño del archivo

2.9 MB

82 páginas

19.379 palabras

116.100 caracteres




3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 16 palabras)
- ▶ Abstract
- ▶ Trabajos entregados

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad




N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
533 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	www.villahermosa.gob.mx	<1%
2	Internet	www.coursehero.com	<1%
3	Internet	legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx	<1%
4	Internet	tabasco.gob.mx	<1%
5	Internet	revistas.ecosur.mx	<1%
6	Internet	12dddb72-61d3-f95d-6d5e-7b4e26d80d0c.filesusr.com	<1%
7	Internet	core.ac.uk	<1%
8	Internet	congresotabasco.gob.mx	<1%
9	Internet	tig.age-geografia.es	<1%
10	Internet	revistas.untumbes.edu.pe	<1%
11	Internet	bloglemu.blogspot.com	<1%

12	Internet	hemeroteca.unad.edu.co	<1%
13	Internet	repositorio.unican.es	<1%
14	Internet	revistes.upc.edu	<1%
15	Internet	1library.co	<1%
16	Internet	sahuayomich.gob.mx	<1%
17	Internet	sigajalisco.gob.mx	<1%
18	Internet	www.uv.mx	<1%

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
México

Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a 29 de septiembre 2025.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR(A) y/o AUTORES(RAS) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada **“Evaluación de la expansión urbana y cobertura vegetal en Villahermosa: Hacia una gestión urbana sostenible”** Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.


COLABORADORES

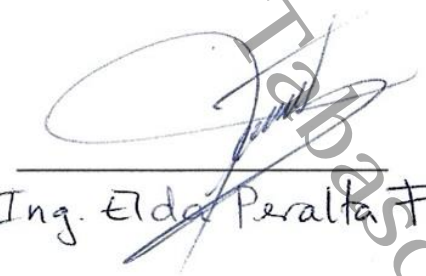

Sofia Carolina Moo Martínez


Dra. Eunice Pérez Sánchez


Dra. Ofelia Castillo Acosta

TESTIGOS


Dra. Matelina Macías Valadez T.


Ing. Elda Peralta Fuentes

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	14
II.	MARCO TEÓRICO	17
1.	La expansión urbana.....	17
2.	Cobertura vegetal.....	19
3.	Teledetección.....	22
4.	Los sistemas de información geográfica	23
5.	Contexto Urbano y Socioambiental	25
6.	Gobernanza de Áreas Verdes.....	26
III.	JUSTIFICACIÓN	28
IV.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	30
V.	HIPÓTESIS	30
VI.	OBJETIVOS	31
1.	Objetivo General	31
2.	Objetivos Específicos.....	31
VII.	METODOLOGÍA	32
1.	Área de Estudio.....	32
2.	Análisis de Impacto Socioeconómico y Legislativo.....	33
3.	Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica.....	35
VIII.	RESULTADOS	40
1.	Análisis de Impacto Socioeconómico y Legislativo.....	40
2.	Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica.....	58
3.	Análisis de Tendencias y Proyecciones	57
IX.	DISCUSIÓN	71
X.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
XI.	LITERATURA CITADA	80
XII.	ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
1. <i>Criterios de Estudio Socioeconómico y Legislativo</i>	33
2. <i>Ejemplo de Codificación de Datos</i>	35
3. <i>Criterios de Clases INEGI y CONABIO</i>	37
4. <i>Clases Validadas en Macrocategorías</i>	38
5. <i>Matriz de Comparación Saaty</i>	40
6. <i>Representatividad y Peso por Criterio</i>	41
7. <i>Encuesta: Pregunta 15 (Abierta)</i>	56
8. <i>Pregunta 10 Análisis estadístico</i>	57
9. <i>Pregunta 12 Análisis estadístico</i>	58
10. <i>Procesamiento de imágenes Satelitales</i>	59
11. <i>Clustering y PCA</i>	60
12. <i>Reclasificación de Coberturas</i>	61
13. <i>Clasificación de Macrocategorías</i>	62
14. <i>Área total por Macrocategorías (1986 y 2024)</i>	64
15. <i>Porcentaje total por Macrocategorías (1986 y 2024)</i>	64
16. <i>Matriz de Contingencia 1986</i>	65
17. <i>Matriz 1986</i>	65
18. <i>Matriz de Contingencia 2024</i>	65
19. <i>Matriz 2024</i>	65
20. <i>Matriz de transición</i>	67
21. <i>Matriz de transición de Márkov</i>	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Malecón Antiguo de Villahermosa, Tabasco, México.	25
2. Localización de la Zona Metropolitana de Villahermosa, Tabasco, México.	32
3. Proceso de obtención del recorte de área de estudio (1986)	36
4. Proceso de obtención del recorte de área de estudio (2024)	36
5. Uso de Suelo: Agricultura (ha)	41
6. Uso de Suelo: Agricultura (Unidades Económicas)	42
7. Uso de Suelo: Ganadería (ha)	42
8. Uso de Suelo: Ganadería (Unidades Económicas)	43
9. Uso de Suelo: Industria (Unidades Económicas)	43
10. Socioeconómicas: Áreas Residenciales (CENSO 2020)	44
11. Áreas Residenciales (Inf. Vectorial 2023)	44
12. Áreas Residenciales: Comparativa Villahermosa 2020-2023	45
13. Socioeconómicas: Áreas Comerciales e Industriales (Unidades Económicas)	45
14. Socioeconómicas: Áreas Comerciales e Industriales (Parques Industriales)	46
15. Servicios Ecosistémicos Urbanos	46
16. Socioeconómicas: Espacios Verdes y Áreas Recreativas	47
17. Mapa Vialidades y Manzanas	47
18. Data México Distribución de la población según tiempo de traslado al trabajo (2020)	48
19. Encuesta: Pregunta 1 (SMA)	49
20. Encuesta: Pregunta 4 (SMA)	50
21. Encuesta: Pregunta 12 (SMA)	50
22. Encuesta: Pregunta 1 (SOTOP)	51
23. Encuesta: Pregunta 4 (SOTOP)	51
24. Encuesta: Pregunta 12 (SOTOP)	52
25. Encuesta: Pregunta 1 (CAT)	52
26. Encuesta: Pregunta 4 (CAT)	53
27. Encuesta: Pregunta 12 (CAT)	53
28. Encuesta: Pregunta 13	54
29. Encuesta: Pregunta 14	55
30. Mapa: Cobertura Vegetal y Zona Urbana Villahermosa 1986	63
31. Mapa: Cobertura Vegetal y Zona Urbana Villahermosa 2024	63
32. Pérdidas y ganancias entre 1986 y 2024	66
33. Cambio neto entre 1986 y 2024	66
34. Persistencia de cobertura de suelo entre 1986 y 2024	67
35. Pérdidas y ganancias de vegetación selvática	68

I. INTRODUCCIÓN

Las zonas urbanas son los ejes de mayor actividad humana, concentrando población, infraestructuras y recursos económicos. La vegetación urbana desempeña un papel decisivo en la mitigación de los efectos del cambio climático y la mejora del confort térmico en las ciudades. Los estudios han demostrado que las zonas con vegetación pueden reducir las temperaturas hasta 5.6 °C en comparación con las zonas sin vegetación (Silva, 2016). Los árboles y plantas urbanos contribuyen a la reducción de partículas, la mitigación de la contaminación gaseosa y acústica, la gestión de la escorrentía de agua y la mitigación del efecto de isla de calor urbano (Ferrini et al., 2020).

La distribución de la vegetación es clave para su eficacia, ya que la vegetación dispersa suele proporcionar una mejor regulación de la temperatura que los espacios verdes concentrados, como los parques (Alves et al., 2015). La silvicultura urbana ofrece beneficios más allá de los aspectos ambientales y ecológicos, incluyendo ventajas físicas, psicológicas, sociales y económicas (Lima & Marques, 2023). Para maximizar estos beneficios, los planificadores urbanos deben centrarse en la distribución equitativa de la vegetación a lo largo de las calles y los espacios públicos, mientras que la gestión pública debe garantizar la aplicación y el cumplimiento de la legislación urbana que promueve la sostenibilidad (Lima & Marques, 2023).

La presencia de áreas verdes también ayuda a mitigar el impacto del ruido, actuando como barreras acústicas naturales y promoviendo entornos más saludables y placenteros para los residentes urbanos (Mojiol et al., 2022). Estas zonas verdes ofrecen espacios de recreación y conexión con la naturaleza en entornos poblados y son esenciales para mantener la biodiversidad urbana y fomentar la resiliencia ante el cambio climático (Edeigba et al., 2024). Así, la conservación de la vegetación en zonas urbanas promueve la sostenibilidad en cuanto a mejora de la calidad de vida de los habitantes y el aseguramiento de la salud ambiental a largo plazo de las ciudades (Farinha et al., 2021).

En este sentido, Villahermosa es una ciudad caracterizada por su vegetación y abundantes cuerpos de agua, nutridos por uno de los ríos más importantes del país: el Grijalva (Tirado, 2023). Sin embargo, el auge petrolero y la implementación de planes de desarrollo insostenibles propiciaron un crecimiento urbano acelerado e irregular (Allub, 1985).

Esta expansión ha llevado a la explotación desmedida de los recursos naturales de Villahermosa y a la ocupación intensiva de espacios para albergar a una población en crecimiento exponencial (Marín & Capdepon, 2014). También, ha transformado drásticamente el paisaje de la ciudad, poniendo en riesgo su equilibrio ecológico y la calidad de vida de sus habitantes (Ramos & Palomeque, 2023).

En la actualidad, se ha desarrollado una perspectiva más respetuosa con el entorno natural, que busca una composición armónica entre las ciudades y su ecosistema. Este enfoque, centrado en la sustentabilidad, ha impulsado la aplicación de tecnologías eficientes para la evaluación y detección temprana de cambios ambientales (Kordylas, 2018).

Entre las tecnologías disponibles se encuentran los sistemas de información geográfica (SIG), que se han convertido en herramientas fundamentales en este contexto. Estos sistemas permiten visualizar y analizar el estado actual de uno de los elementos más enriquecedores de las ciudades: su riqueza biótica. A través de los SIG, es posible monitorear, evaluar y planificar la gestión de la biodiversidad urbana de manera más precisa y efectiva (Mujica, 2021).

La integración de estos conceptos se manifiesta claramente en la aplicación de SIG avanzados en el urbanismo contemporáneo. Esta sinergia facilita una planificación urbana más precisa y ecológicamente responsable, al incorporar datos sobre biodiversidad, calidad del aire, recursos hídricos y patrones de uso del suelo. Como resultado, se posibilita una toma de decisiones más informada y consciente respecto a la expansión urbana y la conservación de espacios verdes (Camaño *et al.*, 2022). Paralelamente, se observa una evolución significativa hacia la infraestructura sostenible o verde, que prioriza el uso de materiales reciclados y la implementación de modelos arquitectónicos que maximizan la eficiencia energética en el entorno urbano (López *et al.*, 2020).

Estas aplicaciones actuales justifican cómo la convergencia entre avances tecnológicos y una creciente conciencia ambiental está redefiniendo nuestra concepción y gestión de las ciudades.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México

II. MARCO TEÓRICO

1. La expansión urbana

El informe publicado por la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (por sus siglas en inglés IPBES), sobre el estado y las tendencias del mundo natural, incluye las implicaciones sociales de estas tendencias, entre ellas la expansión urbana, también conocida como urbanización acelerada, dispersión urbana o de acuerdo con el término en inglés, “sprawl”, es un fenómeno del cambio global con importantes implicaciones ambientales y socioeconómicas. Desde el punto de vista ambiental, este crecimiento descontrolado de las ciudades conlleva cambios inadecuados en el uso del suelo y pérdida de ecosistemas naturales, así como un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero debido a la mayor dependencia de los automóviles (Brondizio *et al.*, 2019).

De acuerdo con el informe de “World Urbanization Prospects” de las Naciones Unidas (2018), el 55 % de la población mundial vive en ciudades, y se estima que esta proporción aumentará hasta un 68 % para el año 2050. En este contexto, América Latina registra un nivel de 81.2% de urbanización (United Nations, 2018). La expansión urbana en América Latina ha sido un proceso acelerado y escasamente planificado. Este fenómeno se ha caracterizado por un rápido crecimiento hacia sus periferias, acompañado por la proliferación de asentamientos informales, producido por el desarrollo de actividades económicas. El tipo de cambio de urbanización en la región ha sido distintivo, Robles *et al.* (2021) plantea que este se encuentra marcado por la transformación de áreas rurales en urbanas de forma desordenada y sin una adecuada planificación urbana, lo cual es consistente con el incremento de la población, adaptación cultural y productiva.

En cuanto al aspecto socioeconómico, la expansión urbana puede intensificar la segregación social y racial, impulsada por los procesos de descentralización y reurbanización de zonas rurales. Estos procesos conducen al incremento de los costos de infraestructura y servicios públicos, además de reducir la calidad de vida

en general debido a la pérdida de espacios verdes y el aumento en los tiempos de desplazamiento (Wu *et al.*, 2020).

Por otra parte, en las últimas décadas ha aumentado significativamente el interés por desarrollar e implementar métodos que fomenten la sustentabilidad y la conservación de la biodiversidad en las zonas urbanas. Este incremento responde a la creciente preocupación por las emergencias ambientales asociadas al cambio global, como el cambio climático, desplazamiento de especies y los fenómenos meteorológicos extremos. Consecuentemente, se ha vuelto prioritario adaptar las ciudades del mundo para mitigar los impactos de estas amenazas ambientales basándose en la estructura funcional y posteriormente el ensamblaje de las comunidades biológicas (Concepción, 2022).

Este desafío es un eje decisivo en el contexto de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El crecimiento urbano acelerado y, a menudo, no planificado tiene profundas implicaciones para varios ODS, particularmente el Objetivo 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), el Objetivo 3 (Salud y bienestar), el Objetivo 10 (Reducción de las desigualdades) y el Objetivo 13 (Acción por el clima) (Kordylas, 2018).

Los impactos ambientales de esta expansión, como la pérdida de biodiversidad y el aumento de la contaminación, comprometen la sostenibilidad ambiental y la resiliencia climática de las ciudades. En el ámbito socioeconómico, la segregación espacial y la desigualdad en el acceso a servicios básicos obstaculizan el logro de una urbanización inclusiva y equitativa. Además, los problemas de salud pública derivados de la contaminación, el hacinamiento y la falta de infraestructura sanitaria en asentamientos informales presentan retos significativos para alcanzar el ODS 3 (Córdoba & Pérez, 2020).

En este contexto, abordar los desafíos de la expansión urbana se vuelve fundamental para que América Latina pueda avanzar hacia el cumplimiento de la Agenda 2030, requiriendo un enfoque integrado que considere la planificación urbana sostenible, la equidad social y la protección ambiental (Kordylas, 2018).

Si bien los ODS son los focos de atención gubernamentales actuales hacia la sostenibilidad, para abordar estos desafíos de manera efectiva, es fundamental

reconocer que la Agenda 2030 proporciona un marco de referencia valioso, pero no está exenta de limitaciones y críticas. Algunos expertos argumentan que los ODS no abordan adecuadamente las disparidades estructurales entre países desarrollados y en desarrollo, lo que podría exacerbar las brechas existentes en lugar de reducirlas (Velázquez & Cepeda, 2023). Además, se ha cuestionado la capacidad de la Agenda para abordar de manera integral los desafíos ambientales más apremiantes, como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, principalmente en el desarrollo, aplicación y evaluación de las estrategias y políticas en materia de sostenibilidad, tal como evalúa Del Río (2021).

En este sentido, es necesario que las estrategias de desarrollo urbano en América Latina no solo se alineen con los ODS, sino que también aborden de manera crítica y proactiva estas limitaciones, adaptando las metas globales a las realidades y necesidades locales para garantizar un desarrollo verdaderamente sostenible e inclusivo.

2. Cobertura vegetal

Una de las problemáticas más recurrentes entre las ciudades de México, son las irregularidades en la planificación de espacios adecuados para el desarrollo saludable de los habitantes, ya que, “De acuerdo con los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que recomienda entre 10 y 12 m² de área verde por habitante” (Moreno *et al.*, 2018). Este estudio manifestó que, de los parques recorridos, no todos cuentan con las dimensiones pertinentes para la ciudad y un correcto desarrollo, donde siempre se busca que “los espacios verdes urbanos facilitan las redes sociales con la interacción y promoción de la cohesión social, fomentando un sentido de lugar y pertenencia” (Moreno *et al.*, 2018) siempre preservando la interacción natural y fomento de esta para incrementar los beneficios de salud pública.

En relación con las problemáticas urbanas mencionadas anteriormente, es pertinente destacar la situación actual del sureste de México. Esta región enfrenta diversos desafíos en la estructuración de sus ciudades, derivados de las características climáticas, geológicas, económicas y sociales particulares del territorio. Entre las entidades más afectadas por eventos meteorológicos extremos

y el cambio climático se encuentra Tabasco, conocido como "El Edén del Sureste". Su capital, Villahermosa, se enfrenta a retos significativos relacionados con el crecimiento urbano acelerado, inundaciones recurrentes y la necesidad de preservar ecosistemas originales (Fernández *et al.*, 2020).

Los antecedentes históricos de la cobertura vegetal en Tabasco revelan un proceso de transformación territorial acelerado que se remontan al periodo colonial. Según Castillo *et al.* (2008), México ha experimentado una pérdida significativa de su cobertura forestal original, estimándose que las selvas altas ocupan actualmente solo el 10% de su superficie histórica. En el caso específico de Tabasco, los datos cartográficos muestran que entre 1976 y 2000, la formación natural más afectada fue la selva, la cual perdió hasta un 50% de su cobertura en un lapso de 24 años. Durante este período, los cultivos representaban el uso de suelo dominante, incrementando del 48.72% en 1976 al 65.49% en el año 2000, revelando un patrón de conversión de ecosistemas naturales hacia actividades agropecuarias que ha caracterizado la transformación del paisaje tabasqueño y, por extensión, de su capital Villahermosa.

Tabasco gozaba de características naturales privilegiadas, conformadas por vastas extensiones de selvas, manglares y pantanos que cubrían gran parte de su territorio (López, 2019). Sin embargo, la implementación de planes territoriales inadecuados y la ejecución de proyectos mal concebidos han llevado a la degradación significativa de este rico patrimonio natural. Estas intervenciones han resultado en la pérdida progresiva de los ecosistemas que una vez definieron la identidad ambiental del estado (Sánchez, 2005; Sandoval *et al.*, 2022).

Tal como señalan Marín & Capdepon (2014), "la modernización, entendiéndola como un mejoramiento de la vida material de Tabasco, recibió impulso de la explotación de hidrocarburos, pero en menoscabo de la vida social y de la ecología", las nuevas situaciones que se presentaban para impulsar el crecimiento en el estado y principalmente en la capital de este, influenciaron al aceleramiento de una infraestructura limitada a satisfacer las necesidades prontas sin prevenir posibles impactos e insuficiencias futuras alrededor de modelos imprevistos.

La urbanización de terrenos previamente cubiertos por vegetación nativa o inducida tiene efectos significativos sobre la fauna, desplazando a la mayoría de las especies y dejando solo a las más resistentes o adaptables dentro de las ciudades. Conformándose actualmente de ecosistemas seminaturales que coexisten entre sus zonas urbanas de diversas extensiones y plusvalías, bastantes distinguibles entre sí, tanto en el ámbito socioeconómico, como en el ambiental (Hidalgo *et al.*, 2019). Por lo tanto, el proceso de urbanización altera invariablemente los hábitats naturales y los conduce al deterioro ambiental.

Los estudios y propuestas de desarrollo territorial enfocados en la conservación y fomento de la biodiversidad en el estado son escasos. En el año 2000, Pérez *et al.* (2000) analizaron la urbanización en la ciudad de Villahermosa y registran los primeros impactos ambientales observables. Destacan el hallazgo de un “Núcleo de calor” coincidente con la zona urbana central, resultado de un recorrido para medir temperaturas. Asimismo, identifican una “Isla de frescor” cerca del perímetro de la Laguna de las Ilusiones, donde la cobertura vegetal es más densa. Estos datos revelan tempranamente la relación entre urbanización, vegetación y temperatura en Villahermosa.

Entre los pocos trabajos de modernización sustentable, destacan algunas perspectivas y fragmentos sobre nuevos modelos estructurales en la entidad. Un ejemplo es la propuesta de generación de un edificio sustentable con fines educativos presentado por García *et al.* (2022) basada en un enfoque bioclimático para la construcción de nuevas instalaciones educativas, sugiriendo que la investigación y el desarrollo de estas infraestructuras deben estar vinculados a la vida sociocultural y al desarrollo socioeconómico de la región.

El análisis de Tirado (2023) sobre Villahermosa, revela las complejidades del desarrollo urbano en una ciudad con significativas limitaciones geográficas y ambientales. El autor empleó un método de superposición de capas que incluye derechos de vía, zonas inundadas y áreas vulnerables, lo cual permitió visualizar claramente la escasez de terrenos aptos para el desarrollo urbano. Esta situación ha llevado a una sobreexplotación y saturación del espacio urbano existente, generando un ambiente de incertidumbre y agotamiento entre los habitantes.

Sin embargo, y tal como se plantea por Loyola *et al.* (2019), la ausencia de proyectos de esta índole se ve presente, tanto en Tabasco como en el sureste del país, debido a la necesidad de implementación de un modelo que integre el desarrollo de ciencia, tecnología e innovación (CTI). Asimismo, proponen una aproximación a los impactos socioambientales del actual modelo de desarrollo en Tabasco y caracterización del estado de las capacidades de la CTI en la entidad, tratando de poner atención a la todavía rica biodiversidad de la entidad, la cual debería ser conservada y aprovechada con criterios de sustentabilidad.

3. Teledetección

La percepción remota, también conocida como teledetección, es una disciplina científica que permite obtener información detallada sobre objetos o áreas de interés sin necesidad de contacto físico directo (Lira, 1987). Se basa en la captura y análisis de imágenes satelitales o aéreas de la superficie terrestre, utilizando sensores sofisticados que miden y registran la energía electromagnética reflejada o emitida por los objetos y áreas de estudio (Cardozo & Da Silva, 2013).

La teledetección ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, ofreciendo una amplia gama de sensores con diversas capacidades espectrales, espaciales y temporales. Estos avances han permitido el monitoreo preciso y continuo de numerosos procesos terrestres, incluyendo fenómenos atmosféricos, dinámicas oceánicas, cambios en la cobertura terrestre y procesos geológicos (Acevo, 2011). La versatilidad de esta tecnología la hace especialmente valiosa en campos como la climatología, la oceanografía, la geología y, de manera creciente, en los estudios urbanos y de planificación territorial.

En el contexto del análisis urbano, la percepción remota ha demostrado ser una herramienta poderosa para comprender y gestionar el crecimiento y la dinámica de las ciudades. Un ejemplo ilustrativo es el estudio realizado en la Ciudad de México utilizando imágenes ópticas de alta resolución de los satélites Terra/Aster y Spot-5, que permitieron identificar patrones en la estructura urbana, la delimitación precisa de diferentes zonas, categorizar automáticamente las áreas urbanas en diferentes clases de uso del suelo y generar información tridimensional para entender la topografía urbana y su influencia en el desarrollo de la ciudad. Asimismo, facilitó el

análisis de la expansión urbana, la identificación de áreas verdes, la evaluación de la densidad de construcción y la detección de cambios en el uso del suelo a lo largo del tiempo. (García & Lira, 2010).

Estas capacidades benefician enormemente a urbanistas, arquitectos, planificadores y gestores ambientales en sus trabajos de desarrollo de ciudades, estudios de impacto ambiental y planificación sostenible. La integración de datos de teledetección en los procesos de toma de decisiones permite una planificación más informada y holística, que considera tanto las necesidades de desarrollo como los imperativos de sostenibilidad ambiental.

La percepción remota se ha convertido en una herramienta indispensable en el estudio y gestión de entornos urbanos y su relación con el medio ambiente circundante. Ofrece una perspectiva integral y dinámica que complementa y enriquece los métodos tradicionales de análisis urbano y planificación territorial (Manzané *et al.*, 2020). Su capacidad para proporcionar datos actualizados, precisos y de gran escala sobre los cambios en el paisaje urbano y natural hace de la teledetección un componente trascendental en la búsqueda de un desarrollo urbano más sostenible y resiliente frente a los desafíos ambientales contemporáneos.

4. Los sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica (SIG) emergen como herramientas clave para el desarrollo de modelos de urbanismo más sostenibles y equitativos. Los SIG permiten integrar y analizar una amplia variedad de datos espaciales, incluyendo patrones de uso del suelo, distribución de servicios públicos e indicadores socioeconómicos y ambientales. Esta capacidad de análisis multidimensional facilita la identificación de áreas críticas en la cobertura vegetal, la simulación de escenarios de crecimiento urbano y la evaluación de los impactos potenciales de diferentes políticas de planificación de uso del territorio de las ciudades. Además, los SIG apoyan la toma de decisiones informadas al visualizar claramente las interrelaciones entre los aspectos ambientales, socioeconómicos y de salud pública en el contexto urbano, contribuyendo de manera significativa a la consecución de los ODS, especialmente el ODS 11 (Mujica, 2021).

Con esta nueva orientación hacia la sustentabilidad y un extenso conjunto de requisitos por cumplir, se abre paso a proyectos alineados con estas directrices, utilizando estrategias basadas en herramientas tecnológicas geográficas para su ejecución. Un ejemplo de ello es el caso de la ciudad de Córdoba, donde se empleó el programa informático Quantum GIS (QGIS, 2018), que permitió generar información para la implementación de políticas públicas, detectando objetivamente disimilitudes en la distribución espacial, a través de modelos sustentables (Vanoli *et al.*, 2021).

Dentro de los objetivos previstos en la reciente agenda ambiental en México se busca la mitigación de los efectos de una urbanización acelerada y todas sus consecuencias en la biodiversidad y al bienestar ambiental. Por lo que, diagnósticos como el realizado en Torreón para “establecer formas de hacer frente a las amenazas producidas por las alteraciones del microclima urbano” (Villanueva & Quiroa, 2020), se reforzó la modernización de espacios verdes recreativos para un mayor planeamiento urbano sustentable.

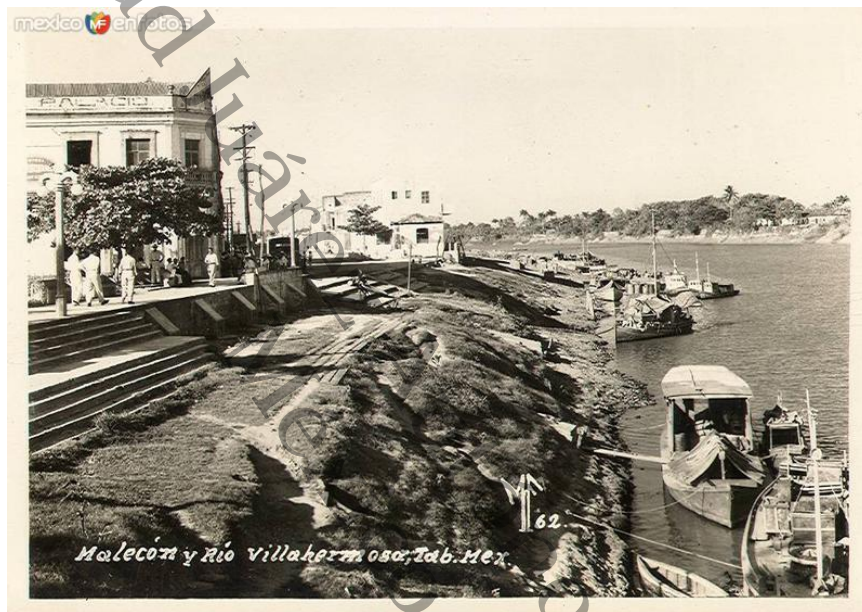
En cuanto, al uso de los SIG, Palomeque *et al.* (2017) analizaron el crecimiento urbano en Villahermosa, destacando la proliferación de estructuras petroleras e hidráulicas, así como asentamientos irregulares en la periferia de la ciudad. En el análisis sobre los cambios en el uso del suelo ofrecen una proyección hasta 2030 de las posibles consecuencias del acelerado crecimiento urbano. Sin embargo, el análisis de la vegetación es limitado, dejando en segundo plano la documentación del impacto sobre la cobertura vegetal. Esto representa una oportunidad para profundizar en este aspecto del desarrollo urbano sostenible.

En este contexto, la aplicación de los SIG provee el soporte tecnológico para monitorear el desarrollo de las ciudades, permitiendo una planificación urbana que responda eficazmente a estas complejas condiciones regionales y su impacto en la cobertura vegetal. Así lo discuten Sánchez & Martínez (2023) en su evaluación sobre la urbanización y cobertura vegetal en zonas urbanas con una aparente falta de planificación y la crisis ambiental actual.

5. Contexto Urbano y Socioambiental

Los orígenes de la ciudad de Villahermosa se remontan al siglo XVI, asentándose en unas lomas que existentes entre los ríos Carrizal y Grijalva con dos principales objetivos: Encontrar seguridad de los ataques de piratas en un pequeño caserío y facilitar la cercanía de caminos para establecer relaciones económicas (fig. 1). La ciudad se congregó en barrios un poco separados por la geografía, el agua y las selvas, propiciando muy lentamente una conjunción entre ellos (Pérez *et al.*, 2012).

Figura 1. Malecón Antiguo de Villahermosa, Tabasco, México.



Fuente: Imagen del Malecón de Villahermosa, 1962. Fuentes: Mexicoenfotos

Esta configuración histórica ha permeado el desarrollo urbano de Villahermosa. Su ubicación en la llanura costera del Golfo de México ha sido determinante no solo en su expansión urbana, sino también en los desafíos ambientales que la ciudad enfrenta en la actualidad.

La interacción entre el entorno natural y el crecimiento urbano sigue siendo un factor esencial en la evolución y planificación de la ciudad. Si también se considera la transformación histórica de Tabasco impulsada por la industria petrolera, la cual trajo consigo una rápida modernización con la construcción de infraestructura como carreteras, puertos y servicios industriales. Sin embargo, también exacerbó desigualdades económicas al concentrar la actividad y los ingresos en el sector petrolero, dejando rezagados a sectores locales como la agricultura y la ganadería.

La dependencia del petróleo generó inflación y migración hacia áreas urbanas, abandonando el campo (Tudela, 1989; Rabelo *et al.*, 2021).

6. Gobernanza de Áreas Verdes

El concepto de soluciones basadas en la naturaleza (SBN) está tomando relevancia, impulsando un enfoque de gobernanza colaborativa e interdisciplinaria. No obstante, la implementación efectiva de estos procesos continúa siendo un desafío, debido a las particularidades contextuales observadas en distintas ciudades (Kauark *et al.*, 2023). Estos hallazgos exhiben la importancia de desarrollar estrategias de gobernanza adaptativas que contemplen tanto las características locales como las perspectivas de los diversos actores involucrados, con el fin de lograr una gestión y conservación eficaz de las áreas verdes urbanas en América Latina.

Investigaciones recientes en el campo del urbanismo sostenible y la gobernanza de áreas verdes en América Latina han puesto de manifiesto la complejidad y los desafíos inherentes a la gestión de la infraestructura verde urbana. A pesar del creciente interés por implementar prácticas de gobernanza innovadoras, se mantienen obstáculos significativos, entre los que destacan la fragilidad institucional de los gobiernos locales y la persistente segregación socioeconómica en las urbes (Breen *et al.*, 2020). Estos factores subrayan la necesidad de abordar de manera integral tanto los aspectos técnicos como los sociales en la planificación y gestión de los espacios verdes urbanos.

Así mismo, las políticas públicas ambientales desempeñan un papel crítico en la protección de los ecosistemas y la promoción del desarrollo sostenible, así como un mecanismo plausible para enfrentar los crecientes desafíos ambientales, con los tribunales asumiendo un rol cada vez más activo en la interpretación y aplicación de los derechos ambientales y en la consecución de los ODS de la Agenda 2030 (Freiria, 2020). Las políticas ambientales eficaces requieren una evaluación continua, la participación de las partes interesadas y una gestión adaptativa para proteger los ecosistemas y los intereses públicos.

Estas políticas emergen de la necesidad de abordar los crecientes desafíos ambientales que enfrentan las ciudades modernas, integrando consideraciones

ecológicas, sociales y económicas en la planificación urbana. Su desarrollo implica un proceso complejo que abarca desde la identificación de problemas ambientales hasta la implementación de soluciones concretas, pasando por fases de diseño, formulación y evaluación (Pineda *et al.*, 2021). En este proceso, la participación de diversos actores, tales como autoridades gubernamentales, expertos, sociedad civil y comunidades locales son importantes para asegurar la legitimidad y efectividad de las políticas.

La aplicación de estas políticas en el ámbito de las áreas verdes urbanas representa un caso particularmente relevante en México, dada la importancia de estos espacios para la calidad de vida urbana y la sostenibilidad ambiental. La formulación discursiva de las políticas sobre áreas verdes urbanas legitima la acción pública, como se evidenció en el análisis de las políticas implementadas en la Ciudad de México durante el período 2006-2012 (Ballinas & Hernández, 2021). Estos hallazgos subrayan la importancia de adoptar enfoques interdisciplinarios, fomentar la participación ciudadana en la elaboración de políticas y desarrollar estrategias basadas en evidencia científica. Tales aproximaciones son ventajosas para abordar los complejos desafíos que presenta la gobernanza de áreas verdes urbanas y para promover la justicia ambiental en las ciudades mexicanas. Este enfoque integral no solo mejora la gestión de los espacios verdes, sino que también contribuye a la creación de entornos urbanos más equitativos y sostenibles.

III. JUSTIFICACIÓN

Las ciudades, desde su concepción, han sido redes de conectividad entre elementos fundamentales de la vida humana en sociedad, actuando como focos de interacción y desarrollo. Sus distribuciones han demostrado tener un peso significativo en el progreso tanto de las urbes como de sus habitantes.

La creación de infraestructura urbana actual busca generar espacios ergonómicos basados en una evaluación adecuada y eficiente del área gracias a la firma de convenios como la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible, guiando a las ciudades hacia un mundo sostenible y consciente de su impacto que priorizan la productividad, durabilidad y calidad de estas.

Los estudios sobre la expansión urbana y sus efectos en ciudades latinoamericanas han cobrado gran relevancia en las últimas décadas, dada su importancia para la planificación urbana sostenible y la gestión ambiental. Sin embargo, en el caso específico de Villahermosa, Tabasco, se evidencia un número reducido de investigaciones que utilicen sistemas de información geográfica y teledetección para analizar y proyectar el crecimiento urbano y sus impactos que evalúen las dimensiones pertinentes para la ciudad en cuanto a la interacción natural entre los espacios verdes y la urbanización.

En un escenario donde Villahermosa enfrenta importantes desafíos relacionados con el crecimiento desordenado, las inundaciones y la insuficiente protección de los ecosistemas, los análisis espaciales detallados, así como, los modelos y simulaciones de escenarios futuros pueden respaldar decisiones informadas en el ámbito del desarrollo urbano.

La creación de un modelo representativo del estado de la cobertura vegetal en relación la expansión urbana en la zona metropolitana de Villahermosa en un periodo que comprenda de 1986 a 2024, constituye una oportunidad de integración de información que puede servir no solo como base para el desarrollo de estrategias ambientales prácticas, sino también para la formulación e implementación de políticas públicas en el seguimiento continuo de un desarrollo urbano respetuoso con las áreas verdes para favorecer, entre otros, la prevención de desastres ante

eventos climáticos extremos, mejorar la calidad del aire, proporcionar espacios recreativos que protejan la flora y fauna locales, fomentar la participación comunitaria y así, incrementar la resiliencia de la ciudad.

Por tal razón, incorporar estudios basados en sistemas de información geográfica y la teledetección en Villahermosa sobre la interacción de la expansión urbana y las áreas verdes, permitiría no solo entender mejor los patrones de crecimiento urbano y sus impactos ambientales y socioeconómicos, sino también elaborar estrategias de planificación más eficientes y sostenibles.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México

IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cómo ha afectado la expansión urbana a la cobertura vegetal en Villahermosa (1986-2024) y qué estrategias de gestión sostenible pueden aplicarse según proyecciones futuras?

V. HIPÓTESIS

1. La expansión urbana reduce la cobertura vegetal en Villahermosa, Tabasco.

VI. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Evaluar el impacto de la expansión urbana sobre la cobertura vegetal en Villahermosa, Tabasco, durante el período 1986-2024, mediante un modelo de sistemas de información geográfica, analizando sus consecuencias sociales y ambientales.

2. Objetivos Específicos

- a. Desarrollar un modelo geoespacial que analice áreas críticas y represente el estado de la cobertura vegetal en relación la expansión urbana en la zona metropolitana de Villahermosa en un periodo que comprenda de 1986 a 2024.
- b. Realizar análisis espacial y simulaciones de escenarios futuros que proyecten el impacto del marco legislativo y el crecimiento urbano en Villahermosa en la pérdida de áreas verdes y las características socioeconómicas durante el período 1986-2024.
- c. Proponer estrategias de mitigación y restauración ambiental basadas en los resultados del análisis espacial, que permitan una base sólida para la reducción de la pérdida de áreas verdes en Villahermosa para un desarrollo urbano más equilibrado y sostenible.

VII. METODOLOGÍA

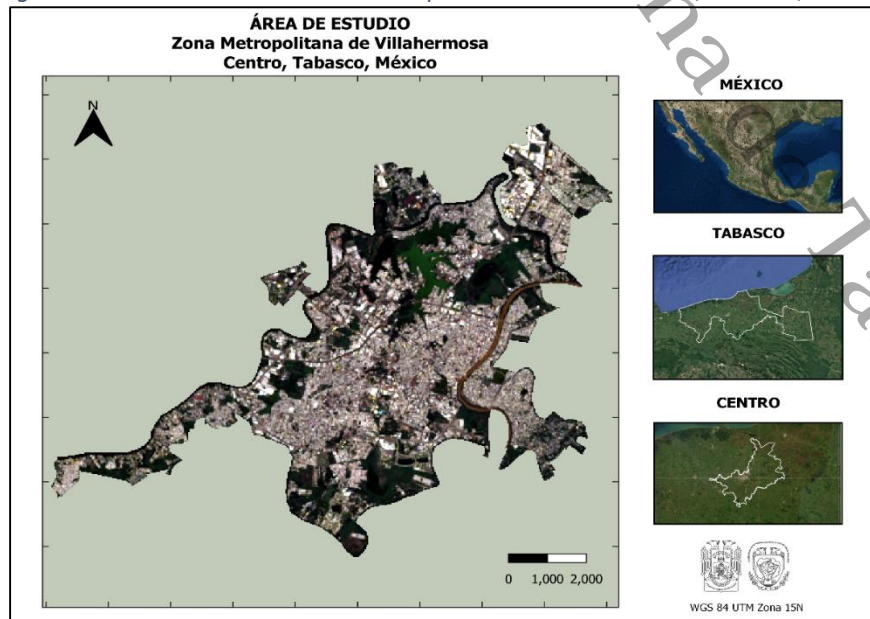
La metodología empleada permitió crear un modelo geoespacial del estado de la cobertura vegetal en la zona metropolitana de Villahermosa mediante un enfoque integral que combinó análisis espacial, evaluación socioeconómica y legislativa, y técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales.

1. Área de Estudio

Delimitación del Área de Estudio

La delimitación se construyó utilizando las divisiones geopolíticas de INEGI, definidas en el sistema de consulta Mapa Digital de México V.6.1., el cual proporcionó el área metropolitana de Villahermosa para su descarga. La superficie delimitada contempló un área total de 64.380 km², la cual fue exportada al programa Google Earth Pro para la generación del polígono utilizado. Esta delimitación territorial incluyó la expansión urbana que trascendió los límites administrativos originales del municipio de Centro, extendiéndose hacia el territorio del municipio de Nacajuca. El polígono fue exportado en formato .kml al programa QGIS Desktop 3.22.12, el cual se utilizó como máscara de recorte de las imágenes satelitales previamente corregidas (Figura 2).

Figura 2. Localización de la Zona Metropolitana de Villahermosa, Tabasco, México



Nota: Elaboración propia

2. Análisis de Impacto Socioeconómico y Legislativo

Análisis Multicriterio (AMC)

Clasificación y Ponderación

Se implementó un AMC para evaluar integralmente los factores que inciden en la cobertura vegetal metropolitana, organizando los criterios en tres categorías principales (Tabla 1).

Por lo tanto, se recopiló información relativa a los aspectos socioeconómicos y legislativos de la metrópolis en concordancia con categorías y criterios que contemplaron los ámbitos de coexistencia de la población socioeconómicamente activa y sus normativas (Grismino & Da Silva, 2023). Los criterios se agruparon en las siguientes categorías:

Tabla 1. Criterios de Estudio Socioeconómico y Legislativo

CATEGORÍAS		
Criterios		
Uso de suelo	Socioeconómicos	Infraestructura
Agricultura	Áreas residenciales	Red de transportes
Ganadería	Áreas Comerciales	
Industria	Áreas Industriales	
	Espacios verdes y áreas recreativa	

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se aplicó el método de comparación por pares de Saaty para establecer jerarquías de importancia, considerando: Impacto en la sostenibilidad ambiental; Relevancia en la planificación urbana e Influencia en la conservación de la cobertura vegetal en el contexto de Villahermosa (Bernal *et al.*, 2022).

Análisis Documental

Se implementó un análisis documental exhaustivo del marco legislativo y normativo principal que regula el desarrollo urbano en la zona de estudio, enfocándose específicamente en:

- Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro
- Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU)

Este análisis documental permitió identificar las políticas, regulaciones y mecanismos de implementación que inciden directamente en los procesos de expansión urbana y conservación de la cobertura vegetal en la región.

Entrevistas con Actores Institucionales

Se ejecutó el proceso de recolección de información a través de encuestas digitales realizadas en Microsoft Forms, dirigidas a funcionarios especializados de: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del Estado de Tabasco, Secretaría de Ordenamiento Territorial y Obras Públicas del Estado de Tabasco y el Colegio de Arquitectos Tabasqueños A.C.

El instrumento aplicado, denominado “Políticas, Regulaciones y Legislación Ambiental en Desarrollo Urbano Villahermosa, Tabasco”, evaluó el estado de la gestión ambiental urbana desde la perspectiva de los actores institucionales involucrados en los procesos de planificación y regulación territorial (Anexo 34).

Análisis Estadístico

Se analizaron específicamente las preguntas 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10 y 12 del formulario de la entrevista, que permitieron observar respuestas categorizadas por institución y medir el nivel de concordancia entre ellas. Se excluyeron aquellas preguntas que presentaban datos conjuntos de las tres instituciones y la pregunta abierta de opinión. Previo a la selección del método de análisis, se realizaron pruebas de normalidad para determinar la distribución de los datos. Se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman para examinar el grado de concordancia y asociación entre las variables, codificando las respuestas obtenidas por institución para convertirlas en ordinales.

Se llevó a cabo un análisis por pares donde A represento a la Secretaría de Medio Ambiente, B la Secretaría de Ordenamiento Territorial y C al Colegio de Arquitectos, realizado posteriormente un promedio general que integró las tres instituciones (Tabla 2).

Tabla 2. Ejemplo de Codificación de Datos

1. ¿Cómo se articula la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU) con los instrumentos de planeación locales en materia ambiental?	
COD	RESPUESTA
4	A través de convenios de coordinación entre niveles de gobierno
3	Mediante la alineación de programas municipales con estatales y federales
2	Por medio de comités técnicos intergubernamentales
1	No existe articulación clara

Fuente: Elaboración propia

3. Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica

Obtención y Procesamiento de Imágenes Satelitales

Se obtuvieron imágenes satelitales de los sensores Landsat 5 TM (1986) y Landsat 9 (2024) a través de la plataforma USGS Earth Explorer. Se buscaron imágenes que contemplaran el área de estudio seleccionada, aplicando criterios de calidad basados en mayor área de cobertura, menos del 10% de cobertura nubosa sobre el área de estudio y bandas espectrales funcionales.

Preprocesamiento de Imágenes Landsat

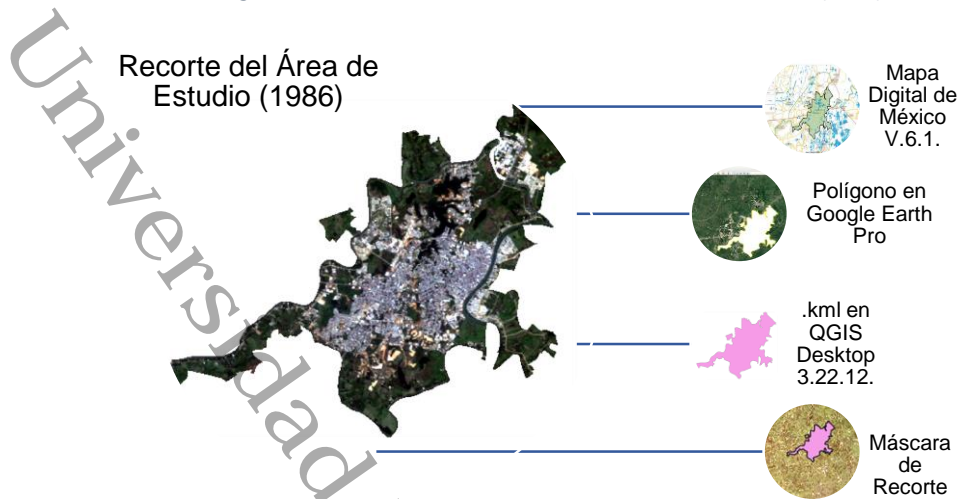
El preprocesamiento de las imágenes se realizó conforme a la metodología de Zhiminaicela *et al.* (2020) mediante el complemento Semi Automatic Classification Plugin (SCP) del software QGIS Desktop 3.22.12 (Congedo, 2021), aplicando los siguientes procedimientos:

- **Corrección geométrica:** Alineación espacial precisa entre imágenes.
- **Corrección radiométrica:** Conversión a reflectancia mediante regresión lineal.
- **Homogeneización de bandas espectrales:** Comparabilidad entre sensores Landsat 5TM y 9.

Recorte del Área de Estudio

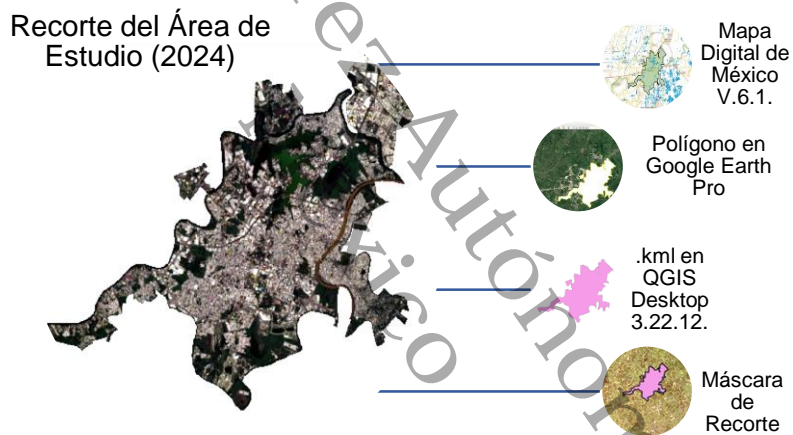
Se utilizó el polígono previamente generado en .kml como máscara de recorte para ambas imágenes satelitales (1986 y 2024) en QGIS Desktop 3.22.12, trabajando en una escala de 1:80,000 (Mogollón & Ortiz, 2021) (fig. 3 y 4).

Figura 3. Proceso de obtención del recorte de área de estudio (1986)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: QGIS Desktop 3.22.12

Figura 4. Proceso de obtención del recorte de área de estudio (2024)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: QGIS Desktop 3.22.12

Clustering y Análisis de Componente Principales (PCA)

Se aplicaron métodos de clustering para clasificar la cobertura vegetal en el área de estudio, utilizando el plugin SCP de QGIS para una clasificación no supervisada inicial. El procesamiento se realizó mediante:

- **K-means:** Aplicado inicialmente para obtener una clasificación general de las áreas con clara diferencia espectral.
- **ISODATA:** Utilizado posteriormente para refinar la clasificación en zonas de transición y mayor complejidad.

Simultáneamente, se ejecutó el análisis de Componentes Principales (PCA) para reducir la dimensionalidad de los datos, eliminando redundancias y facilitando la identificación de patrones clave en la cobertura vegetal. Los componentes principales generados permitieron una representación más eficiente de las variables originales, mejorando la interpretación de las relaciones espaciales (Tello & Díaz, 2021).

Reclasificación

Se aplicó una metodología de clasificación supervisada utilizando áreas de entrenamiento (ROI – Regions of Interest) para diferenciar los tipos de vegetación y estructuras urbanas presentes en el área de estudio. La clasificación se basó en los criterios estándar establecidos por INEGI para el mapeo de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2021), complementados con las categorías conceptuales desarrolladas por CONABIO para la caracterización de ecosistemas (CONABIO, 1999). Las Macrocategorías del mapa fueron adaptadas a las condiciones locales observadas en Villahermosa, siguiendo las metodologías de ambas instituciones (Pineda & Jaramillo, 2022). La Tabla 3 presenta los criterios de clases utilizados como referencia conceptual para la definición de las categorías de cobertura.

Tabla 3 Criterios de Clases INEGI y CONABIO

CLASES DE COBERTURA	%	DESCRIPCIÓN
Vegetación Densa	>70%	Bosques y Selvas
Vegetación Mediana	40-70%	Vegetación Secundaria
Vegetación Dispersa	10-40%	Pastizales y Matorrales
Áreas Verdes Urbanas		Parques, Jardines, Camellones
CLASES DE USO URBANO		DESCRIPCIÓN
Zona Urbana Consolidada		Áreas edificadas Densas
Zona Urbana en Expansión		Desarrollos Recientes
Infraestructura		Vialidades, Equipamiento Urbano
Cuerpos de Agua		Ríos, Lagunas, Humedales

Fuente: Elaboración Propia

El proceso se verificó con recopilación de datos en terreno utilizando dispositivos GPS para obtener coordenadas precisas (Palma, 2015). Adicionalmente, se realizó una verificación digital mediante Seek de iNaturalist, aplicación de identificación automatizada de especies basada en reconocimiento de imágenes por inteligencia artificial (California Academy of Sciences & National Geographic Society, 2023);

este proceso fue realizado bajo la supervisión del profesional en botánica como último filtro de validación de las áreas y especies identificadas.

Clasificación de Macrocategorías

La información se organizó en Macrocategorías definidas según las características y especies dominantes documentadas en campo (Tabla 4). Esta categorización agilizó el cálculo del área de cada cobertura terrestre por su porcentaje de presencia. Las clases relacionadas con el uso urbano se utilizaron principalmente para el análisis espacial y la cuantificación de la expansión urbana, integrándose posteriormente en la macrocategoría de Área Urbana para la representación cartográfica final.

Tabla 4 Clases Validadas en Macrocategorías

Clases Validadas en Macrocategorías		
Macrocategorías	Especies Indicadoras	Criterio de Clasificación
Vegetación de Rivera de Laguna	<i>Andira galeottiana</i> <i>Inga vera</i> <i>Salix babylonica</i> <i>Schoenoplectus acutus</i>	Humedad de suelo, proximidad hídrica.
Vegetación Selvática	<i>Sterculia apetala</i> <i>Ceiba pentandra</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Delonix regia</i> <i>Tabebuia rosea</i>	Cobertura densa, estructura vertical.
Vegetación Introducida	<i>Ficus benjamina</i> <i>Samanea saman</i>	Origen antrópico, distribución urbana.
Área Urbana	Infraestructura Edificios Casas Habitación	Infraestructura consolidada, construcción permanente.
Red de Transporte	Carreteras Calles	Infraestructura consolidada, construcción permanente, servicios.
Cuerpos de Agua	Ríos Lagunas	Presencia hídrica permanente.

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Tendencias y Proyecciones

El análisis de tendencias se realizó mediante el programa Idrisi. Los rásters de las áreas de estudio reclasificadas fueron exportados en formato Idrisi Ráster A.1. El procesamiento a través del Modelador de Tendencias Terrestres permitió cuantificar tanto las pérdidas como las ganancias de cada tipo de cobertura, así como identificar los patrones espaciales de transición entre las diferentes clases de uso de suelo (Figueroa & Rivera, 2024).

Para asegurar la fiabilidad del modelo de análisis de cambio de Márkov, se implementaron las siguientes medidas:

- **Validación y calibración del modelo:** Se calibró con datos históricos para el periodo 1986-2024, normalizando los datos en términos de escala, proyección y clasificación.
- **Homogeneidad del análisis:** Se aplicó para detectar un periodo de 38 años, identificando patrones y permitiendo simular futuros escenarios de cambio.
- **Matriz de transición:** Se calculó para obtener una representación precisa de la frecuencia con la que los criterios cambian de un estado a otro.

Los análisis estadísticos y espaciales derivados de esta metodología proporcionaron una base sólida para comprender la magnitud y dirección de los cambios territoriales, estableciendo las bases para evaluar el impacto específico de la expansión urbana sobre las coberturas vegetales de la región.

VIII. RESULTADOS

Los resultados que se presentan a continuación se estructuran de acuerdo con los objetivos planteados en la metodología, ofreciendo una caracterización exhaustiva de la vegetación urbana y su relación con el desarrollo urbano en Villahermosa, así como recomendaciones basadas en los escenarios futuros simulados para la implementación de políticas orientadas a la sostenibilidad ambiental de la ciudad.

1. Análisis de Impacto Socioeconómico y Legislativo

Clasificación y Ponderación

Para el análisis de impacto socioeconómico y legislativo, se realizó el proceso de asignación de pesos a los criterios mediante el método de comparación por pares de Saaty, lo que permitió establecer una jerarquía relativa con los criterios establecidos en concordancia con su importancia e impacto entre los factores analizados.

La Tabla 5 muestra el valor obtenido por cada criterio. Los valores reflejaron la importancia relativa de cada factor vertical en contraste con el factor horizontal dentro del análisis multicriterio.

Tabla 5. Matriz de Comparación Saaty

MATRIZ DE COMPARACIÓN SAATY								
Criterios	Agricultura	Ganadería	Industria	Áreas residenciales	Áreas Comerciales	Áreas Industriales	Espacios verdes y áreas recreativa	Red de transportes
Agricultura	1	5	5	3	3	5	0.25	3
Ganadería	0.20	1	3	0.333	3	3	0.333	3
Industria	0.20	0.333	1	0.333	2	2	0.20	2
Áreas residenciales	0.333	3	3	1	3	3	0.333	2
Áreas Comerciales	0.333	0.333	1	0.333	1	1	0.143	2
Áreas Industriales	0.20	0.333	1	0.333	2	1	0.143	0.333
Espacios verdes y áreas recreativa	4	3	5	3	7	7	1	5
Red de transportes	0.333	0.333	1	1	1	3	0.20	1
SUMA	6.599	13.332	18.5	8.83	21.5	24.5	2.60	18.333

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 6 muestra los pesos finales asignados a cada criterio tras el proceso de normalización. Los valores reflejaron la importancia relativa de cada factor en el análisis multicriterio, donde la suma total equivalió a 1 (100%).

Tabla 6. Representatividad y Peso por Criterio

REPRESENTATIVIDAD POR CRITERIO								PESO POR CRITERIO	%
0.15	0.38	0.27	0.34	0.14	0.20	0.10	0.16	0.22	20%
0.03	0.08	0.16	0.04	0.14	0.12	0.13	0.16	0.11	12%
0.03	0.02	0.05	0.04	0.09	0.08	0.08	0.11	0.06	7%
0.05	0.23	0.16	0.11	0.14	0.12	0.13	0.11	0.13	13%
0.05	0.02	0.03	0.04	0.05	0.02	0.05	0.11	0.05	5%
0.03	0.02	0.03	0.04	0.09	0.05	0.05	0.02	0.04	5%
0.61	0.23	0.27	0.34	0.33	0.29	0.38	0.27	0.34	32%
0.05	0.02	0.03	0.06	0.02	0.12	0.08	0.05	0.05	6%
								SUMA	100%

Fuente: Elaboración propia.

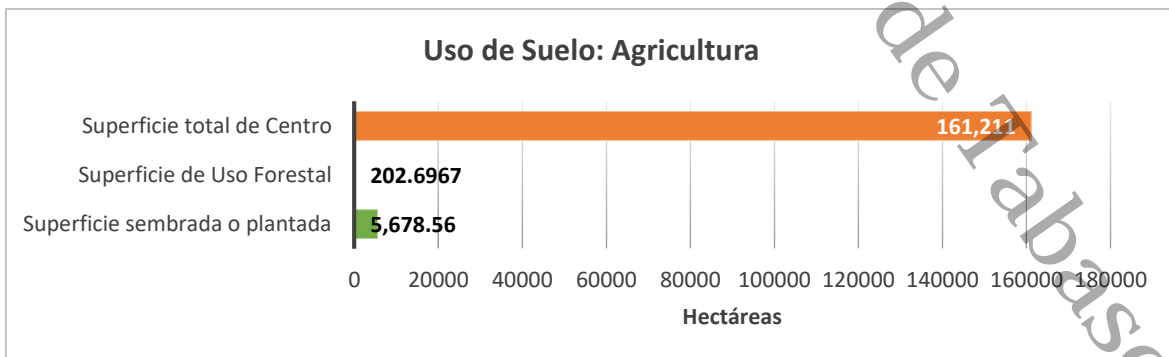
Análisis Multicriterio (AMC)

Una vez establecidas las ponderaciones, se recopiló información relevante por criterio que mostrara su impacto cuantitativo dentro de Villahermosa a través de un AMC. Los datos se distribuyeron en tres macrogrupos para agilizar su análisis y representación visual: *Uso de suelo* (agricultura, ganadería e industria), *Socioeconómico* (áreas residenciales, comerciales, industriales, espacios verdes y recreativos) e *Infraestructura* (red de transporte)

- **Uso de suelo**

Agricultura: El municipio de Centro. Al cual pertenece la zona metropolitana de Villahermosa cuenta con una superficie forestal de 202.6967 ha y una superficie sembrada de 5,678 ha, en comparación con su superficie total de 161,211 ha, según el Censo Agropecuario 2022 de INEGI (fig. 5).

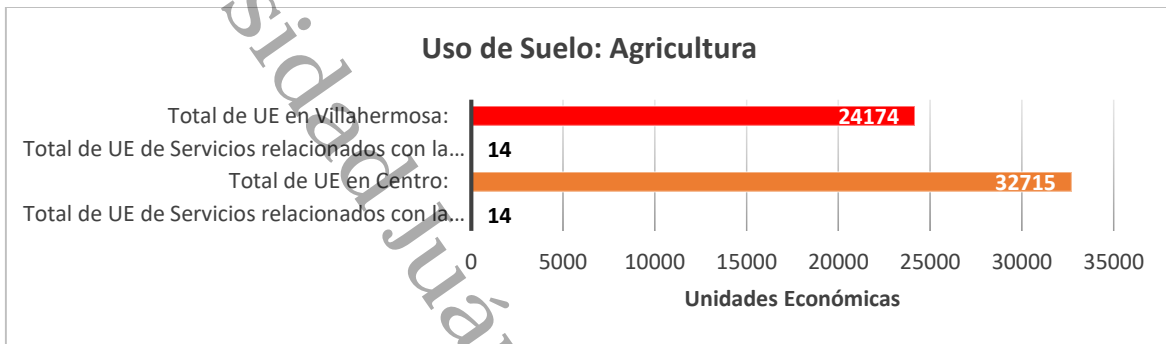
Figura 5. Uso de Suelo: Agricultura (ha)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: INEGI. Censo Agropecuario 2022 (Mapa Digital INEGI). Recuperado el 20 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos

Para el análisis específico de Villahermosa, se utilizaron las Unidades Económicas (UE) del Directorio Estadístico Nacional de INEGI, identificando 14 UE en la categoría de Servicios relacionados con la Agricultura, representando el total existente en el municipio de Centro (fig. 6).

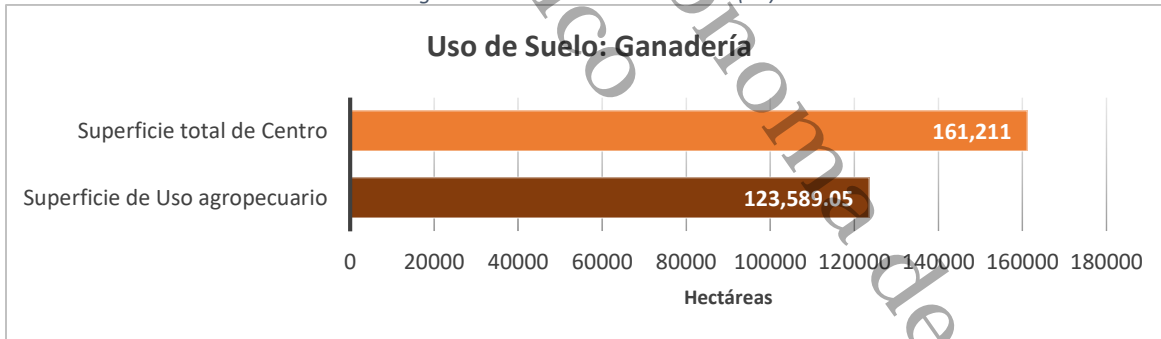
Figura 6. Uso de Suelo: Agricultura (Unidades Económicas)



Fuente: (UE) Unidades Económicas. Elaboración propia. Fuentes: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Recuperado el 20 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos

Ganadería: El municipio de Centro, registra una superficie de uso agropecuario de 123,589 ha del total de 161,211 ha disponibles, según el Censo Agropecuario 2022 (fig. 7).

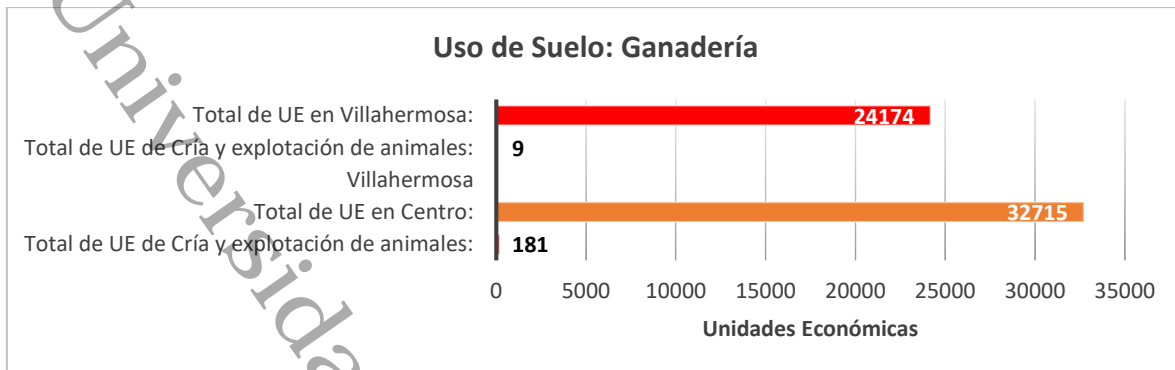
Figura 7. Uso de Suelo: Ganadería (ha)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: INEGI. Censo Agropecuario 2022 (Mapa Digital INEGI). Recuperado el 20 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos

En la zona metropolitana de Villahermosa se identificaron 9 UE en la categoría de Cría y explotación de animales, de las 181 existentes en todo el municipio de Centro (fig. 8).

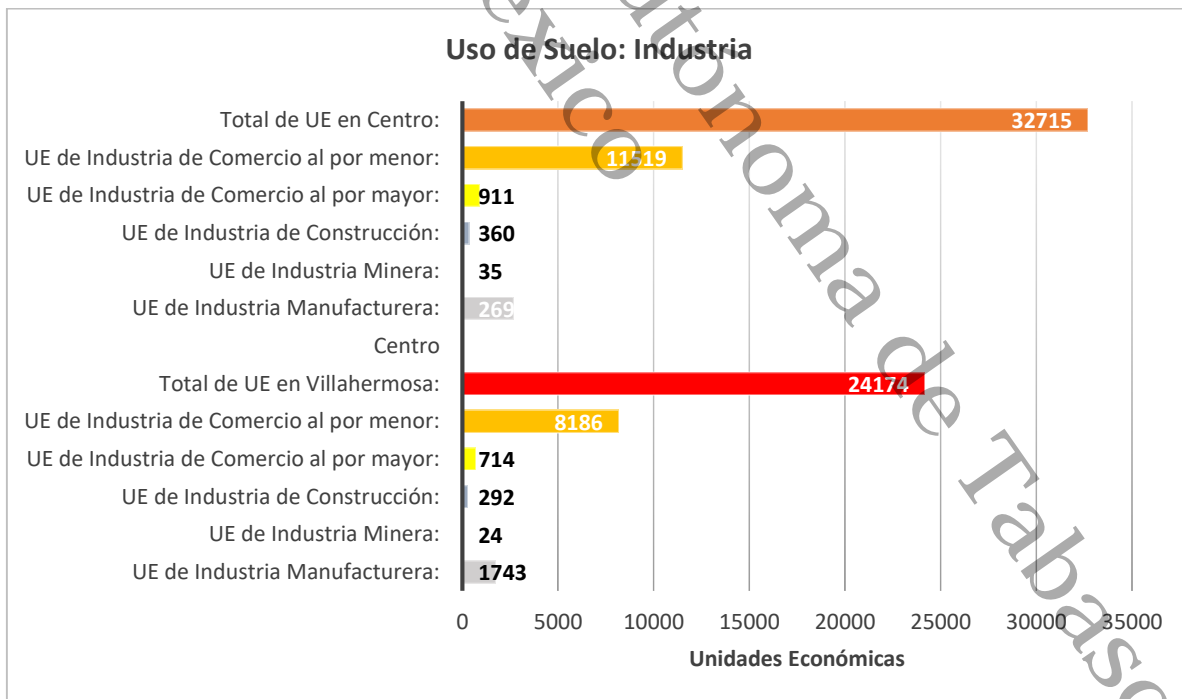
Figura 8. Uso de Suelo: Ganadería (Unidades Económicas)



Fuente: (UE) Unidades Económicas. Elaboración propia. Fuentes: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Recuperado el 20 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos

Industria: Se analizaron las siguientes categorías industriales con sus respectivas UE en Villahermosa: Comercio al por menor con 8,186 UE de 11,519 totales en Centro; Comercio al por mayor 714 UE de 911 totales; Construcción con 292 UE de 360 totales; Minería 24 UE de 35 totales y Manufacturera con 1,743 UE de 2,690 totales (fig. 9).

Figura 9. Uso de Suelo: Industria (Unidades Económicas)

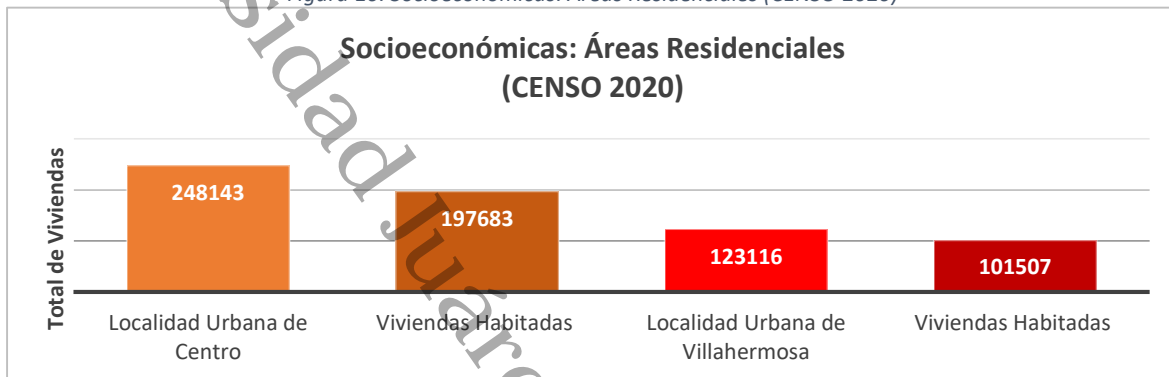


Fuente: (UE) Unidades Económicas. Elaboración propia. Fuentes: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Recuperado el 20 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos; INEGI. Censo Económico 2019 (Mapa Digital INEGI). Recuperado el 20 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos

- **Socioeconómico**

Áreas Residenciales: Según el Censo 2020 de INEGI, el municipio de Centro registra un total de 248,143 viviendas, de las cuales 197,683 están habitadas. En la zona metropolitana de Villahermosa se contabilizaron 123,116 viviendas totales y 101,507 viviendas habitadas (fig. 10).

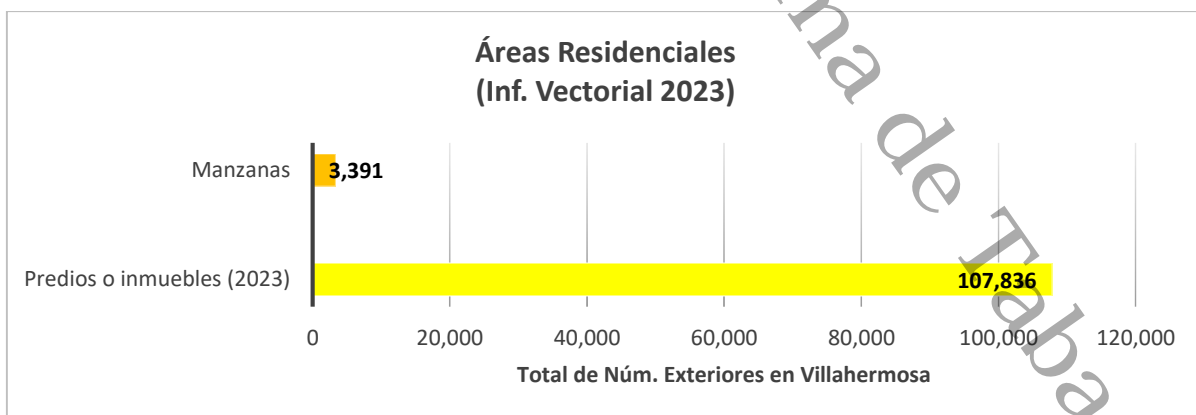
Figura 10. Socioeconómicas: Áreas Residenciales (CENSO 2020)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: INEGI. Cartografía geoestadística urbana, Cierre del Censo de Población y Vivienda 2020. Centro. (Archivo Excel). Recuperado el 17 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos; Atlas de Género del Estado de Tabasco: Hogares censales según persona de referencia hombre o mujer de <https://atlasdegenero.tabasco.gob.mx/descarga-de-datos/>

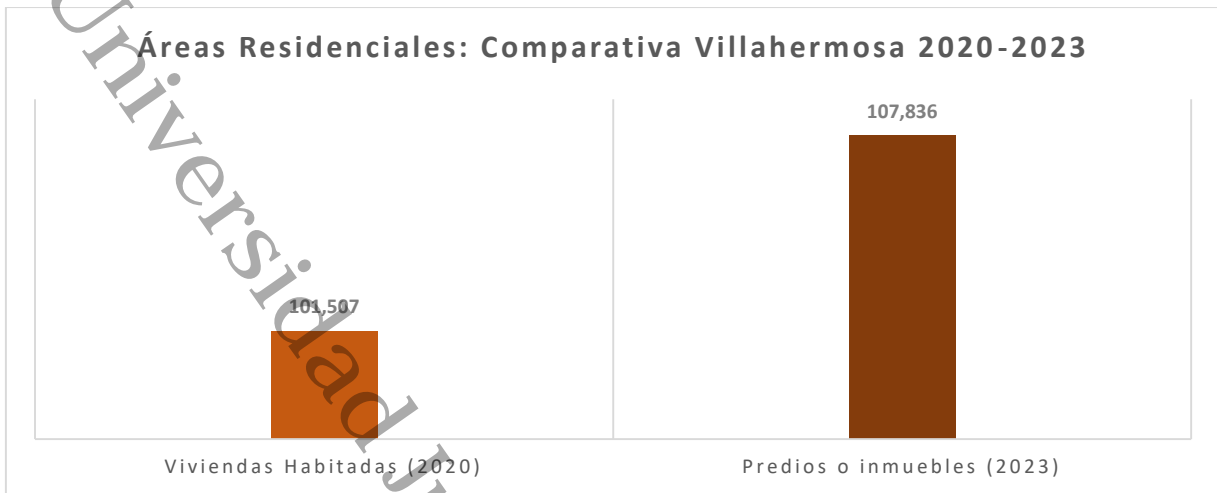
Los datos de la Información Vectorial 2023 de INEGI muestran que Villahermosa cuenta con 3,391 manzanas y 107,836 predios o inmuebles (fig. 11). La comparativa entre 2020 y 2023 evidencia el crecimiento residencial continuo en la zona metropolitana (fig. 12).

Figura 11. Áreas Residenciales (Inf. Vectorial 2023)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: Elaboración propia. INEGI. Información vectorial de localidades amezanadas y números exteriores 2023. Centro. (Archivos Vectoriales). Recuperado el 17 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos

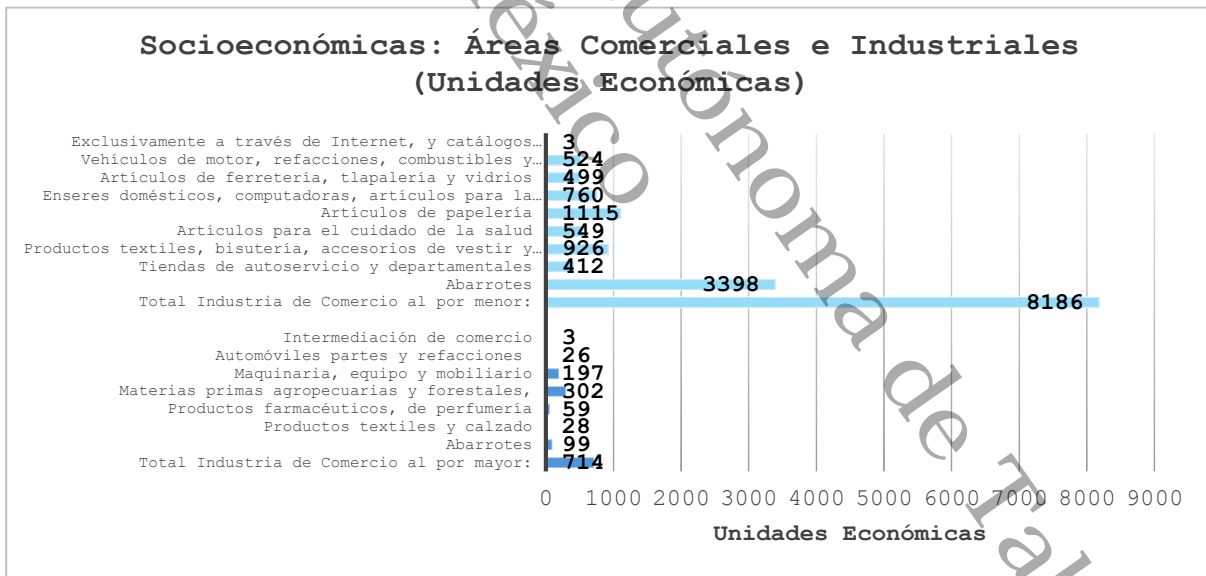
Figura 12. Áreas Residenciales: Comparativa Villahermosa 2020-2023



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: INEGI. Cartografía geoestadística urbana, Cierre del Censo de Población y Vivienda 2020. Centro. (Archivo Excel). Recuperado el 17 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos; Atlas de Género del Estado de Tabasco: Hogares censales según persona de referencia hombre o mujer de <https://atlasdegenero.tabasco.gob.mx/descarga-de-datos/>; INEGI. Información vectorial de localidades ameznadas y números exteriores 2023. Centro. (Archivos Vectoriales). Recuperado el 17 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos

Áreas Comerciales e Industriales: Se Identificaron 8,186 UE de comercio al por menor y 714 UE de comercio al por mayor en Villahermosa (fig. 13).

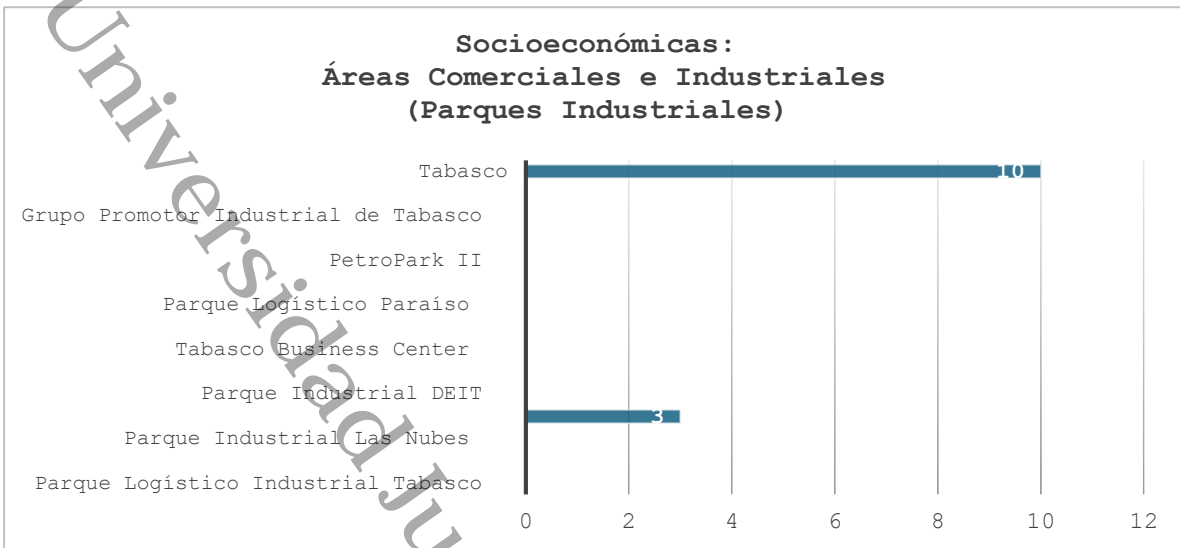
Figura 13. Socioeconómicas: Áreas Comerciales e Industriales (Unidades Económicas)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Recuperado el 20 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos

Adicionalmente, la ciudad cuenta con 3 de los 10 parques industriales existentes en el estado de Tabasco (fig. 14).

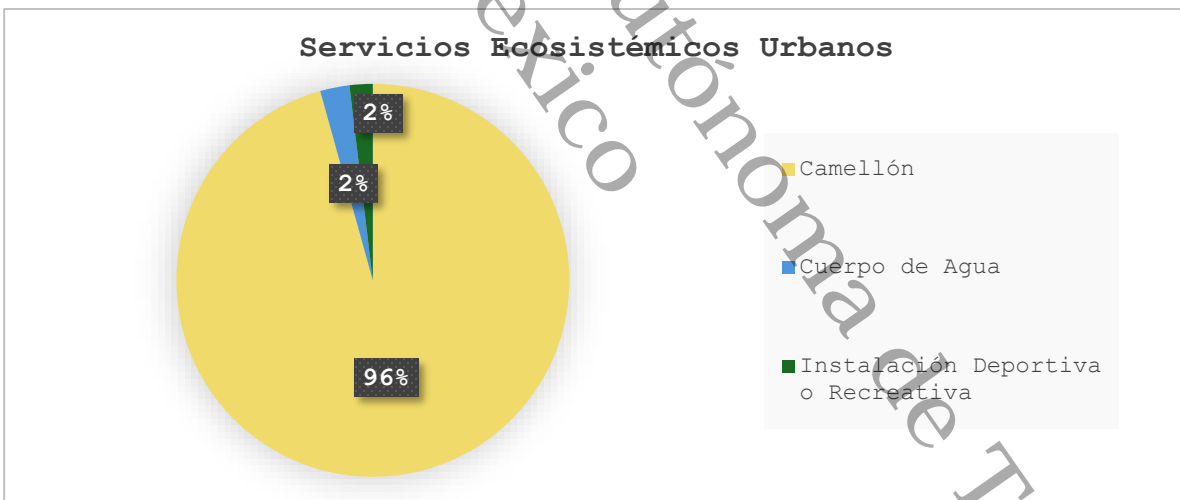
Figura 14. Socioeconómicas: Áreas Comerciales e Industriales (Parques Industriales)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: Recuperado el 20 de enero del 2025 de <https://parques-industriales.com/villahermosa>

Espacios Verdes y Áreas Recreativas: El análisis de servicios ecosistémicos urbanos, basado en el Mapa Digital de México de INEGI, identificó la distribución de camellones, cuerpos de agua e instalaciones deportivas o recreativas (fig. 15).

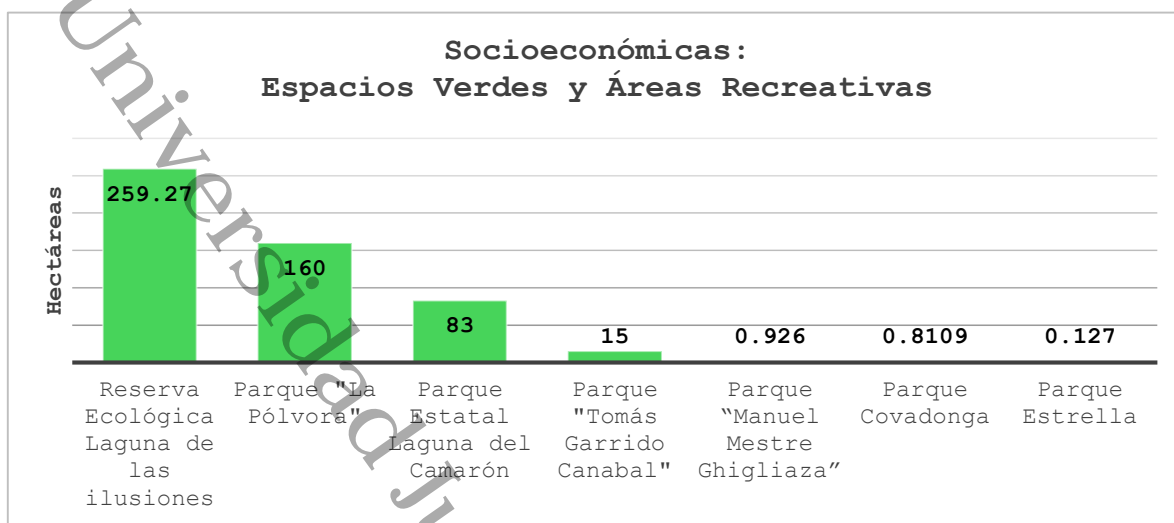
Figura 15. Servicios Ecosistémicos Urbanos



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: Mapa Digital de México V.6.1. INEGI. Recuperado el 11 de marzo del 2025 de <https://gaia.inegi.org.mx/mdm6/v=bGF00jizLjMyMDA4LGxvbjotMTAvLjE0NTY1LHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dDEwMjNlcw==> y <https://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF00jE3LjI5MjU0LjE0NTY1LHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dDEwMjNlcw==>

Destaca por su extensión la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones como el principal espacio verde de la ciudad (fig. 16).

Figura 16. Socioeconómicas: Espacios Verdes y Áreas Recreativas

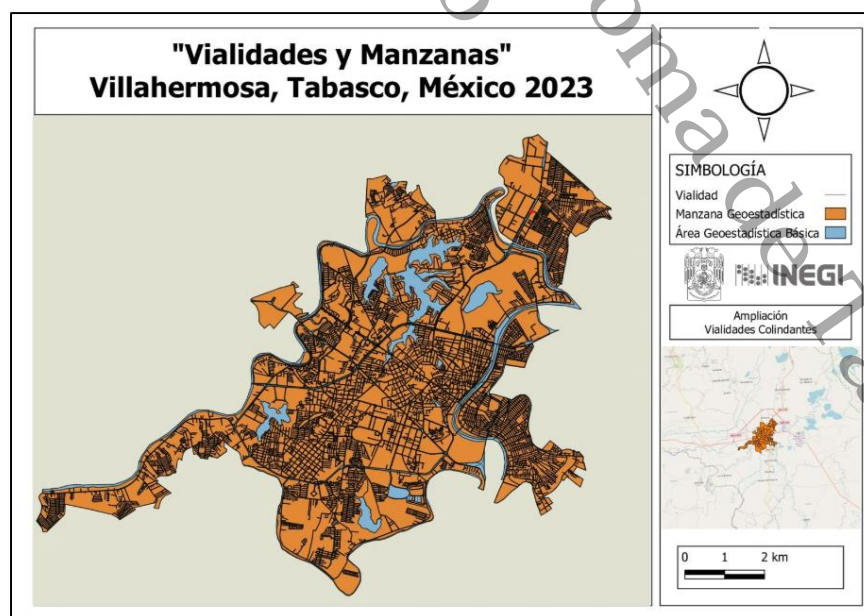


Fuente: Elaboración propia. Fuentes: Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas. Portal Tabasco. Recuperado el 20 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos; Portal Tabasco. Rescatamos espacios públicos para reforzar tejido social: Carlos Merino. Recuperado el 20 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos

- **Infraestructura**

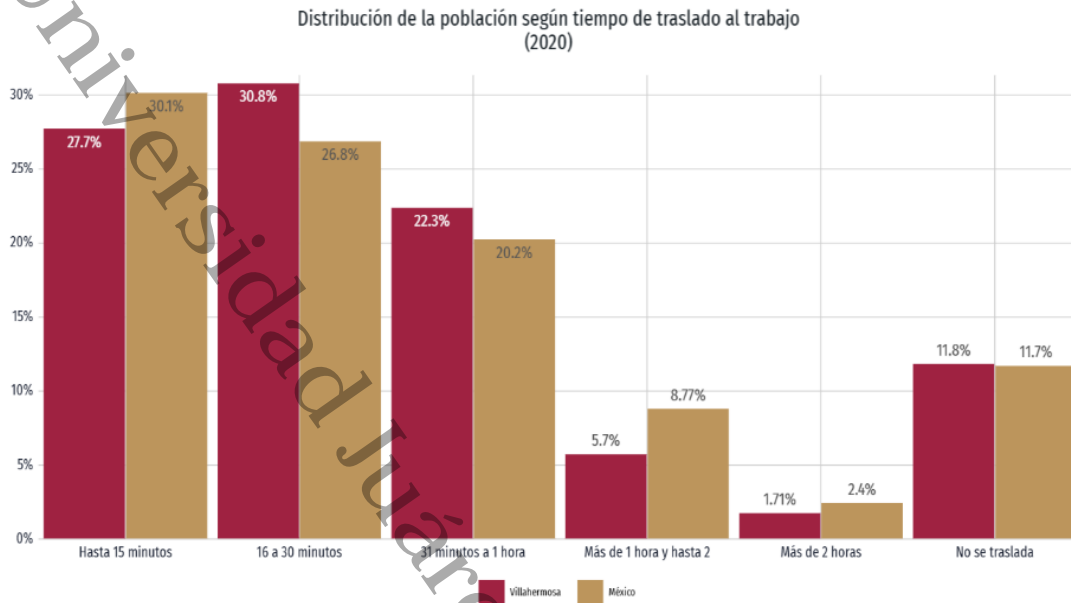
Red de Transporte: La Información Vectorial 2023 de INEGI muestra las vialidades existentes en la zona metropolitana, expuesta a través de un Mapa de Vialidades (fig. 17). El Mapa Digital contabiliza un total de 10,046 calles en Villahermosa. Los datos de movilidad urbana indican los patrones de desplazamiento de la población según el tiempo de traslado al trabajo (fig. 18).

Figura 17. Mapa Vialidades y Manzanas



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: INEGI. Información vectorial de localidades amezanadas y números exteriores 2023.Centro. (Archivos Vectoriales). Recuperado el 17 de enero del 2025 de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#datos_abiertos

Figura 18. Data México Distribución de la población según tiempo de traslado al trabajo (2020)



www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/villahermosa

Fuente: Obtenido de Gobierno de México. Fuente: Data México Villahermosa Zona Metropolitana de www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/villahermosa#population-pyramid

Análisis Documental y Entrevistas a Actores Clave

Análisis Documental del Marco Legislativo

Se realizó un análisis documental exhaustivo de las políticas y regulaciones vigentes para profundizar en el marco legislativo ambiental urbano (Anexo 1). Los hallazgos principales se sintetizaron organizando de manera estructurada los criterios del análisis, instrumentos normativos evaluados, programas municipales relevantes y aspectos de sostenibilidad identificados.

Este análisis se derivó del examen sistemático de instrumentos legales clave, destacando el Programa Municipal De Desarrollo Urbano De Centro, Tabasco y diversas normativas federales, particularmente la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU).

Entrevistas con Actores Institucionales

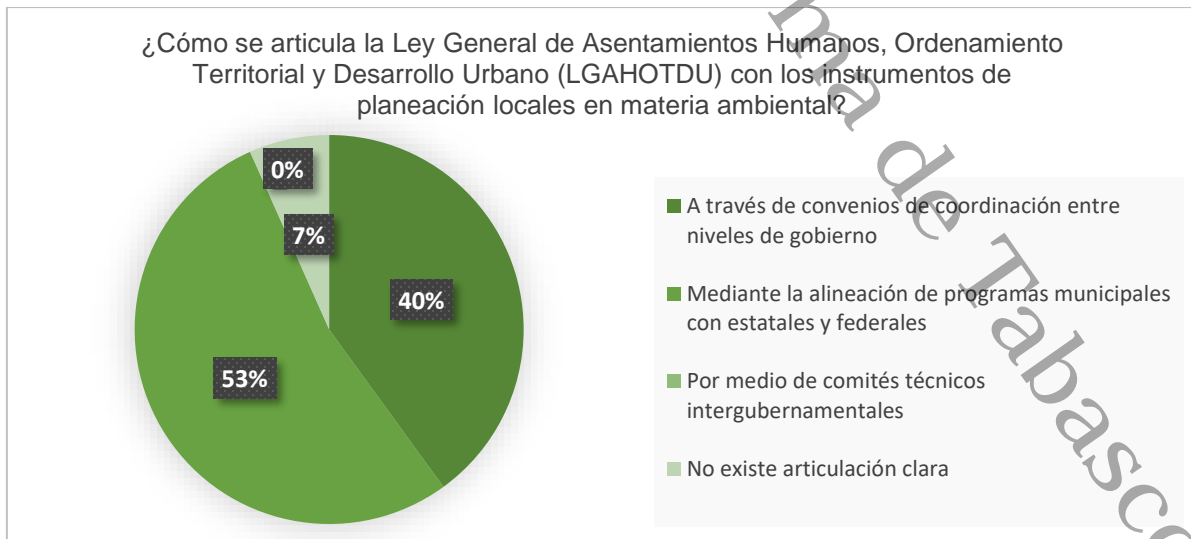
Se aplicó el instrumento "Políticas, Regulaciones y Legislación Ambiental en Desarrollo Urbano Villahermosa, Tabasco", para evaluar el estado de la gestión ambiental urbana desde la perspectiva de actores institucionales involucrados en la planificación y regulación territorial. Los actores participantes fueron los equipos de trabajo de las dependencias: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Secretaría de Ordenamiento Territorial y Obras Públicas y el Colegio de Arquitectos Tabasqueños A.C (Anexo 2 al 16).

Resultados de Actores Gubernamentales

- **Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Los resultados revelaron que el 53% de los encuestados identifica la articulación de programas municipales con estatales y federales como el principal mecanismo de articulación entre la LGAHOTDU y los instrumentos de planeación ambiental local. El 40% señaló que esta articulación se materializa mediante convenios de coordinación entre diferentes niveles de gobierno. Es notable que el 7% de los participantes considera que no existe articulación clara entre estos instrumentos normativos (fig. 19).

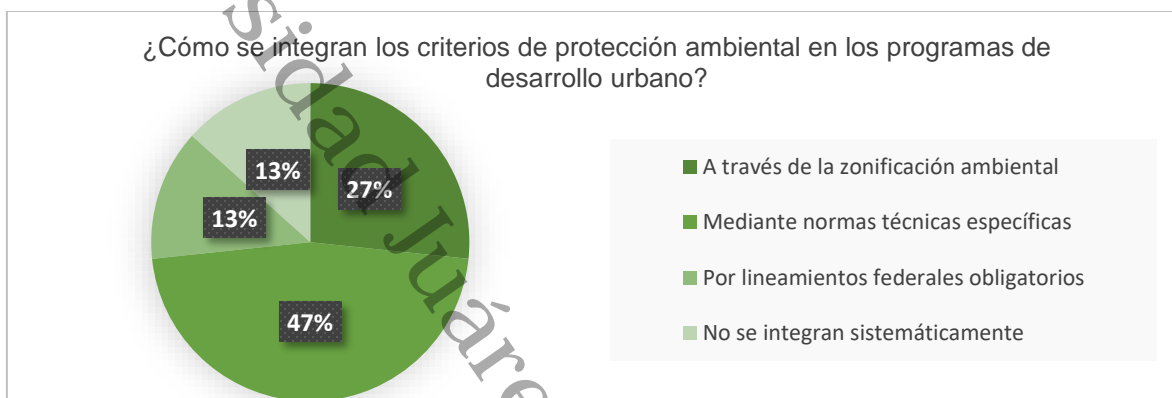
Figura 19. Encuesta: Pregunta 1 (SMA)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=IprLink>

Respecto a la integración de criterios ambientales, el 47% prefirieron las normas técnicas específicas como principal mecanismo, complementándose con la zonificación ambiental (27%), para la aplicación territorial de criterios según las características específicas de cada área urbana (fig. 20).

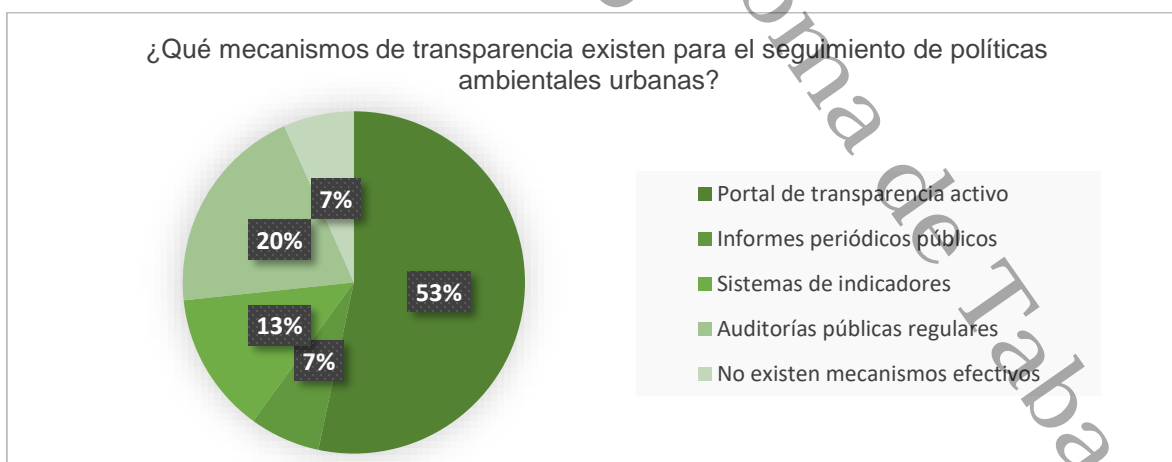
Figura 20. Encuesta: Pregunta 4 (SMA)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=lprLink>

En transparencia, el 53% destacaron los portales de transparencia activos, seguido por auditorías públicas regulares (20%) e indicadores ambientales (13%). Los informes periódicos públicos y la ausencia de mecanismos efectivos obtuvieron 7% cada uno (fig. 21).

Figura 21. Encuesta: Pregunta 12 (SMA)

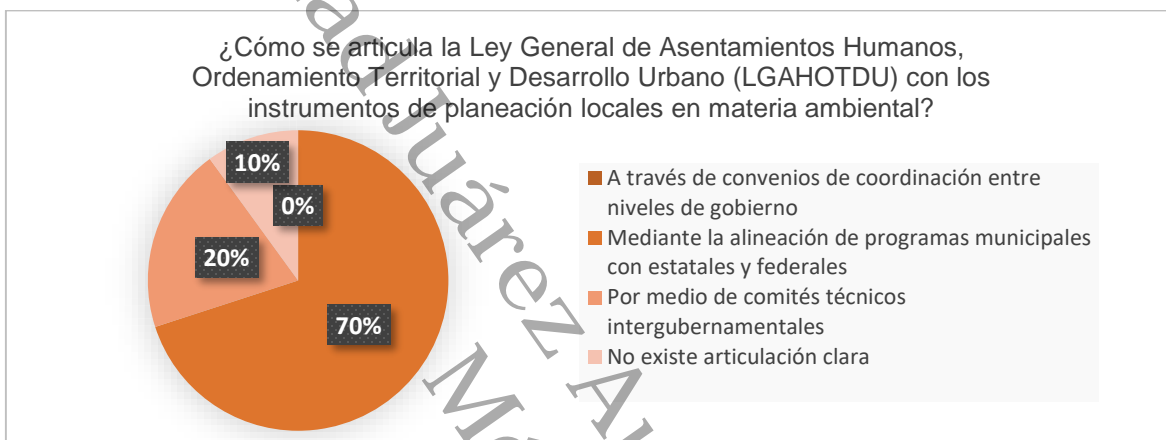


Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=lprLink>

- **Secretaría de Ordenamiento Territorial y Obras Públicas**

El 70% enfatizaron la alineación de programas municipales, estatales y federales como mecanismo predominante, sin reportar participación en convenios de coordinación (0%). El 20% consideró que se incorporen comités técnicos como herramienta de planeación local, aunque persiste un 10% que identifica deficiencias en la articulación normativa (fig. 22).

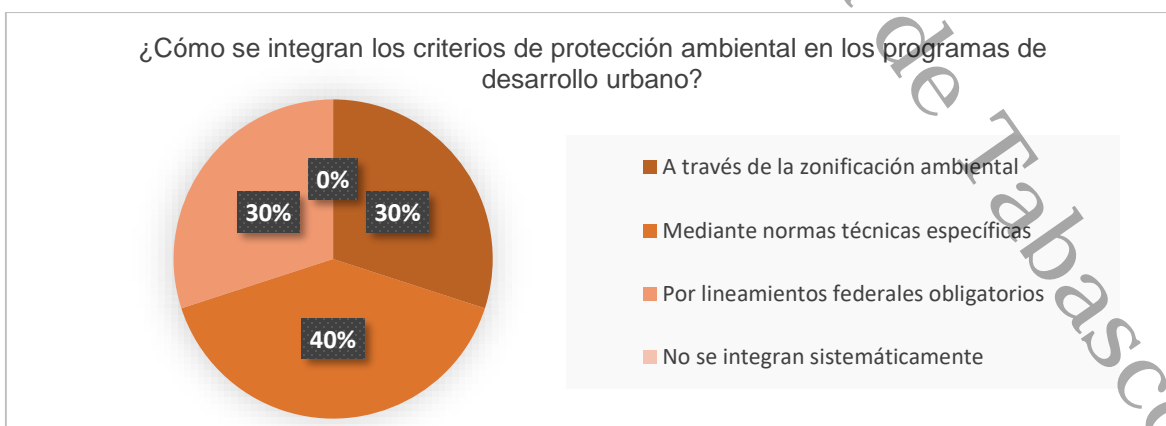
Figura 22. Encuesta: Pregunta 1 (SOTOP)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4MI?origin=IprLink>

La integración de criterios mostró una distribución equilibrada: normas técnicas específicas (40%), zonificación ambiental y lineamientos federales (30% cada uno). No se reportaron percepciones sobre falta de integración sistemática (0%) (fig. 23).

Figura 23. Encuesta: Pregunta 4 (SOTOP)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4MI?origin=IprLink>

En transparencia, el portal activo lideró con un 40%, pero preocupa que 30% halla indicado ausencia de mecanismos efectivos. El 30% restante se distribuyó uniformemente entre informes periódicos, sistemas de indicadores y auditorías públicas (10% cada uno) (fig. 24).

Figura 24. Encuesta: Pregunta 12 (SOTOP)

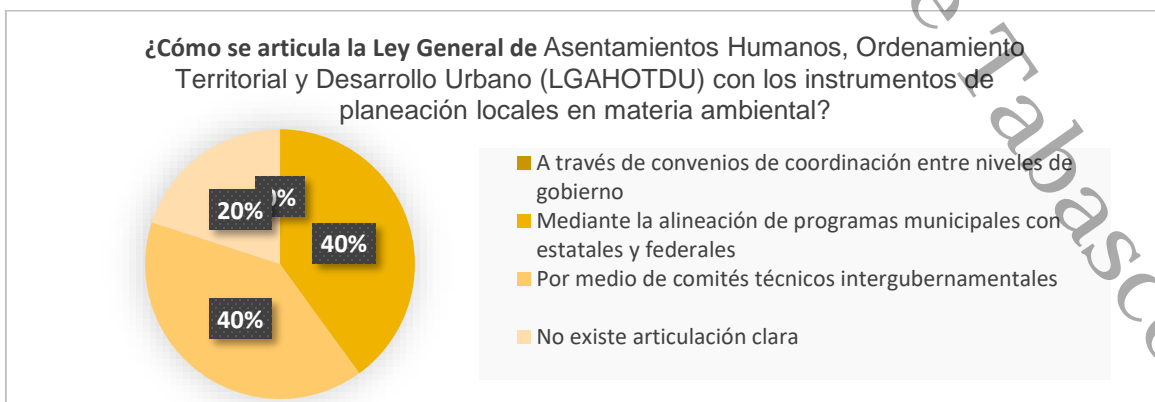


Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=lprLink>

- **Colegio de Arquitectos Tabasqueños A.C.**

El Colegio de Arquitectos Tabasqueños A.C. está representado por especialistas, en su mayoría docentes con entre 10 y 40 años de experiencia. Esta trayectoria profesional respalda el valor y relevancia de sus aportaciones al estudio. Los arquitectos mostraron una perspectiva equilibrada: 40% reconocieron tanto la alineación de programas como la importancia de comités técnicos intergubernamentales, reflejando la perspectiva técnica especializada del gremio (fig. 25).

Figura 25. Encuesta: Pregunta 1 (CAT)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=lprLink>

Predominaron los lineamientos federales obligatorios (60%) como principal mecanismo de integración. El 20% reconoció normas técnicas específicas, mientras otro 20% consideró que los criterios no se integran sistemáticamente y no se utiliza la zonificación ambiental (0%) (fig. 26).

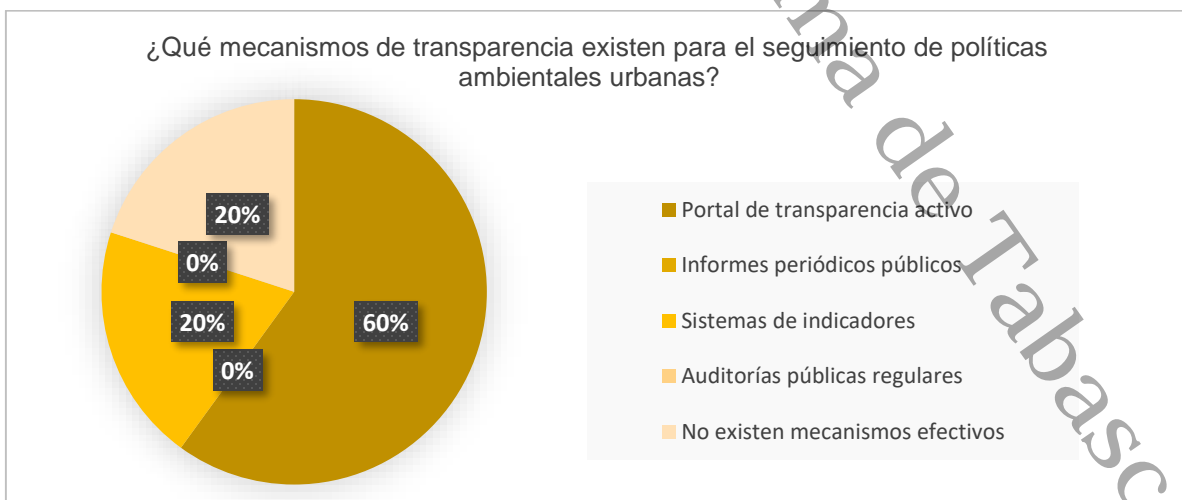
Figura 26. Encuesta: Pregunta 4 (CAT)



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=lprLink>

El portal de transparencia activo dominó con 60%, superando significativamente otras instituciones. Los sistemas de indicadores y la ausencia de mecanismos efectivos compartieron 20% cada uno (fig. 27).

Figura 27. Encuesta: Pregunta 1 (CAT)



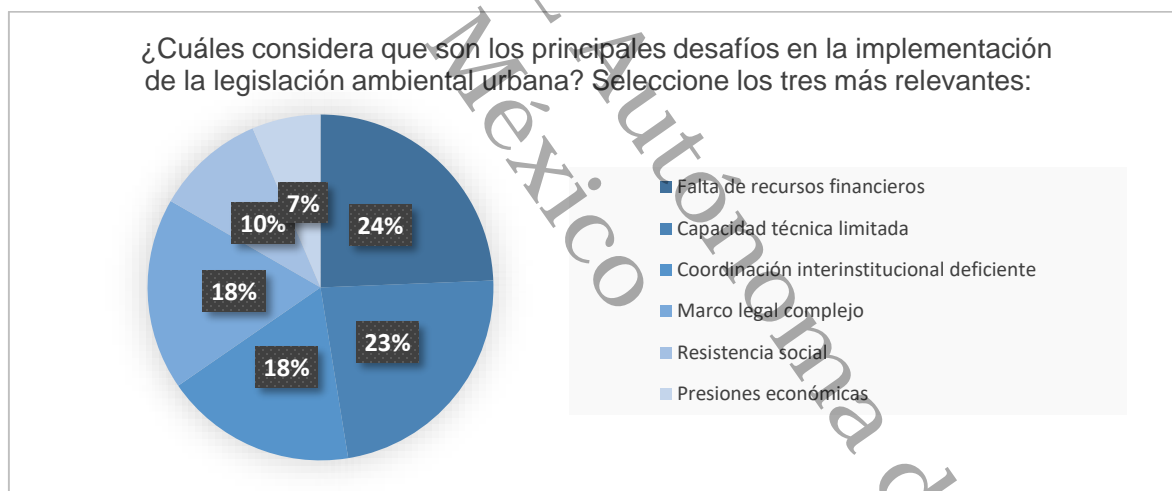
Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=lprLink>

- **Análisis Conjunto: Preguntas de Respuestas Múltiples**

Debido al tipo de pregunta, de selección múltiple, permitió que el análisis fuese conjunto conforme a las respuestas de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Secretaría de Ordenamiento Territorial y Obras Públicas del Estado de Tabasco, y el Colegio de Arquitectos Tabasqueños A.C (Anexo 17 al 20).

El análisis conjunto reveló patrones significativos en la percepción de las instituciones. Los principales obstáculos identificados mostraron que la falta de recursos financieros (24%) y la capacidad técnica limitada (23%) dominan las preocupaciones, seguidos por el marco legal complejo y la coordinación interinstitucional deficiente (18% cada uno). La resistencia social (10%) representó el menor impedimento percibido (fig. 28).

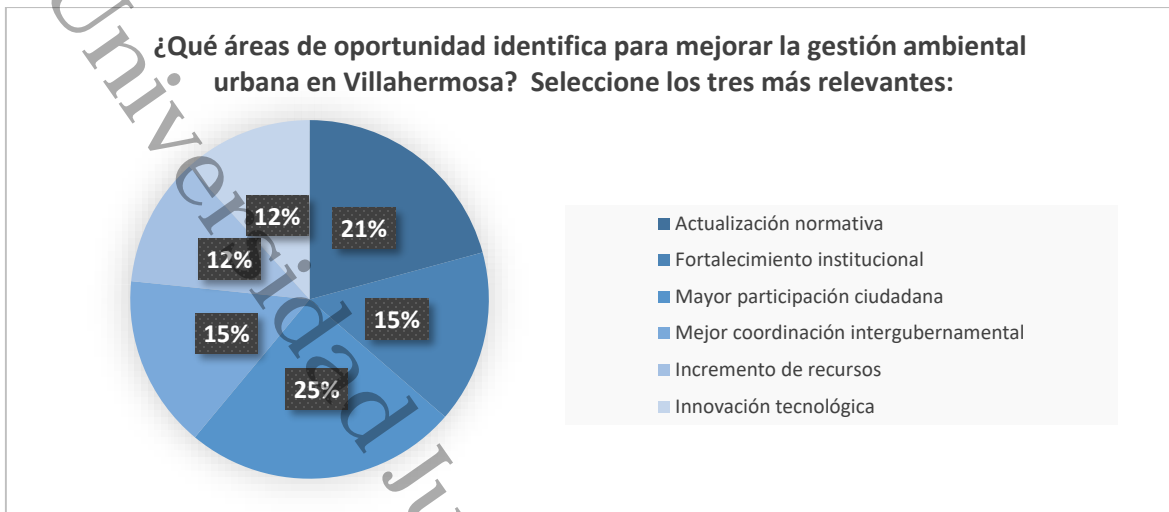
Figura 28. Encuesta: Pregunta 13



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=lpfLink>

En cuanto a las áreas de oportunidad prioritarias, la mayor participación ciudadana lideró con 24%, seguida por la actualización normativa (21%). La coordinación interinstitucional y el fortalecimiento institucional compartieron 18% cada uno, mientras que el incremento de recursos e innovación tecnológica obtuvieron un 12% respectivamente. Estos resultados demostraron que los encuestados priorizaron aspectos organizacionales y participativos sobre factores meramente económicos o tecnológicos (fig. 29).

Figura 29. Encuesta: Pregunta 14



Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4MI?origin=lprLink>

- **Pregunta Abierta**

Los resultados de la pregunta abierta mostraron una tendencia significativa entre las tres instituciones encuestadas (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Secretaría de Ordenamiento Territorial y Obras Públicas y el Colegio de Arquitectos Tabasqueños A.C.) respecto a los aspectos fundamentales que requieren atención prioritaria en la gestión ambiental urbana de Villahermosa.

Se identifican cuatro pilares fundamentales: la educación ambiental, la participación ciudadana, las brechas normativas y las implicaciones de las políticas públicas con sus respectivas estrategias (Tabla 7).

Tabla 7. Encuesta: Pregunta 15 (Abierta)

<p>¿Hay algún aspecto adicional que considere importante mencionar sobre la gestión ambiental urbana?</p>	<p><i>Educar desde la niñez con programas interactivos y permanentes hacia el respeto y cuidado a la naturaleza.</i></p>
	<p><i>Se necesita mucha supervisión en todo el Estado para que se cumpla con la meta y lo que indica la Normatividad, Programas municipales y estatales, y toda reglamentación al respecto.</i></p>
	<p><i>La difusión de la importancia de la gestión ambiental a toda la población y de manera específica a los escolares quienes podrían ser piezas fundamentales en próximos años.</i></p>
	<p><i>Es importante hacer campañas permanentes de concientización ambiental y que el gobierno predique con el ejemplo en cuanto a cumplir normas, que en muchas ocasiones son los primeros omisos.</i></p>
	<p><i>La participación ciudadana. La inclusión activa de la comunidad en los procesos de planificación, ejecución y evaluación de las políticas ambientales contribuye significativamente a la eficacia de las estrategias implementadas.</i></p>
	<p><i>Pues, tanto la sociedad como el gobierno debe trabajar en conjunto con el mismo fin, que es cuidar el medio ambiente.</i></p>
	<p><i>Que deje de ser solo tramite y en verdad se aplique lo que deba de aplicarse para la conservación de nuestros entornos naturales.</i></p>
	<p><i>La legislación urbanística actual no permite una legislación ambiental adecuada debido a que los ejes rectores no son coincidentes, la única solución ambiental es dejar de ampliar la mancha urbana y eso no lo ven posible, la solución más viable sin dudar es la redensificación de las ciudades y la recuperación de espacios verdes, cuando existen los recursos para eso entonces será muy factible que se pueda legislar sobre medioambiente.</i></p>
	<p><i>La participación y conciencia ciudadana, como base fundamental para la elaboración y aplicación de cualquier legislación al respecto.</i></p>
	<p><i>Educar a la ciudadanía y a los gobernantes.</i></p>
	<p><i>Reducir el uso de vehículos y mejorar el sistema de transporte público.</i></p>
	<p><i>Mayor participación de la ciudadanía.</i></p>
<p><i>Implementar y fomentar más carreras afines.</i></p>	
<p><i>Mayor publicidad sobre el tema.</i></p>	

Fuente: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=IprLink>

Análisis Estadístico

Se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman para examinar el grado de concordancia entre las instituciones. Analizando las preguntas 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10 y 12, excluyendo aquellas que presentan datos en conjunto de las tres instituciones y la pregunta abierta de opinión (Anexo 21 al 25). Los resultados más significativos fueron:

Pregunta 10 (Mecanismos de seguimiento): Manifestó el patrón de concordancia más consistente de las preguntas analizadas, con correlaciones moderadas a altas en todos los pares institucionales y un promedio general $r = 0.633$ ($p = 0.092$) que se aproxima a la significancia estadística. La relación B-C presentó la correlación más alta ($r = 0.763$), evidenciando una alineación conceptual robusta entre estas instituciones. Las correlaciones A-B ($r = 0.644$) y A-C ($r = 0.491$) indicaron concordancia moderada, sugiriendo que, aunque existe consenso general, se requiere mayor consistencia para alcanzar significancia estadística (Tabla 8).

Este patrón señaló una tendencia hacia el consenso que requiere mayor alineación conceptual para ser estadísticamente concluyente.

Tabla 8. Pregunta 10 Análisis estadístico

CONCORDANCIA SPEARMAN (r)	
AB	0.644424078
AC	0.491429225
BC	0.762586691
PROMEDIO	
	0.632813331
PRUEBA T DE STUDENT (t)	
	2.001886836
GRADOS DE LIBERTAD	
	6
VALOR CRÍTICO (0.05)	
	2.447
P- VALORES (p)	
	0.092184979

Fuente: Elaboración propia

Pregunta 12 (Transparencia): Presentó el único patrón de concordancia sólido y estadísticamente significativo del análisis, con un promedio general $r = 0.753$ ($p = 0.031$) que confirmó el consenso generalizado entre las tres instituciones.

La correlación B-C alcanzó un nivel excepcional ($r = 0.910$), mientras que las relaciones A-B ($r = 0.699$) y A-C ($r = 0.650$) mantuvieron una concordancia de moderada a alta. Esta configuración indicó una alineación conceptual robusta en los criterios de evaluación aplicados, estableciendo un marco de referencia sobre la viabilidad del consenso institucional efectivo (Tabla 9).

Los resultados demostraron que existe convergencia conceptual sólida entre las instituciones cuando los criterios de evaluación están claramente definidos.

Tabla 9. Pregunta 12 Análisis estadístico

CONCORDANCIA SPEARMAN (r)	
AB	0.699223516
AC	0.650443636
BC	0.909610972
PROMEDIO	
	0.753092708
PRUEBA T DE STUDENT (t)	
	2.8038493
GRADOS DE LIBERTAD	
	6
VALOR CRÍTICO (0.05)	
	2.447
P- VALORES (p)	
	0.031006304

Fuente: Elaboración propia

2. Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica

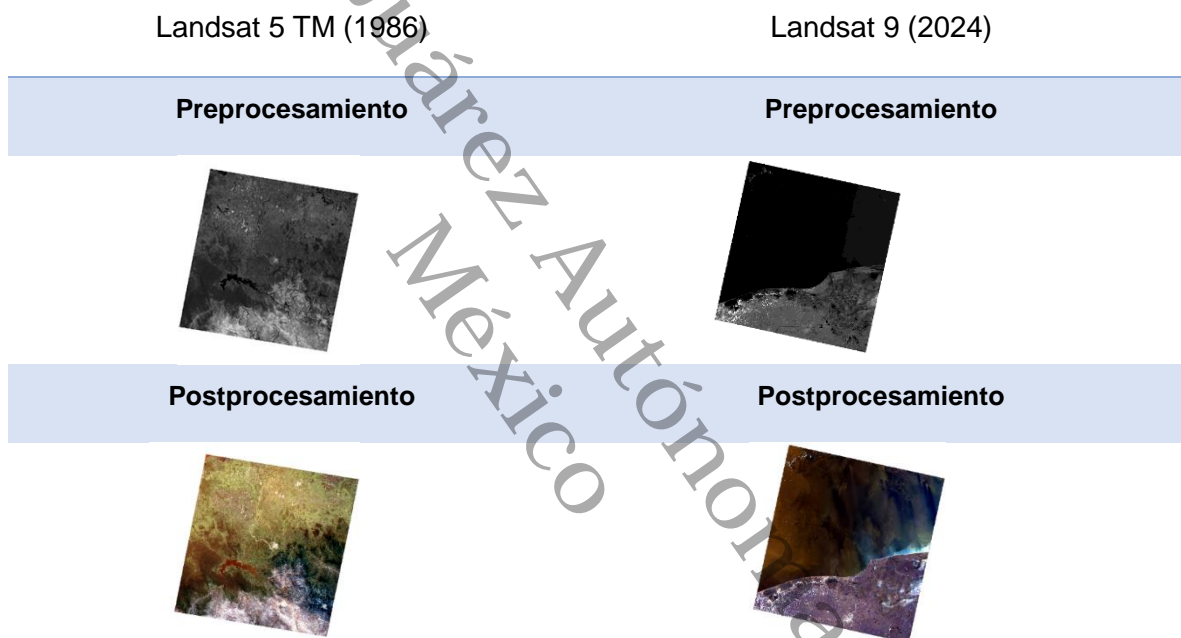
Procesamiento y Corrección de Imágenes Satelitales

Se obtuvieron imágenes satelitales de los sensores Landsat 5 TM (1986) y Landsat 9 (2024) a través de la plataforma USGS Earth Explorer, seleccionando únicamente aquellas con menos del 10 % de cobertura nubosa. El pre-procesamiento de las imágenes se llevó a cabo mediante el complemento Semi Automatic Classification

Plugin (SCP) del software QGIS Desktop 3.22.12, aplicando los siguientes procedimientos:

- **Corrección geométrica:** Alineación espacial precisa entre ambas imágenes.
- **Corrección radiométrica:** conversión de los valores de número digital a reflectancia, minimizando los efectos atmosféricos mediante una regresión lineal.
- **Homogeneización de bandas espectrales entre los sensores:** Comparabilidad analítica entre sensores.

Tabla 10. Procesamiento de imágenes Satelitales



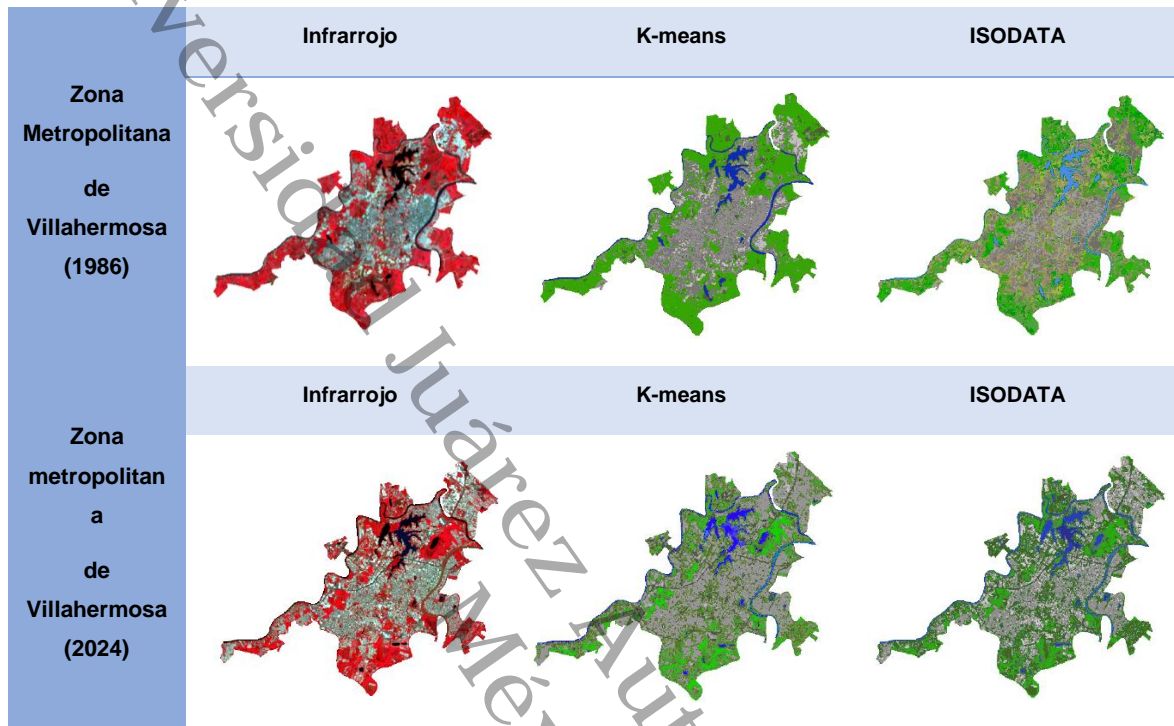
Fuente: Elaboración propia. Fuentes: QGIS Desktop 3.22.12

Clustering y Análisis de Componentes Principales (PCA)

La aplicación de métodos de clustering en el área metropolitana de Villahermosa permitió identificar diferencias significativas en la cobertura vegetal entre los períodos 1986 y 2024. La clasificación SCP de QGIS generó mapas temáticos que muestran patrones destacables de cobertura de suelo (Cámara, 2023). En la Zona Metropolitana de Villahermosa (1986), el análisis inicial mostró una distribución espacial caracterizada por mayor presencia de cobertura vegetal en las áreas periféricas. Con respecto a la Zona Metropolitana de Villahermosa (2024), los

resultados mostraron cambios sustanciales en los patrones de cobertura vegetal, con una reducción notable en las áreas verdes periurbanas. (Tabla 11).

Tabla 11. Clustering y PCA




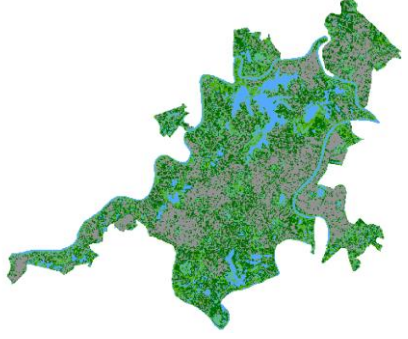
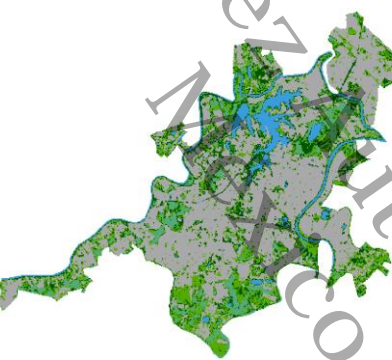
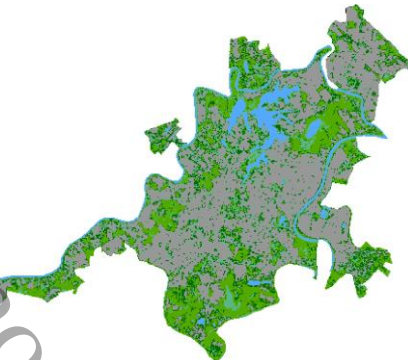
Fuente: Elaboración propia. Fuentes: QGIS Desktop 3.22.12

Reclasificación

Los resultados de la clasificación supervisada se presentaron mediante áreas de entrenamiento (ROI - Regions of Interest) que fueron validadas tanto espectralmente como en campo. La Tabla 12 muestra la comparación entre los mapas ROI iniciales obtenidos del análisis espectral y los mapas ROI validados en campo para ambos periodos de estudio.

La verificación *in situ* se realizó utilizando coordenadas GPS, la cual fue complementada con la verificación digital mediante Seek. Se contó con la supervisión de la experta en botánica, lo cual permitió ajustar las firmas espectrales y mejorar la discriminación entre las diferentes coberturas vegetales (Anexo 26-33).

Tabla 12. Reclasificación de Coberturas

	ROI	ROI (Validación en Campo)
Zona Metropolitana de Villahermosa (1986)		
Zona metropolitana de Villahermosa (2024)		

Fuente: Elaboración propia en QGIS Desktop 3.22.12

La comparación visual entre los mapas ROI iniciales y los validados en campo mostraron las mejoras logradas en la precisión de la clasificación, particularmente en la diferenciación entre vegetación selvática, vegetación de rivera y vegetación introducida, así como la delimitación precisa de las áreas urbanas.

Clasificación de Macrocategorías

Las macrocategorías finales integran las especies indicadoras que fueron identificadas en campo con los criterios de clasificación establecidos. Las clases urbanas complementaron la caracterización del paisaje (Tabla 13).

Tabla 13. Clasificación de Macrocategorías

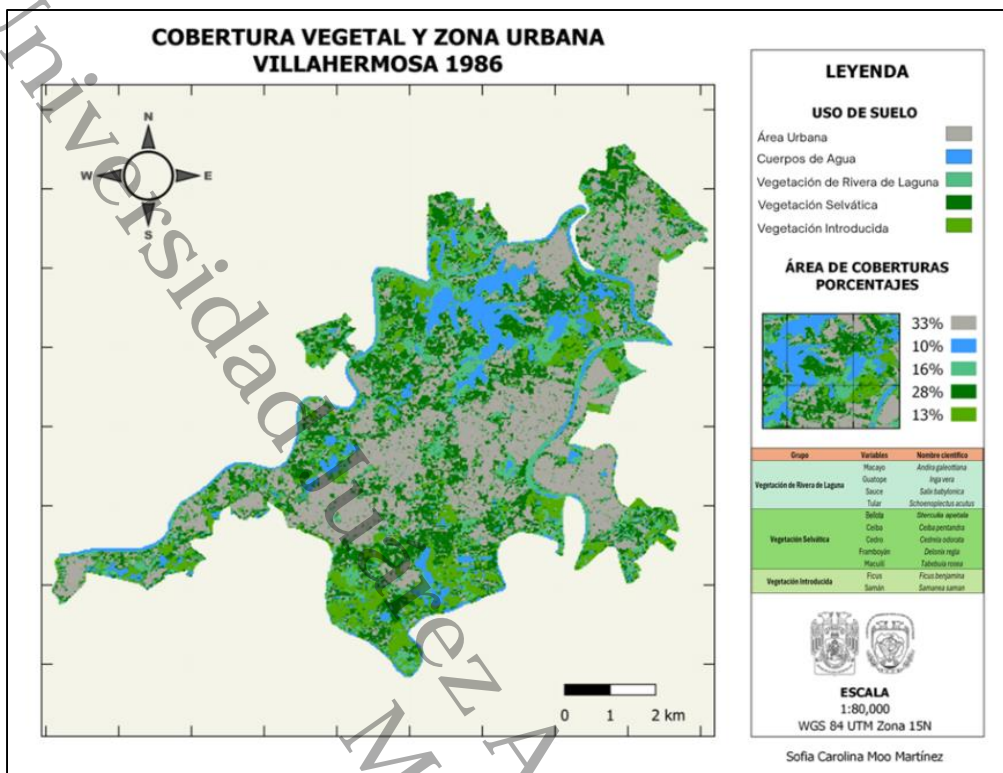
Macrocategorías		
Grupo	Variables	Nombre Científico
Vegetación de Rivera de Laguna	Macayo	<i>Andira galeottiana</i>
	Guatope	<i>Inga vera</i>
	Sauce	<i>Salix babylonica</i>
	Tular	<i>Schoenoplectus acutus</i>
Vegetación Selvática	Bellota	<i>Sterculia apetala</i>
	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>
	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
	Framboyán	<i>Delonix regia</i>
	Macuilí	<i>Tabebuia rosea</i>
Vegetación Introducida	Ficus	<i>Ficus benjamina</i>
	Samán	<i>Samanea saman</i>
Grupo	Variables	
Área Urbana	Infraestructura	
	Edificios	
	Casas Habitación	
Red de Transporte	Carreteras	
	Calles	
Cuerpos de Agua	Ríos	
	Lagunas	

Fuente: Elaboración propia

Analisis Temporal de Coberturas

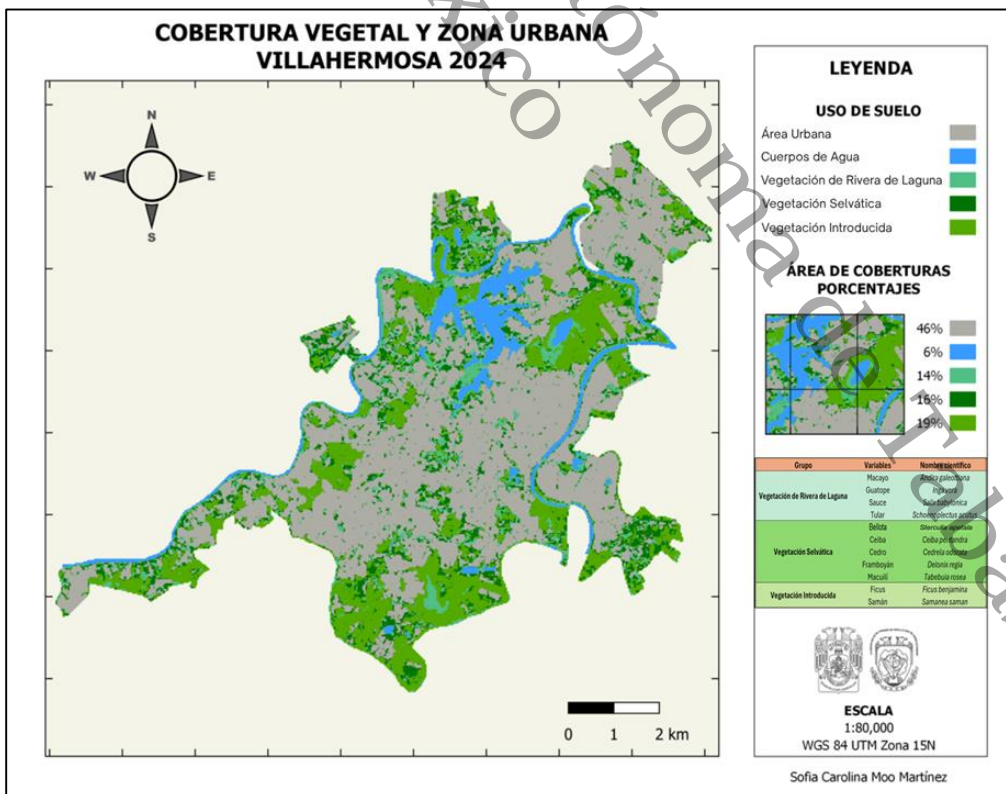
Los resultados del analisis espacial se presentan mediante dos mapas tematicos que ilustran la evolucion temporal de las variables estudiadas en el área de interes. El mapa de 1986 (fig. 30) representa las condiciones iniciales del período de estudio, mientras que el Mapa de 2024 (fig. 31) muestra la situación al momento de realizar el estudio.

Figura 30. Mapa: Cobertura Vegetal y Zona Urbana Villahermosa 1986



Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Mapa: Cobertura Vegetal y Zona Urbana Villahermosa 2024



Fuente: Elaboración propia

El análisis de superficie para el año 1986 mostró que el área urbana ocupaba 2,114.35 ha (33%), los Cuerpos de Agua 604.02 ha (10%), la Vegetación de Ribera de Laguna 1,034.30 ha (16%), la Vegetación Selvática 1,761.18 ha (28%) y la Vegetación Introducida 827.76 ha (13%). En la imagen 2024, se observó una redistribución significativa: Área Urbana 2,895.72 ha (46%), Cuerpos de Agua 353.71 ha (6%), Vegetación de Ribera de Laguna 879.37 ha (14%), Vegetación Selvática 996.74 ha (16%) y Vegetación Introducida 1,216.15 ha (19%) (Tabla 14 y 15).

Tabla 14. Área total por Macro categorías (1986 y 2024)

VILLAHERMOSA 1986			VILLAHERMOSA 2024		
TIPO DE COBERTURA	ID	ÁREA HA	TIPO DE COBERTURA	ID	ÁREA HA
Área Urbana	1	2,114.35	Área Urbana	1	2,895.72
Cuerpos de Agua	2	604.02	Cuerpos de Agua	2	353.71
Vegetación de Rivera de Laguna	3	1,034.30	Vegetación de Rivera de Laguna	3	879.37
Vegetación Selvática	4	1,761.18	Vegetación Selvática	4	996.74
Vegetación Introducida	5	827.76	Vegetación Introducida	5	1,216.15
TOTAL		6,341.60	TOTAL		6,341.69

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Porcentaje total por Macro categorías (1986 y 2024)

VILLAHERMOSA 1986			VILLAHERMOSA 2024		
TIPO DE COBERTURA	ID	PORCENTAJE	TIPO DE COBERTURA	ID	PORCENTAJE
Área Urbana	1	33%	Área Urbana	1	46%
Cuerpos de Agua	2	10%	Cuerpos de Agua	2	6%
Vegetación de Rivera de Laguna	3	16%	Vegetación de Rivera de Laguna	3	14%
Vegetación Selvática	4	28%	Vegetación Selvática	4	16%
Vegetación Introducida	5	13%	Vegetación Introducida	5	19%
TOTAL		100%	TOTAL		100%

Fuente: Elaboración propia

Evaluación de la Exactitud de la Clasificación

El proceso de clasificación supervisada para 1986 mostró niveles aceptables de exactitud. La matriz de Contingencia para 1986 (Tabla 16 y 17) presentó una exactitud global de 87.80%, con un índice Kappa de 0.84, lo que indica un nivel de concordancia muy bueno entre la clasificación y los datos de referencia. El error de omisión promedio fue de 8.20% y el error de comisión promedio de 7.60%, valores

que se encuentran dentro de los parametros aceptables para estudios de cobertura de suelo.

Tabla 16. Matriz de Contingencia 1986

MATRIZ DE CONTINGENCIA 1986						
CLASIFICACIÓN	Área Urbana	Cuerpos de Agua	Vegetación de Rivera de Laguna	Vegetación Selvática	Vegetación Introducida	TOTAL
Área Urbana	23,475	0	0	0	0	23,475
Cuerpos de Agua	0	6,706	0	0	0	6,706
Vegetación de Rivera de Laguna	0	0	11,483	0	0	11,483
Vegetación Selvática	0	0	0	19,553	0	19,553
Vegetación Introducida	0	0	0	0	9,191	9,191
TOTAL	23,475	6,706	11,483	19,553	9,191	70,408

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Matriz 1986

MATRIZ DE CONTINGENCIA	
CLASIFICACIÓN 1986	
CATEGORÍA	VALIDACIÓN %
Exactitud Global	87.30%
Índice Kappa	0.84
Error de Omisión Promedio	8.20%
Error de comisión Promedio	7.60%

Fuente: Elaboración propia

Para el año 2024, la Matriz de Contingencia (Tabla 18 y 19) mostró una exactitud global del 88.70%, con un Índice Kappa de 0.86, indicando una mejora en la precisión de la clasificación respecto al periodo anterior. El error de omisión promedio se redujo a 6.80% y el error de comisión promedio a 6.40%, lo que confirma la confiabilidad de los resultados obtenidos para el analisis temporal de los cambios en la cobertura vegetal y expansión urbana en Villahermosa.

Tabla 18. Matriz de Contingencia 2024

MATRIZ DE CONTINGENCIA 2024						
CLASIFICACIÓN	Área Urbana	Cuerpos de Agua	Vegetación de Rivera de Laguna	Vegetación Selvática	Vegetación Introducida	TOTAL
Área Urbana	32,150	0	0	0	0	32,150
Cuerpos de Agua	0	3,927	0	0	0	3,927
Vegetación de Rivera de Laguna	0	0	9,763	0	0	9,763
Vegetación Selvática	0	0	0	11,066	0	11,066
Vegetación Introducida	0	0	0	0	13,502	13,502
TOTAL	32,150	3,927	9,763	11,066	13,502	70,408

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. Matriz 2024

MATRIZ DE CONTINGENCIA	
CLASIFICACIÓN 2024	
CATEGORÍA	VALIDACIÓN %
Exactitud Global	89.10%
Índice Kappa	0.86
Error de Omisión Promedio	6.80%
Error de comisión Promedio	6.40%

Fuente: Elaboración propia

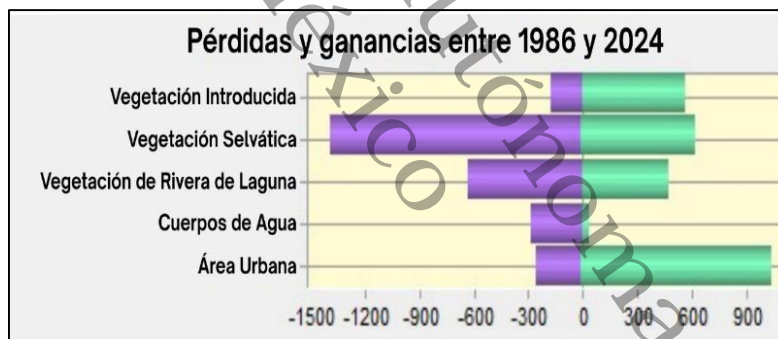
3. Análisis de Tendencias y Proyecciones

El análisis mediante Idrisi reveló transformaciones significativas: Durante el período 1986-2024, se evidenciaron procesos acelerados de cambio en la cobertura del suelo que reflejan la dinámica de crecimiento urbano y las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas naturales (fig. 32 y 33).

Dinámicas Principales:

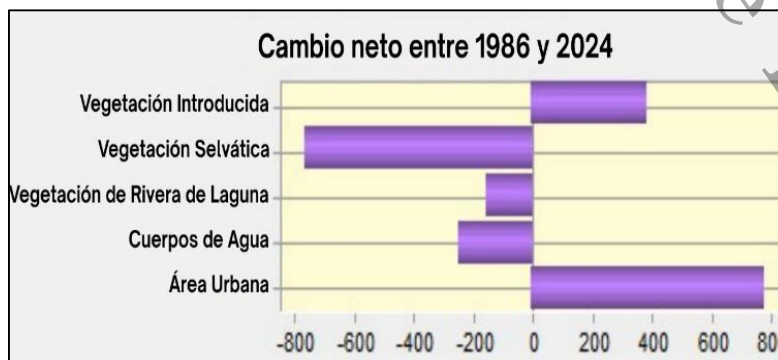
- **Deforestación Urbana:** 44.93% de vegetación selvática transformada en área urbana.
- **Pérdida Hidrológica:** 30.10% de cuerpos de agua convertidos a vegetación introducida.
- **Sucesión Natural:** 34.07% de vegetación de ribera evolucionó a selvática.
- **Degradación Ecosistémica:** 17.03% de vegetación selvática retrocedió a ribera.

Figura 32. Pérdidas y ganancias entre 1986 y 2024



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Cambio neto entre 1986 y 2024



Fuente: Elaboración propia

La Matriz de Transición mostró que el 90.42% de las áreas urbanas permanecieron como tales, mostrando alta estabilidad urbana (Tabla 20).

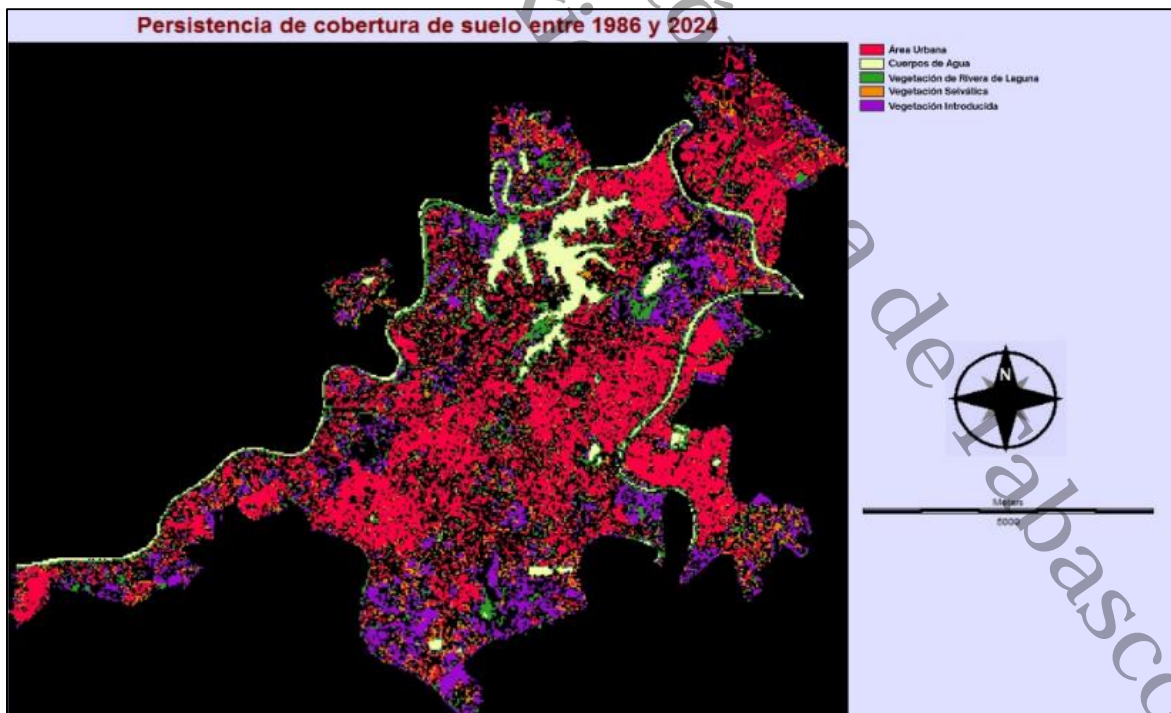
Tabla 20. Matriz de transición

	Área Urbana	Cuerpos de Agua	Vegetación de Rivera de Laguna	Vegetación Selvática	Vegetación Introducida
Área Urbana	0.9042	0.0000	0.0468	0.0490	0.0000
Cuerpos de Agua	0.0000	0.6305	0.0317	0.0368	0.3010
Vegetación de Rivera de Laguna	0.0383	0.0336	0.4699	0.3407	0.1174
Vegetación Selvática	0.4893	0.0000	0.1703	0.2466	0.0938
Vegetación Introducida	0.0000	0.0000	0.0264	0.1334	0.8402

Fuente: Elaboración propia

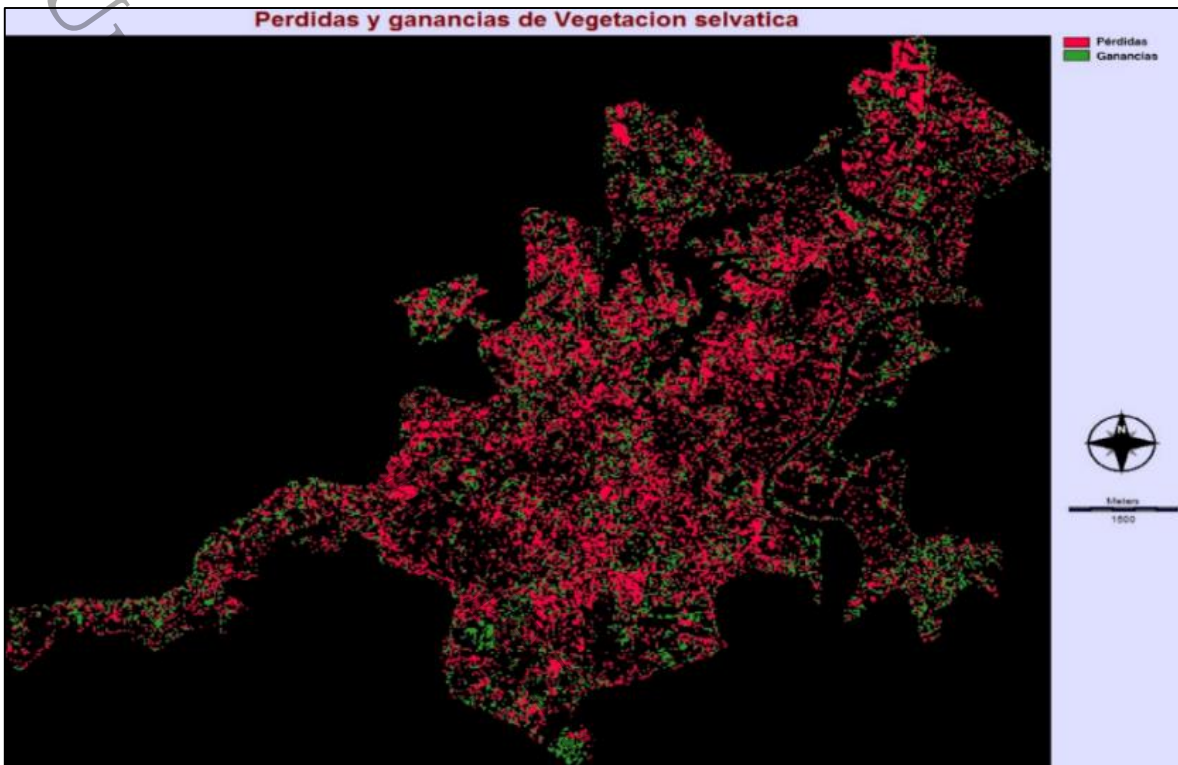
El mapa de Persistencia de cobertura de suelo mostró que las áreas urbanas (en color rojo) se mantuvieron constantes, mientras que las áreas correspondientes a cuerpos de agua (en color amarillo) fueron persistentes (fig. 34). El mapa de pérdida y ganancias se decidió enfocar hacia la vegetación selvática, debido a que se detectó como la cobertura más impactada en el área de estudio (fig. 35).

Figura 34. Persistencia de cobertura de suelo entre 1986 y 2024



Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Pérdidas y ganancias de vegetación selvática



Fuente: Elaboración propia

Las áreas rojas indican dónde se perdió este tipo de vegetación (750.42 ha), mientras que las verdes muestran dónde se ganó (616.50 ha). El área ocupada por las pérdidas es una evidencia de la deforestación masiva de la vegetación selvática en la región.

El patrón detectado por la cadena de Márkov para los cambios de uso de suelo sugiere un proceso de transformación del paisaje con fuerte presión antrópica sobre los ecosistemas naturales (Tabla 21). De nueva cuenta, el área urbana se mostraron muy estable. Los cuerpos de agua mostraron una tendencia fuerte (30%) a la desecación. A pesar de los cambios en los cuerpos de agua, la vegetación de ribera de laguna registró una tendencia del 34% a la sucesión natural (selvas). Pero la vegetación selvática mostró un 24% a la inestabilidad. La vegetación introducida no mostró cambios significativos, registrando una estabilidad del 84%.

Tabla 21. Matriz de transición de Márkov.

MATRIZ DE TRANSICIÓN DE MÁRKOV				
Clase de Origen	Transición	Células Observadas	Probabilidad	Interpretación
Clase 1: Área urbana	Clase 1	29,069	0.9042 (90.42%)	MUY ESTABLE - Las áreas urbanas tienden a permanecer
	Clase 2	0	0.0000 (0.00%)	No hay reversión a cuerpos de agua
	Clase 3	1,504	0.0468 (4.68%)	Mínima transición a vegetación de rivera
	Clase 4	1,577	0.0490 (4.90%)	Pequeña revegetación selvática
	Clase 5	0	0.0000 (0.00%)	No transiciona a vegetación introducida
	TOTAL	32,150	1	
Clase 2: Cuerpos de agua	Clase 1	0	0.0000 (0.00%)	No se urbaniza directamente
	Clase 2	2,476	0.6305 (63.05%)	Moderadamente Estable
	Clase 3	124	0.0317 (3.17%)	Mínima transición a rivera
	Clase 4	145	0.0368 (3.68%)	Pequeña transición a selvática
	Clase 5	1,182	0.3010 (30.10%)	TENDENCIA FUERTE - Colmatación/deseccación
	TOTAL	3,927	1	
Clase 3: Vegetación de ribera de laguna	Clase 1	374	0.0383 (3.83%)	Baja urbanización directa
	Clase 2	328	0.0336 (3.36%)	Reversión a cuerpos de agua
	Clase 3	4,587	0.4699 (46.99%)	Baja Estabilidad
	Clase 4	3,327	0.3407 (34.07%)	SUCESIÓN NATURAL - Transición a selvática
	Clase 5	1,147	0.1174 (11.74%)	Cambio a vegetación introducida
	TOTAL	9,763	1	
Clase 4: Vegetación selvática	Clase 1	5,415	0.4493 (44.93%)	Presión urbana intensa
	Clase 2	0	0.0000 (0.00%)	No transiciona a agua
	Clase 3	1,885	0.1703 (17.03%)	Degradación a vegetación de rivera
	Clase 4	2,729	0.2466 (24.66%)	MUY INESTABLE - Baja permanencia
	Clase 5	1,038	0.0938 (9.38%)	Cambio a vegetación introducida
	TOTAL	11,067	1	
Clase 5: Vegetación introducida	Clase 1	0	0.0000 (0.00%)	No se urbaniza
	Clase 2	0	0.0000 (0.00%)	No transiciona a agua
	Clase 3	357	0.0264 (2.64%)	Mínima transición a rivera
	Clase 4	1,801	0.1334 (13.34%)	Evolución a selvática
	Clase 5	11,344	0.8402 (84.02%)	MUY ESTABLE - Alta permanencia
	TOTAL	13,502	1	

Fuente: Elaboración propia

Hallazgos Principales del Análisis

Transformación del Paisaje Metropolitano

El análisis temporal evidenció un proceso acelerado de cambio territorial caracterizado por:

- **Expansión urbana acelerada:** Incremento del 37% en área urbana (1986-2024), tasa anual de crecimiento 1.04% y patrón extensivo hacia municipios periféricos.
- **Pérdida crítica de vegetación nativa:** Reducción del 43% en vegetación selvática, fragmentación de corredores ecológicos principales y sustitución por especies introducidas (46.2%).
- **Degradación hidrológica:** Disminución del 41% en cuerpos de agua naturales.
- **Consolidación territorial:** Las áreas urbanas muestran la mayor estabilidad espacial.

IX. DISCUSIÓN

Transformación Territorial

Los resultados del análisis espacial confirman que Villahermosa experimenta una transformación territorial que trasciende los límites administrativos tradicionales, configurando un proceso metropolitano complejo hacia las localidades de Bosques de Saloya, La Selva y Pomoca. La magnitud de estos cambios, pérdida del 12% de vegetación selvática, 4% de cuerpos de agua naturales y un incremento del 13% en área urbana entre 1986 y 2024, refleja patrones de expansión urbana que demandan un análisis integrado desde múltiples perspectivas: socioeconómica, legislativa, ambiental y de gobernanza.

Esta dinámica metropolitana se enmarca en el crecimiento acelerado documentado en los períodos 1990-1995 (3.6%) y 2005-2010 (3.5%) (Consejo Nacional de Población, 2020), que consolidó a Villahermosa como zona metropolitana según el Catálogo del Sistema Urbano Nacional. La conurbación hacia municipios como Nacajuca, que alcanzó un índice de urbanización del 63.1%, superior al promedio estatal (59.7%), ilustra como la expansión urbana genera corredores de integración que consolidan la fragmentación del paisaje y la ocupación de zonas ambientales vulnerables (Palomeque *et al.*, 2021).

Desarticulación en la Gestión Territorial

El análisis estadístico de las entrevistas institucionales expuso una fragmentación que compromete significativamente la efectividad de la gestión territorial. La ausencia de concordancia estadísticamente significativa entre las tres instituciones evaluadas, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, SOTOP y Colegio de Arquitectos Tabasqueños, evidencia criterios de evaluación fundamentalmente diferentes que obstaculizan la implementación de políticas territoriales coherentes.

Esta desarticulación se manifiesta particularmente en la percepción sobre mecanismos de sustentabilidad: Mientras la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible reporta 47% de confianza en evaluaciones de impacto ambiental, la SOTOP presenta 70% de preferencia por estos instrumentos, pero

paradójicamente registra mayor insatisfacción (20%) con los resultados obtenidos. La perspectiva crítica del Colegio de Arquitectos Tabasqueños, donde 60% considera que la sustentabilidad no se garantiza efectivamente, contrasta con el reconocimiento gubernamental de instrumentos técnicos, sugiriendo una brecha entre el diseño formal de políticas y su implementación práctica.

La fragmentación institucional se agrava por la ausencia total de mecanismos efectivos de participación ciudadana en consultas públicas y certificaciones ambientales, demostrando un déficit estructural en la inclusión social que compromete la legitimidad y efectividad de las intervenciones territoriales. Esta situación contrasta con el surgimiento de redes sociales como canales alternativos de expresión ciudadana, donde la documentación fotográfica y videográfica de incongruencias genera presión sobre la imagen institucional, demostrando la insuficiencia de mecanismos formales de participación.

Presión sobre Ecosistemas Naturales

La sustitución progresiva de vegetación nativa por especies introducidas (incremento del 6%), principalmente *Ficus benjamina* en espacios recreativos como el parque “La Choca”, refleja una concepción instrumental de los espacios verdes urbanos que prioriza funciones ornamentales sobre servicios ecosistémicos integrales. Esta transformación se contextualiza dentro de una estrategia gubernamental que utiliza la reforestación de camellones como indicador principal de servicios ecosistémicos urbanos, comprobando una aproximación superficial que no aborda la complejidad funcional de los ecosistemas urbanos (Magaña *et al.*, 2008).

El análisis espacial reveló un patrón complejo donde la vegetación selvática, que originalmente formaba una matriz continua, ha sido reducida a fragmentos dispersos principalmente en las áreas más alejadas del centro urbano. Este proceso ha generado un paisaje heterogéneo donde las coberturas antrópicas (área urbana y vegetación introducida) han adquirido mayor dominancia territorial, mientras que las coberturas naturales presentan alta vulnerabilidad a los cambios de uso de suelo.

La pérdida del 4% de cuerpos de agua naturales en un Estado reconocido por su abundante hidrografía representa una contradicción fundamental que compromete la capacidad de resiliencia ante eventos climáticos extremos. El relleno sistemático de vasos lacustres para usos diversos, desde rellenos sanitarios hasta desarrollos comerciales y residenciales, evidencia la subordinación de consideraciones ambientales a presiones económicas inmediatas, generando vulnerabilidades acumulativas que se manifiestan recurrentemente durante períodos de inundaciones.

Esta problemática afecta directamente a ecosistemas primordiales como los humedales, que anteriormente eran muy extensos en el estado. Actualmente, debido a las implicaciones urbanas, estos se encuentran fragmentados y su representación está consolidada por algunas manchas de especies como Macayo (*Andira galeottiana*), Guatope (*Inga vera*), Sauce (*Salix babylonica*) y Tular (*Schoenoplectus acutus*), según lo documentado por Barba *et al.* (2006).

Limitaciones en la Implementación de Estrategias Sustentables

El promedio de plantas de tratamiento de agua (27%) y programas de eficiencia energética (23%) como medidas de sustentabilidad implementadas refleja un enfoque sectorial que, aunque necesario, resulta insuficiente para abordar la complejidad sistémica de los desafíos territoriales identificados. La implementación limitada de infraestructura resiliente (17%) y sistemas de captación pluvial (10%) contrasta dramáticamente con las necesidades de una ciudad que enfrenta desafíos recurrentes de gestión de aguas pluviales (Ricárdez *et al.*, 2016).

La convergencia observada en las respuestas institucionales sobre la importancia de ecosistemas prioritarios (32%) y áreas de alto riesgo ambiental (29%) con criterios de preservación sugiere la existencia de una base conceptual común que podría fundamentar estrategias de consenso interinstitucional. Sin embargo, la implementación limitada de infraestructura verde (13%) y la baja valorización de corredores biológicos (8%) prueban que este reconocimiento no se traduce en acciones concretas de ordenamiento territorial y preservación ambiental, manteniendo a las especies existentes en una calidad deficiente (Tobías *et al.*, 2019).

Oportunidades Identificadas y Consensos Emergentes

A pesar de las diferencias documentadas, el análisis mostró áreas de convergencia que ofrecen oportunidades para el desarrollo de estrategias integradas. La percepción diferenciada sobre el funcionamiento de los Consejos Municipales de Desarrollo Urbano, preferencia equilibrada por foros de consulta (25%) y comités ciudadanos (25%) como mecanismos participativos, señala la necesidad de reconceptualizar los espacios de participación ciudadana en la gestión territorial.

Los resultados sugieren oportunidades significativas en digitalización, innovación tecnológica y fortalecimiento de marcos normativos ambientales como elementos facilitadores de una gestión territorial más efectiva. El 24% de las instituciones identifica la mayor participación ciudadana como área de oportunidad prioritaria, seguida por la actualización normativa (21%), evidenciando que los entes priorizan aspectos organizacionales y participativos sobre factores meramente económicos o tecnológicos.

Los procesos identificados en Villahermosa se insertan dentro de patrones metropolitano más amplios que caracterizan las transformaciones territoriales en contextos tropicales. La extensión hacia Bosques de Saloya, La Selva y Pomoca representa la continuación de un proceso donde la insuficiencia de servicios urbanos impulsa la ocupación de territorios con alto valor ecológico (Congreso del Estado de Tabasco, 2025).

La expansión urbana de Villahermosa representa un proceso de transformación territorial que trasciende los límites administrativos y sectoriales tradicionales, demandando aproximaciones integradas que reconozcan las interconexiones entre dinámicas sociales, económicas, ambientales y políticas. La efectividad de las respuestas institucionales dependerá de la capacidad para articular estas múltiples dimensiones en estrategias territoriales que equilibren las presiones del crecimiento urbano con la preservación de los servicios ecosistémicos que sustentan la viabilidad a largo plazo del sistema metropolitano (Triana *et al.*, 2024).

El progreso hacia un ordenamiento territorial responsable requiere, como sugieren las perspectivas institucionales analizadas, la implementación de mecanismos efectivos de control y seguimiento que garanticen la eficacia de las intervenciones,

fundamentados en campañas permanentes de concientización dirigidas a fortalecer el cumplimiento normativo y la participación ciudadana informada en la toma de decisiones territoriales.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos de la evaluación de la expansión urbana y cobertura vegetal en Villahermosa de durante el período 1986-2024, se confirma la hipótesis planteada: la expansión urbana reduce significativamente la cobertura vegetal en Villahermosa, Tabasco.

Análisis Espacial

Los datos procesados mediante imágenes satelitales de Landsat y la Integración de técnicas de clustering con análisis de componentes principales (PCA) demostraron una pérdida del 2% en vegetación de ribera de laguna y 12% en vegetación selvática, concentrándose las áreas más afectadas hacia Ciudad Industrial y las zonas colindantes del municipio de Nacajuca, particularmente en las comunidades de Bosques de Saloya, La Selva y Pomoca.

El análisis espacial reveló un proceso de transformación territorial que trasciende los límites administrativos tradicionales, configurando una dinámica metropolitana compleja. La expansión urbana experimentó un incremento del 13% entre 1986 y 2024, acompañada de una pérdida del 4% en cuerpos de agua naturales, lo que evidencian patrones de urbanización no planificada que afectan desproporcionalmente los ecosistemas naturales.

Las proyecciones futuras basadas en cadenas de Márkov indican que las áreas urbanas presentan alta estabilidad con 90.42% de probabilidad de permanencia, mientras que la vegetación selvática muestra vulnerabilidad crítica con solo 24.66% de estabilidad natural. Esta dinámica sugiere una consolidación territorial irreversible hacia un modelo urbano-artificial.

Análisis Multicriterio y Entrevistas a Actores Clave

El análisis multicriterio y las entrevistas institucionales revelaron fragmentación significativa en la gestión territorial. Las tres instituciones evaluadas, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (47% confianza en evaluaciones ambientales), SOTOP (70% preferencia por instrumentos técnicos, pero 20% insatisfacción) y Colegio de Arquitectos Tabasqueños (60% considera inefectiva la garantía de sustentabilidad), mostraron criterios de evaluación divergentes que podrían obstaculizar la implementación de políticas integrales.

Los principales obstáculos identificados incluyen falta de recursos financieros (24%) y capacidad técnica limitada (23%), representando 47% de las deficiencias totales. La coordinación interinstitucional deficiente (18%) y la resistencia social (10%) complementan este panorama de fragmentación que limita la efectividad de las políticas ambientales urbanas.

Impacto en Servicios Ecosistémicos

La sustitución progresiva de vegetación nativa por especies introducidas (incremento del 6%) refleja una concepción instrumental de los espacios verdes urbanos que prioriza funciones ornamentales sobre servicios ecosistémicos integrales. Los servicios ecosistémicos urbanos se concentran en un 96% únicamente en camellones, comprobando una aproximación superficial que no aborda la complejidad funcional de los ecosistemas urbanos.

La fragmentación de humedales urbanos, representados actualmente por manchas dispersas de especies como Macayo (*Andira galeottiana*), Guatope (*Inga vera*), Sauce (*Salix babylonica*) y Tular (*Schoenoplectus acutus*), confirma la pérdida crítica de biodiversidad y funciones ecológicas esenciales.

Modelo Geoespacial y Contribución Científica

La investigación desarrolló un modelo geoespacial replicable que integra análisis multicriterio, evaluación documental y análisis espacial multitemporal para evaluar cambios en la cobertura vegetal. La triangulación metodológica con la verificación en campo con el acompañamiento de una botánica experta y el seguimiento mediante unidades económicas como indicador proxy ante la escasez de datos específicos por uso de suelo en el área conurbada fortalecieron la validez de los resultados.

El estudio contribuye significativamente al entendimiento de procesos de fragmentación urbana en contextos tropicales metropolitanos, ampliando el conocimiento sobre la relación compleja entre expansión urbana y pérdida de servicios ecosistémicos en zonas de transición vegetal-urbana.

Recomendaciones

Estrategias de Planificación Territorial Integrada

- **Implementación de Cartografía Metropolitana Actualizada:** Desarrollo de mapas de zonificación que integren los límites reales de la conurbación hacia Nacajuca. Establecimiento de SIG interinstitucionales para monitoreo continuo de cambios de uso de suelo. Creación de inventarios de cobertura vegetal utilizando imágenes satelitales.
- **Corredores Biológicos y Conectividad Ecológica:** Conservación y creación de corredores verdes que conecten fragmentos remanentes de vegetación. Establecimiento de zonas de amortiguamiento.
- **Restauración de Ecosistemas Prioritarios:** Sustitución gradual de vegetación introducida ornamental por especies nativas en espacios públicos

Fortalecimiento Institucional y Coordinación Interinstitucional

- **Mecanismos de Coordinación Efectiva:** Implementación de protocolos de evaluación ambiental estratégica para desarrollos urbanos mayores. Creación de un sistema de indicadores ambientales multidisciplinario entre las instituciones evaluadas.
- **Capacitación y Fortalecimiento Técnico:** Programa de capacitación continua para funcionarios públicos en gestión ambiental urbana y uso de herramientas SIG. Establecimiento de convenios de colaboración técnica entre instituciones.

Participación Ciudadana y Transparencia

- **Democratización de la Gestión Territorial:** Implementación de consultas públicas vinculantes para proyectos de desarrollo urbano en zonas ambientales sensibles. Creación de comités ciudadanos de seguimiento ambiental con acceso a información técnica actualizada.
- **Educación y Concientización Ambiental:** Programas educativos permanentes desde la educación básica sobre importancia de ecosistemas nativos.

Innovación Tecnológica y Digitalización

- **Sistemas de Monitoreo Inteligente:** Utilización de drones y tecnología LIDAR para mapeo detallado de cobertura vegetal en tiempo real.

- **Infraestructura Resiliente:** Desarrollo de infraestructura verde (Bioswales o biozanjas de drenaje biológico) para gestión integral de aguas pluviales. Creación de micro parques urbanos en espacios libres para mejorar la conectividad ecológica.

Marco Normativo y Regulatorio

- **Actualización del Marco Legal:** Revisión y actualización del Programa Municipal de Desarrollo Urbano incorporando criterios de sustentabilidad ambiental estrictos. Implementación de incentivos fiscales para los desarrollos que preserven o restauren vegetación nativa.
- **Instrumentos Económicos:** Implementación y fomento de pagos por servicios ecosistémicos para propietarios que conserven vegetación nativa. Establecimiento de bonos verdes municipales para financiar proyectos de restauración y conservación.

Seguimiento y Evaluación

- **Sistema de Monitoreo y Evaluación Continua:** Implementación de indicadores de seguimiento: porcentaje de cobertura vegetal nativa, conectividad ecológica, y calidad de servicios ecosistémicos. Evaluación periódica de efectividad de políticas implementadas mediante análisis comparativo multitemporal.

Estas recomendaciones buscan transformar el modelo actual de crecimiento urbano hacia un paradigma de desarrollo metropolitano sustentable que equilibre las necesidades de crecimiento económico y demográfico con la preservación de los servicios ecosistémicos esenciales para la viabilidad a largo plazo de la zona metropolitana de Villahermosa.

XI. LITERATURA CITADA

- Acevo, R. (2011). Sistemas de teledetección activos y pasivos embarcados en sistemas aéreos no tripulados para la monitorización de la tierra [Tesis doctoral]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Allub, L. (1985). Polarización de clases y conflicto social en regiones petroleras. *Estudios Sociológicos*, 3(8), 351-370. <https://doi.org/10.24201/es.1985v3n8.1205>
- Alves, B., Camello, T., & Engel, C. (2015). La influencia de la vegetación en el confort térmico urbano para la condición climática de Vitória (ES). *Periódico Técnico e Científico Ciudades Verdes*, 3(8), 1-15. <https://doi.org/10.17271/23178604382015980>
- Ballinas, M. L., & Hernández, J. Á. (2021). Producción discursiva de las políticas de áreas verdes urbanas: Libro blanco reverdece tu ciudad y gestión de áreas verdes (2006-2012). *Estudios Demográficos y Urbanos*, 36(1), 89-116. <https://doi.org/10.24201/edu.v36i1.1946>
- Barba, E., Rangel, J., & Ramos, R. (2006). Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de información geográfica. *Universidad y Ciencia*, 22(2), 101-110. <http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia>
- Bernal, Á. M., Hernández, Y. T., & Beltrán, J. E. (2022). Reflections on the factors that influence urban sprawl: Review of methodologies and instruments. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 31(2), 434-449. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n2.89742>
- Breen, A., Giannotti, E., Flores, M., & Vásquez, A. (2020). From "government to governance"? A systematic literature review of research for urban green infrastructure management in Latin America. *Frontiers in Sustainable Cities*, 2, 1-22. <https://doi.org/10.3389/frsc.2020.572360>
- Brondízio, E. S., Settele, J., Díaz, S., & Ngo, H. T. (Eds.). (2019). The global assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. IPBES Secretariat.
- California Academy of Sciences & National Geographic Society. (2023). Seek by iNaturalist: Camera + AI to identify plants & animals [Aplicación móvil]. App Store.
- Camaño, N., Ferdin, E. M., Navarro, Y. C., & Berbey, A. (2022). Análisis de la urbanización más sostenible para vivir mediante sistemas de información geográficas (SIG). *Actas del VII Congreso de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología*, 237-244. <https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2022-37>
- Cámara, J. C. (2023). Clasificación de coberturas vegetales en el altiplano oeste de San Luis Potosí utilizando técnicas de teledetección [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Cardozo, O. D., & Da Silva, C. J. (2013). Aplicaciones urbanas de los sensores remotos. *Revista Geográfica Digital*, 20(39), 1-17. <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/default.htm>

- Castillo, J. J., Gama, L., & Zequeira, C. (2008). Análisis de regresión lineal en un sistema de información geográfico para determinar la tasa de deforestación en el estado de Tabasco. *Emerging Trends in Education*, 15(27), 182-198.
- Collado, R. A., Gama, L. M., & Díaz, H. M. (2015). Percepción remota: Elementos básicos. *Kuxulkab'*, 21(40), 33-42. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a21n40.891>
- CONABIO. (1999). Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO (Escala 1:1 000000) [Conjunto de datos]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Concepción, E. D. (2022). Expansión urbana o cómo el suelo urbanizado se dispersa por el paisaje: Implicaciones para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas*, 31(1), 2165. <https://doi.org/10.7818/ecos.2165>
- Congedo, L. (2021). Semi-automatic classification plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
- Congreso del Estado de Tabasco. (2025, enero). Consulta ciudadana para definir delimitación territorial de Tierra Amarilla 3a Sección: Un acto de justicia social para los habitantes de esta comunidad. <https://congresotabasco.gob.mx/consulta-ciudadana-para-definir-delimitacion-territorial-de-tierra-amarilla-3a-seccion-sobre-pertenecer-al-municipio-de-centro-o-nacajuca-un-acto-de-justicia-social-para-los-habitantes-de-esta-comun/>
- Consejo Nacional de Población. (2020). Sistema urbano nacional 2018. CONAPO. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/544126/SUN_2018.pdf
- Córdoba, R., & Pérez, A. (2020). Urbanización inclusiva y resiliente en asentamientos informales: Ejemplificación en Latinoamérica y Caribe. *Bitácora Urbano Territorial*, 30(2), 61-74. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v30n2.81767>
- Del Río, E. (2021). La coherencia de políticas para el desarrollo sostenible: Un elemento central para la sostenibilidad ambiental en la Agenda 2030. *Documentos de Trabajo*, 2, 1-28. <https://doi.org/10.33960/issn-e.1885-9119.dte4>
- Edeigba, B. A., Ashinze, U. K., Umoh, A. A., Biu, P. W., & Daraojimba, A. I. (2024). Urban green spaces and their impact on environmental health: A global review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(2), 917-927. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.2.0518>
- Farinha, M. J. U. S., Berezuk, A. G., & Bernardo, L. V. M. (2021). Green areas in an urban area and provision of ecosystem services: A bibliometric and integrative review. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 14(Suppl. 2), e9628. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14supl.2.e9628>
- Fernández, Y. M., Soria, J., Leblon, B., Macedo, A., Ramírez, M. E., & Escalona, M. (2020). Imágenes de radar para estudios territoriales, caso: Inundaciones en Tabasco con el uso de imágenes SAR Sentinel-1a y Radarsat-2. *Realidad, Datos y Espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 11(1), 5-24.
- Ferrini, F., Fini, A., Mori, J., & Gori, A. (2020). Role of vegetation as a mitigating factor in the urban context. *Sustainability*, 12(10), 4247. <https://doi.org/10.3390/su12104247>
- Figuroa, G. G., & Rivera, M. A. (2024). Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en el recinto Sarapullo cantón Mejía. *Geoespacial*, 21(1), 19-35.

- Freiria, R. C. (2020). Judicialization of environmental public policies: Theoretical aspects and study of paradigmatic cases. *Revista Direitos Sociais e Políticas Públicas (UNIFAFIBE)*, 8(2), 440-468.
- García, C., Javier, A. E., & Plata, C. del C. (2022). Creación de un edificio sustentable para educación superior privada en Villahermosa, Tabasco y su financiamiento. *Publicaciones e Investigación*, 16(3), 1-22. <https://doi.org/10.22490/25394088.6486>
- García, E., & Lira, J. (2010). La percepción remota aplicada al análisis urbano-regional de la ciudad de México empleando imágenes ópticas Terra/Aster y Spot5. 6to. Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, 1-12. <https://doi.org/10.5821/ctv.7622>
- Grismino, M. H., & Da Silva, W. P. (2023). Methodology for evaluation of the socio-spatial impacts of urban expansion: A case study in the city of Campina Grande-PB. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 19(2), 531-548.
- Hidalgo, M. G., Bello, J., Arriaga, S. L., & López, M. A. (2019). Fauna silvestre en la ciudad de Villahermosa. En A. J. Sánchez, X. Chiappa-Carrara & R. Brito-Pérez (Eds.), *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado (Vol. 2, pp. 375-381)*. CONABIO. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s7gw.html> <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv731mgw.xml>
- INEGI. (2021). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250000, Serie VII. Conjunto Nacional (1ª ed.) [Conjunto de datos]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Villahermosa zona metropolitana. Data México. <https://datamexico.org/es/profile/geo/villahermosa>
- IUCN Heritage & Culture and Youth Team. (2023). Índices de naturaleza urbana (1a ed.). IUCN Urban Biodiversity Hub. <https://doi.org/10.2305/rwdy8899>
- Kauark, B., Ortiz, C. E., Marchetti, L., Hernández, J., & Salbitano, F. (2023). Towards adaptive governance of urban nature-based solutions in Europe and Latin America: A qualitative exploratory study. *Sustainability*, 15(5), 4479. <https://doi.org/10.3390/su15054479>
- Kordylas, J. A. (2018). Los ODS, la nueva agenda urbana y su aplicación en América Latina. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales*, 1-7.
- Lima, K., & Marques, J. (2023). La vegetación urbana como estrategia de mitigación climática y confort térmico en ciudades brasileñas calurosas. *Revista Latino-Americana de Ambiente Construido & Sustentabilidade*, 4(16), 29-42. <https://doi.org/10.17271/rlass.v4i16.4534>
- Lira, J. (1987). *La percepción remota: Nuestros ojos desde el espacio*. Fondo de Cultura Económica.
- López, L. N. (2019). Tabasco es el edén de los humedales. *Kuxulkab'*, 25(52), 39-51. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a25n52.2969>
- López, S. M., Tejedor, C. A., & Linares, G. del P. M. (2020). Arquitectura y sistemas de información geográfica: Hacia un proyecto de paisaje informado. *Proyecto, Progreso, Arquitectura*, 22, 54-71. <https://doi.org/10.12795/ppa.2020.i22.04>
- Loyola, R., Aceves, L., Juárez, F., & Téllez, T. M. (2019). Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo sustentable de Tabasco en la era del cambio global. *Sociedad y Ambiente*, 20, 125-151. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i20.1996>

- Lucioni, N., Rusler, V., & Heredia, M. (2022). La enseñanza de las tecnologías de la información geográfica orientadas al trabajo territorial e interactoral: Empezar a ver la ciudad con otros ojos. *Redes de Extensión*, 1(9), 4-22. <https://doi.org/10.34096/redes.n9.12147>
- Magaña, M. A., Bello, J., & Kampichler, C. (2008). Flora arbórea urbana y exurbana del municipio de Centro, Tabasco. *Semana de Divulgación y Video Científico UJAT 2008*, 147-151.
- Manzané, B., Fiol, I., Camaño, N., Vega, N., & Quijada, J. (2020). Aplicación de la teledetección para el análisis de vías de acceso hacia asentamientos informales. *Revista de Iniciación Científica*, 5(2), 8-14. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v5.2.2495>
- Marín, P., & Capdepont, L. J. (2014). La economía de Tabasco y su impacto en el crecimiento urbano de la ciudad de Villahermosa (1960-2010). *Liminar. Estudios Sociales y Humanísticos*, 12(1), 144-160.
- Mexicoenfotos. (2024). Fotos antiguas de Villahermosa, Tabasco. <https://www.mexicoenfotos.com/antiguas/tabasco/villahermosa>
- Mogollón, S., & Ortiz, D. (2021). Estudio multitemporal de la cuenca del río Chinchiná a partir de imágenes satelitales [Tesis de pregrado]. Universidad Católica de Manizales.
- Mojiol, A. R., Lim, W. S., Chung, K. C. L., & Dani, J. L. (2022). The benefit of urban green area in Kota Kinabalu, Sabah. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1053(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1053/1/012001>
- Morales, I. G., & Bernal, D. (2020). Asentamientos informales en América Latina: Impacto en la salud pública. *Enfoque*, 26(22), 32-39.
- Morales, P., & Rodríguez, L. (2016). Aplicación de los coeficientes correlación de Kendall y Spearman. *Agrollanía*, 13, 98-109.
- Moreno, F. A., & Sánchez, D. M. (2018). Ciudades biofílicas, espacios verdes y calidad de vida en la zona metropolitana de San Luis Potosí, México. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 23, 48-62.
- Mujica, C. M. (2021). Simulación de la expansión urbana mediante tecnologías de información geográfica. En M. L. Zulaica & M. González Insua (Eds.), *Indicadores de sustentabilidad urbana y periurbana: Exploraciones metodológicas en Mar del Plata y el partido de General Pueyrredón* (1a ed., Vol. 1, pp. 47-63). Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Palma, J. L. (2015). Sistemas de información geográfica (SIG) y metodologías de evaluación multicriterio (EMC) en la búsqueda de escenarios alternativos para el mejoramiento socio-espacial de las áreas urbanas populares de la ciudad de Comayagua. *Revista Ciencias Espaciales*, 8(2), 452-468. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i2.2092>
- Palomeque, M. Á., Galindo, A., Sánchez, O., Ruiz, S. del C., & Escalona, M. (2017). Diagnóstico del crecimiento urbano para la planificación ambiental de Villahermosa, Tabasco, México. *Agroproductividad*, 10(10), 121-128. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/110>
- Palomeque, M. Á., Ruiz, S. del C., Magaña, M. A., & Galindo, A. (2021). Modelación de cambios de coberturas y uso de suelo en Nacajuca, Tabasco. *Revista*

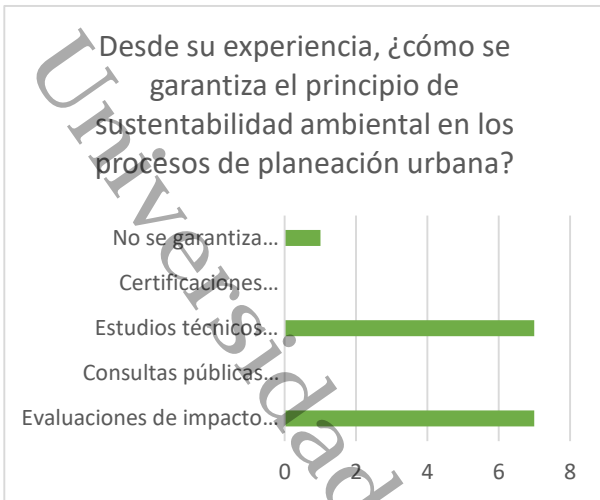
- Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(4), 567-580.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2622>
- Pérez, A. J., Pérez, G., & Vélez, L. (2012). Reordenación del desarrollo urbano: Diagnóstico y propuestas para la entidad, Villahermosa y zonas estratégicas. En Plan Estatal de Desarrollo Tabasco 2013-2018 (pp. 215-248). Gobierno del Estado de Tabasco.
- Pérez, J., Barradas, V. L., Tejeda, A., Angulo, Q., Triana, C., & Gutiérrez, G. (2000). Aspectos del clima urbano de Villahermosa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 16(31), 10-16. <https://doi.org/10.19136/era.a16n31.511>
- Pérez, V. I., Cortizo, D. E., & Frediani, J. C. (2022). Normativa urbana y aumento del valor del suelo en el desarrollo de la ciudad: Análisis del caso de La Plata desde un enfoque estructuralista. *Quivera*, 24(1), 43-66.
- Pineda, A., Escobedo, F. J., & Carriazo, F. (2021). Governance, nature's contributions to people, and investing in conservation influence the valuation of urban green areas. *Land*, 10(1), 14. <https://doi.org/10.3390/land10010014>
- Pineda, J. G., & Jaramillo, C. E. (2022). Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en la zona de amortiguamiento altoandina del Parque Nacional Cotacachi-Cayapas (1990-2019) [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica del Norte.
- Rabelo, Á. V., Ramos, D. E., Díaz, M. Á., & Mesa, M. A. (2021). El petróleo en Tabasco: Propuesta para una periodización. *Revista Mexicana de Sociología*, 83(1), 129-155. <https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2021.1.60025>
- Ramos, R., & Palomeque, M. Á. (2023). Cambio de uso del suelo y escenarios prospectivos en el estado de Tabasco (México). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 43(1), 185-209. <https://doi.org/10.5209/aguc.85944>
- Ricárdez, G., López, G., Bautista, R. G., & Torres, C. A. (2016). Laguna de las Ilusiones y su entorno urbano: Aguas residuales, urbanas y sedimentos. *Kuxulkab'*, 22(43), 27-38.
- Robles, M., Rodríguez, N., & Dattwyler, R. (2021). De la periferia y el periurbano al margen: Comprendiendo el espacio de expansión de la ciudad latinoamericana. *Ateliê Geográfico*, 15(2), 6-26.
- Sánchez, A. (2005). Uso del suelo agropecuario y deforestación en Tabasco 1950-2000. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Sánchez, C. M., & Martínez, J. G. (2023). Urbanización y cobertura vegetal en la zona metropolitana de Cuernavaca. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 2442-2459. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.514>
- Sandoval, J. P., Sáenz, A., Alcérreca, J. C., & Rodiles, R. (2022). Impacto histórico de la deforestación y la modificación de los ríos en la morfología de la costa del sur del Golfo de México. *Revista de Historia*, 1(29), 150-181. <https://doi.org/10.29393/rh29-6ihjr40006>
- Silva, W. (2016). La vegetación y su influencia en microclima urbano. *Élisée - Revista de Geografía da UEG*, 5(1), 205-221.
- Tello, L., & Díaz, J. P. (2021). Análisis de la contaminación ambiental usando técnicas de teledetección y análisis de componentes principales. *Tecnológicas*, 24(50), 2-20. <https://doi.org/10.22430/22565337.1710>
- Tirado, J. (2023). Villahermosa en azul y verde. *E-Rua*, 15(3), 31-33. <https://doi.org/10.25009/e-rua.v15i03.197>

- Tobías, A., Salvador, P., Sánchez, R., Ruiz, S. del C., Arrieta, A., & Andrade, H. (2019). Composición florística y carbono en la vegetación arbórea de un área periurbana en Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 369-376. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.2009>
- Triana, L. H., Palomeque, M. Á., Ruiz, S. del C., Núñez, T. G., & Galindo, A. (2024). Hacia un territorio sostenible: Explorando la interacción humano-naturaleza en México. Crecimiento urbano y pérdida de recursos naturales en ciudades del sureste de México (Vol. 1). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://doi.org/10.19136/hts260924x273>
- Tudela, F. (1989). La modernización forzada del trópico: El caso de Tabasco. CINVESTAV.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2018). World urbanization prospects: The 2018 revision. United Nations Publications.
- Vanoli, L. G., Beltramone, G., Longo, J., Movsesian, L., & Flachek, S. (2021). Infraestructura verde y envejecimiento en la ciudad de Córdoba desde la perspectiva de los ODS. *Pensum*, 7, 81-99.
- Velázquez, E. U., & Cepeda, Y. M. (2023). Desarrollo sostenible: Crítica y refuerzo a la luz del ODS-16. *Revista Jurídica Crítica y Derecho*, 4(6), 60-73. <https://doi.org/10.29166/cyd.v4i6.4290>
- Veneros, J., García, L., Morales, E., Gómez, V., Torres, M., & López, F. (2020). Aplicación de sensores remotos para el análisis de cobertura vegetal y cuerpos de agua. *Idesia*, 38(4), 99-107.
- Villanueva, J., & Quiroa, J. A. (2020). Infraestructura verde: Evaluación de los servicios ambientales de tres parques urbanos en clima árido. El caso de Torreón, Coahuila. En J. Villanueva-Solis (Ed.), *Importancia de la infraestructura verde y la planeación para el desarrollo urbano sustentable* (pp. 29-57). Universidad Autónoma de Coahuila. <https://doi.org/10.47386/20203007b2>
- Wu, Y., Wei, Y. D., & Li, H. (2020). Firm suburbanization in the context of urban sprawl: Neighborhood effect and sectoral difference. *The Professional Geographer*, 72(4), 598-617. <https://doi.org/10.1080/00330124.2020.1750437>
- Zhiminaicela, J., Quevedo, J., & Morocho, A. (2020). Deforestación y cambios en la cobertura vegetal del archipiélago de Jambelí, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat-8. *Manglar*, 17(2), 153-157. <https://doi.org/10.17268/manglar.2020.023>

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México

XII. ANEXOS

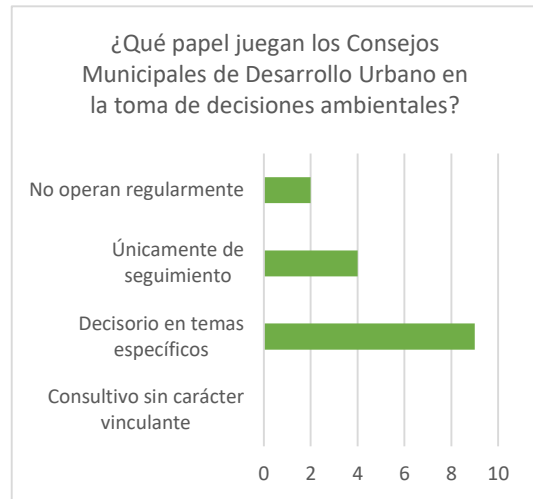
Análisis Documental		
CRITERIOS DE ANÁLISIS METODOLÓGICO	LEY GENERAL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO	PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE CENTRO, TABASCO
Jerarquía normativa y ámbito de aplicación	Ley federal de observancia general en todo el territorio nacional, esta define el marco general para la coordinación entre los tres órdenes de gobierno, Así mismo establece las bases para la concurrencia en materia de ordenamiento territorial.	Instrumento de planeación municipal derivado de la LGAHOTDU de aplicación específica en el municipio de Centro, Tabasco, el cual debe alinearse a las disposiciones federales y estatales.
Objetivos y principios rectores	<ul style="list-style-type: none"> • Derecho a la ciudad • Equidad e inclusión • Derecho a la propiedad urbana • Coherencia y racionalidad • Participación democrática y transparencia • Productividad y eficiencia • Protección y progresividad del espacio público • Resiliencia, seguridad urbana y riesgos • Sustentabilidad ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenamiento Territorial • Desarrollo Económico • Mejora de la Calidad de Vida • Protección Ambiental • Sostenibilidad • Participación Ciudadana • Equidad
Instrumentos de planeación y gestión	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial • Programas Estatales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano • Programas Metropolitanos y de Zonas Conurbadas • Programas Municipales de Desarrollo Urbano 	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tabasco • Programas regionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano • Programas de Zonas Metropolitanas y zonas conurbadas • Programas municipales de Desarrollo Urbano • Talleres Participativos para la Adecuación del Programa Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Centro, Tabasco
Mecanismos de participación ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> • Consejos Nacionales, Estatales y Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano • Consejos Municipales de Desarrollo Urbano y Vivienda • Comisiones Metropolitanas y de Conurbaciones • Órganos auxiliares de participación ciudadana y conformación plural • Consultas públicas para instrumentos de planeación 	<ul style="list-style-type: none"> • Consultas Públicas • Foros • Comités de Participación Ciudadana • Encuestas y Sondeos • Audiencias Públicas
Lineamientos de desarrollo urbano	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zonificación Primaria: <ol style="list-style-type: none"> 1. Áreas Urbanizadas <ul style="list-style-type: none"> • Con servicios completos • Con servicios parciales • Sin servicios 2. Áreas Urbanizables <ul style="list-style-type: none"> • Corto plazo (0-3 años) • Mediano plazo (3-5 años) • Largo plazo (5-10 años) 3. Áreas No Urbanizables <ul style="list-style-type: none"> • Por preservación ecológica • Por riesgos • Por valor patrimonial ➤ Zonificación Secundaria: <ul style="list-style-type: none"> • Zonificación de uso del suelo: residencial, comercial, industrial y mixto. • Zonificación de densidad • Zonificación de conservación • Zonificación de riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zonificación Primaria: <ol style="list-style-type: none"> 1. Áreas Urbanizadas <ul style="list-style-type: none"> • Redes de infraestructura, equipamientos y servicios. 2. Áreas Urbanizables <ul style="list-style-type: none"> • Territorio para el crecimiento urbano al interior de la zona urbana o bien contiguo a los límites de esta. 3. Áreas No Urbanizables <ul style="list-style-type: none"> • Físico-naturales • Protección y valor ambiental o cultural o riesgo, • Producción agrícola, ganadera, forestal, pecuario u otra actividad productiva sustentable. ➤ Zonificación Secundaria: <ol style="list-style-type: none"> 4. Áreas de Gestión Territorial: <ul style="list-style-type: none"> • Características ambientales y de valor ecológico • De superficie urbana • Ambas 5. Áreas de la Zonificación <ul style="list-style-type: none"> • Agropecuario • Área de valor ambiental • Asentamiento humano • Centro de Barrio • Comercio • Ecoturismo • Equipamiento • Espacio Público • Habitacional mixto densidad alta • Habitacional mixto densidad baja • Habitacional mixto densidad máxima • Habitacional mixto densidad media • Habitacional mixto densidad mínima • Habitacional mixto densidad restringida • Habitacional rural de baja densidad • Industria ligera • Industria mediana • Industria pesada • Zona de Transición
Aspectos de sustentabilidad y resiliencia	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Marco de Sustentabilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Principios de desarrollo sustentable • Criterios de eficiencia energética • Gestión integral del agua • Manejo de residuos sólidos • Preservación de áreas naturales ➤ Medidas de Resiliencia <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de riesgos naturales • Adaptación al cambio climático • Prevención de desastres • Infraestructura verde • Sistemas de alerta temprana 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Marco de Sustentabilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de humedales urbanos • Control de inundaciones • Eficiencia energética municipal • Gestión local del agua • Preservación de biodiversidad ➤ Medidas de Resiliencia <ul style="list-style-type: none"> • Atlas de riesgo municipal • Protección de zonas inundables • Infraestructura adaptativa • Continuidad de servicios • Recuperación post-desastre



Nota: Elaboración propia. Fuentes:

<https://forms.office.com/r/PqnWrqD4MI?origin=IprLink>

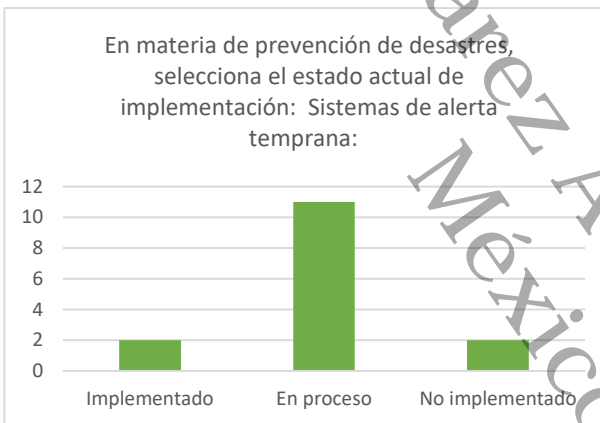
Anexo 2



Nota: Elaboración propia. Fuentes:

<https://forms.office.com/r/PqnWrqD4MI?origin=IprLink>

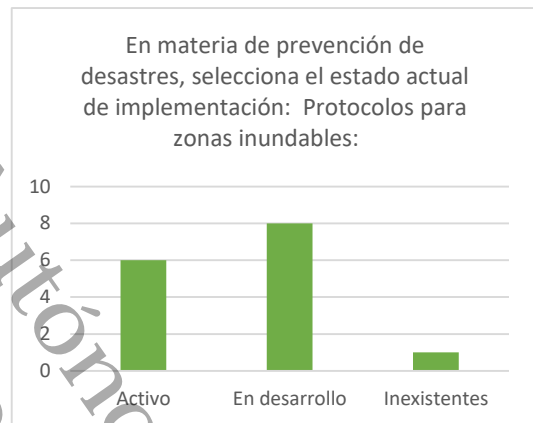
Anexo 3



Nota: Elaboración propia. Fuentes:

<https://forms.office.com/r/PqnWrqD4MI?origin=IprLink>

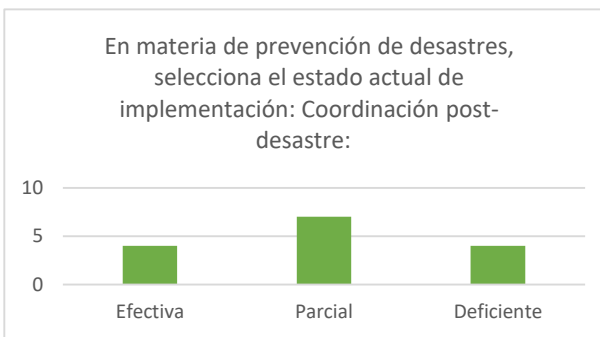
Anexo 4



Nota: Elaboración propia. Fuentes:

<https://forms.office.com/r/PqnWrqD4MI?origin=IprLink>

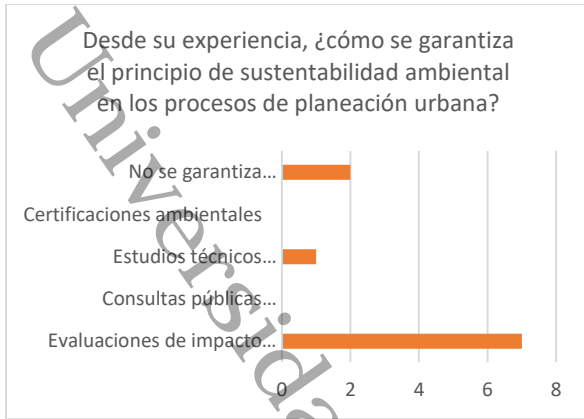
Anexo 5



Nota: Elaboración propia. Fuentes:

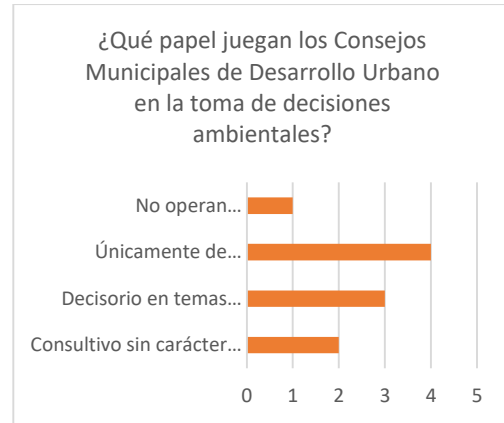
<https://forms.office.com/r/PqnWrqD4MI?origin=IprLink>

Anexo 6



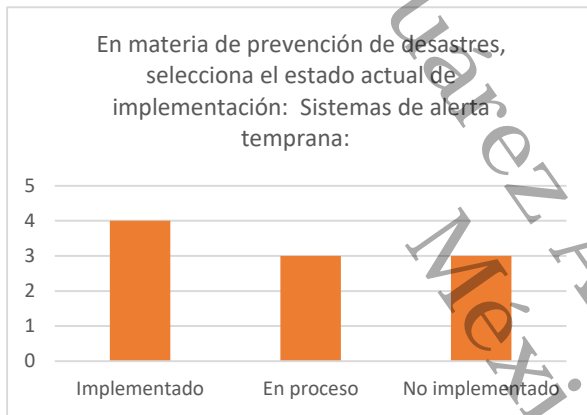
Nota: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=IprLink>

Anexo 7



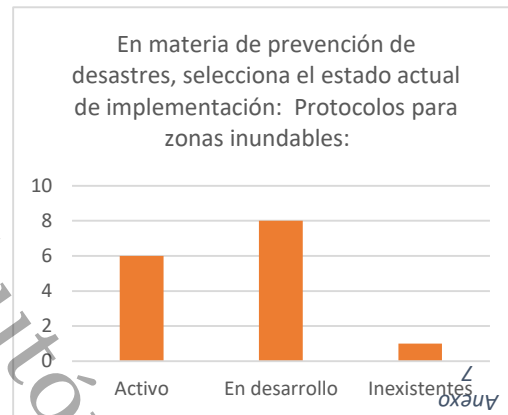
Nota: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=IprLink>

Anexo 8



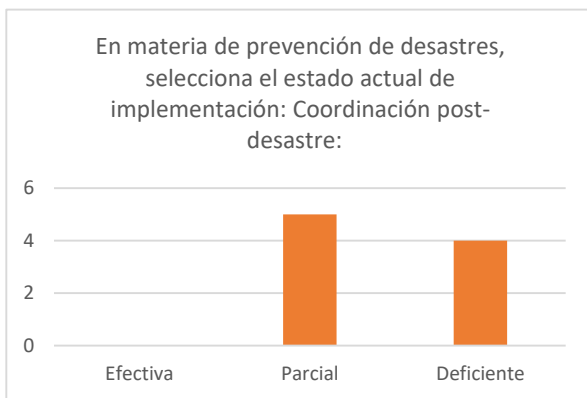
Nota: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=IprLink>

Anexo 9



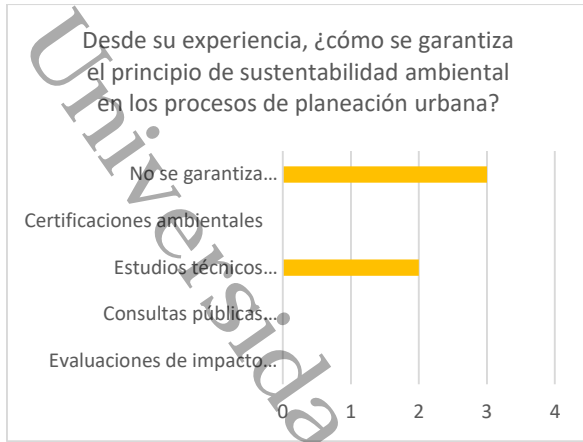
Nota: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=IprLink>

Anexo 10



Nota: Elaboración propia. Fuentes: <https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origin=IprLink>

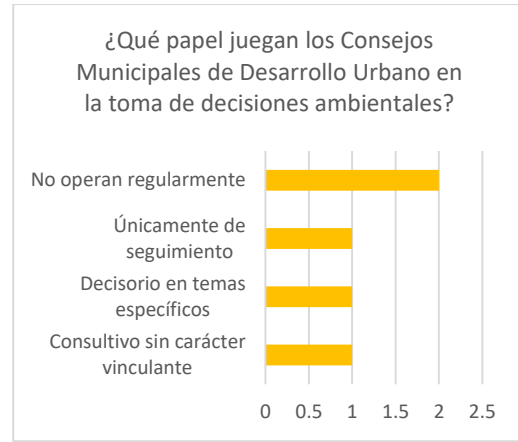
Anexo 11



Nota: Elaboración propia. Fuentes:

<https://forms.office.com/r/PanWrqD4Mi?origin=IprLink>

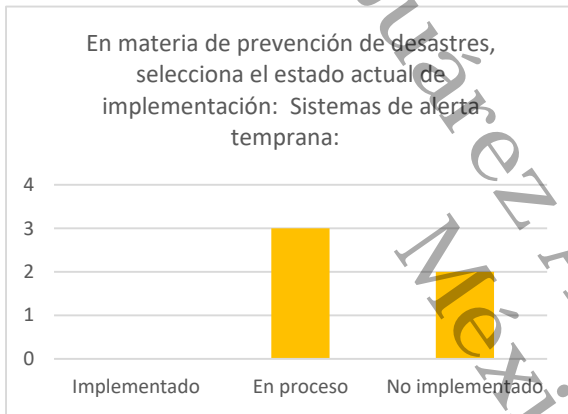
Anexo 12



Nota: Elaboración propia. Fuentes:

<https://forms.office.com/r/PanWrqD4Mi?origin=IprLink>

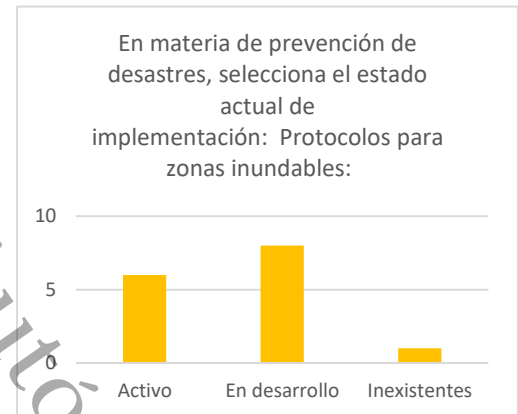
Anexo 13



Nota: Elaboración propia. Fuentes:

<https://forms.office.com/r/PanWrqD4Mi?origin=IprLink>

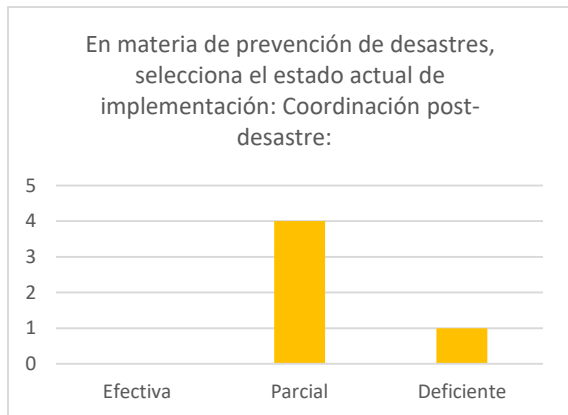
Anexo 14



Nota: Elaboración propia. Fuentes:

<https://forms.office.com/r/PanWrqD4Mi?origin=IprLink>

Anexo 15



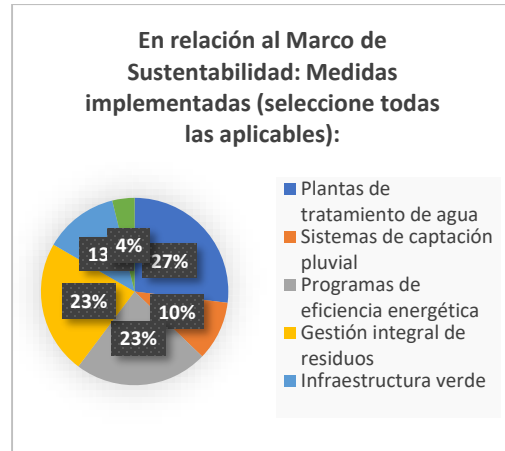
Nota: Elaboración propia. Fuentes:

<https://forms.office.com/r/PanWrqD4Mi?origin=IprLink>

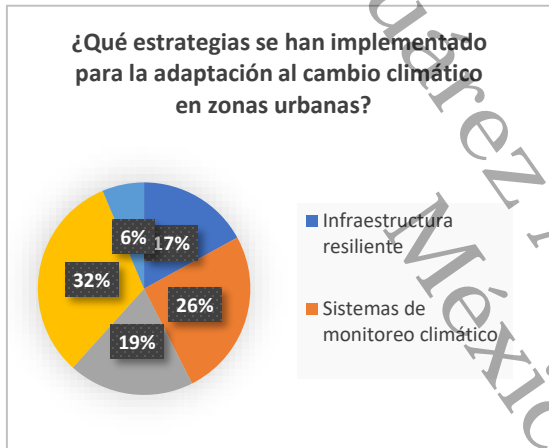
Anexo 16



Nota: Elaboración propia. Fuentes:
<https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origi=IprLink>
 Anexo 17



Nota: Elaboración propia. Fuentes:
<https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origi=IprLink>
 Anexo 18



Nota: Elaboración propia. Fuentes:
<https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origi=IprLink>
 Anexo 19



Nota: Elaboración propia. Fuentes:
<https://forms.office.com/r/PqnWrqD4Mi?origi=IprLink>
 Anexo 20

CONCORDANCIA SPEARMAN (r)	
AB	0.696573796
AC	0.283473355
BC	0.360278097
PROMEDIO	
	0.446775083
PRUEBA T DE STUDENT (t)	
	1.223244277
GRADOS DE LIBERTAD	
	6
VALOR CRÍTICO (0.05)	
	2.447
P- VALORES (p)	
	0.267096177

CONCORDANCIA SPEARMAN (r)	
AB	0.543606728
AC	0.00577033
BC	0.371521425
PROMEDIO	
	0.306966161
PRUEBA T DE STUDENT (t)	
	0.790053926
GRADOS DE LIBERTAD	
	6
VALOR CRÍTICO (0.05)	
	2.447
P- VALORES (p)	
	0.459572466

Nota: Elaboración propia
Anexo 21

CONCORDANCIA SPEARMAN (r)	
AB	0.72341616
AC	-0.104772211
BC	0.409661407
PROMEDIO	
0.342768452	
PRUEBA T DE STUDENT (t)	
0.893751334	
GRADOS DE LIBERTAD	
6	
VALOR CRÍTICO (0.05)	
2.447	
P- VALORES (p)	
0.40587474	

Nota: Elaboración propia
Anexo 23

Nota: Elaboración propia
Anexo 22

CONCORDANCIA SPEARMAN (r)	
AB	0.25970376
AC	0.573589652
BC	-0.055215763
PROMEDIO	
0.259359216	
PRUEBA T DE STUDENT (t)	
0.657807297	
GRADOS DE LIBERTAD	
6	
VALOR CRÍTICO (0.05)	
2.447	
P- VALORES (p)	
0.535069342	

Nota: Elaboración propia
Anexo 24

CONCORDANCIA SPEARMAN (r)	
AB	0.711353707
AC	0.414991909
BC	0.518562979
PROMEDIO	
0.548302865	
PRUEBA T DE STUDENT (t)	
1.605996202	
GRADOS DE LIBERTAD	
6	
VALOR CRÍTICO (0.05)	
2.447	
P- VALORES (p)	
0.159397854	

Nota: Elaboración propia
Anexo 25



Anexo 26



Anexo 27



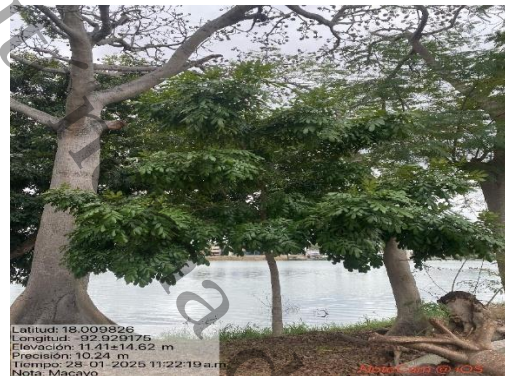
Anexo 28



Anexo 29



Anexo 30



Anexo 31



Anexo 32



Anexo 33



Políticas, Regulaciones y Legislación Ambiental en Desarrollo Urbano Villahermosa, Tabasco

La siguiente encuesta ha sido diseñada para fines educativos. La información proporcionada por usted será utilizada para desarrollar la presente investigación. ¿Está de acuerdo en contestar la encuesta?

* Obligatoria

1. AUTORIZO *

- Sí
 No

Datos de Identificación

2. Nivel de Gobierno *

3. Área *

4. Años de experiencia en el sector *

Marco Normativo y Jerarquía de Aplicación

5. ¿Cómo se articula la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU) con los instrumentos de planeación locales en materia ambiental? *

- A través de convenios de coordinación entre niveles de gobierno
 Mediante la alineación de programas municipales con estatales y federales
 Por medio de comités técnicos intergubernamentales
 No existe articulación clara

6. Desde su experiencia, ¿cómo se garantiza el principio de sustentabilidad ambiental en los procesos de planeación urbana? *

- Evaluaciones de impacto ambiental
 Consultas públicas obligatorias
 Estudios técnicos especializados
 Certificaciones ambientales
 No se garantiza efectivamente

Instrumentos de Planeación y Gestión

7. ¿Qué papel juegan los Consejos Municipales de Desarrollo Urbano en la toma de decisiones ambientales? *

- Consultivo sin carácter vinculante
 Decisorio en temas específicos
 Únicamente de seguimiento
 No operan regularmente

8. ¿Cómo se integran los criterios de protección ambiental en los programas de desarrollo urbano? *

- A través de la zonificación ambiental
 Mediante normas técnicas específicas
 Por lineamientos federales obligatorios
 No se integran sistemáticamente

Zonificación y Aspectos de Sustentabilidad

9. Respecto a las áreas no urbanizables por preservación ecológica: Criterios de determinación (seleccione los aplicables). *

Seleccione como máximo 3 opciones.

- Presencia de ecosistemas prioritarios
- Servicios ambientales críticos
- Zonas de recarga de acuíferos
- Corredores biológicos
- Áreas de alto riesgo natural

10. En relación al Marco de Sustentabilidad: Medidas implementadas (seleccione todas las aplicables). *

Seleccione como máximo 3 opciones.

- Plantas de tratamiento de agua
- Sistemas de captación pluvial
- Programas de eficiencia energética
- Gestión integral de residuos
- Infraestructura verde
- Ninguna de las anteriores

Medidas de Resiliencia

11. ¿Qué estrategias se han implementado para la adaptación al cambio climático en zonas urbanas? *

- Infraestructura resiliente
- Sistemas de monitoreo climático
- Planes de contingencia
- Programas de reforestación urbana
- No se han implementado estrategias

12. En materia de prevención de desastres, seleccione el estado actual de implementación: Sistemas de alerta temprana: *

- Implementado
- En proceso
- No implementado

13. En materia de prevención de desastres, seleccione el estado actual de implementación: Protocolos para zonas inundables: *

- Activo
- En desarrollo
- Inexistentes

14. En materia de prevención de desastres, seleccione el estado actual de implementación: Coordinación post-desastre: *

- Efectiva
- Parcial
- Deficiente

Retos y Perspectivas

Participación Ciudadana y Transparencia

15. ¿Cómo se asegura la participación efectiva de la ciudadanía en decisiones ambientales urbanas? Mecanismos utilizados (seleccione todos los aplicables). *

- Consultas públicas presenciales
- Plataformas digitales de participación
- Comités ciudadanos
- Foros de consulta
- No se asegura efectivamente

17. ¿Cuáles considera que son los principales desafíos en la implementación de la legislación ambiental urbana? Seleccione los tres más relevantes: *

Seleccione como máximo 3 opciones.

- Falta de recursos financieros
- Capacidad técnica limitada
- Coordinación interinstitucional deficiente
- Marco legal complejo
- Resistencia social
- Presiones económicas

16. ¿Qué mecanismos de transparencia existen para el seguimiento de políticas ambientales urbanas? *

- Portal de transparencia activo
- Informes periódicos públicos
- Sistemas de indicadores
- Auditorías públicas regulares
- No existen mecanismos efectivos

18. ¿Qué áreas de oportunidad identifica para mejorar la gestión ambiental urbana en Villahermosa? Seleccione los tres más relevantes.

Seleccione como máximo 3 opciones.

- Actualización normativa
- Fortalecimiento institucional
- Mayor participación ciudadana
- Mejor coordinación intergubernamental
- Incremento de recursos
- Innovación tecnológica

Cierre

19. ¿Hay algún aspecto adicional que considere importante mencionar sobre la gestión ambiental urbana? *

Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que envíe se enviarán al propietario del formulario.

Microsoft Forms

Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional

Título de Tesis:	Evaluación de la expansión urbana y cobertura vegetal en Villahermosa: Hacia una gestión urbana sostenible
Autor(a) o autores(ras) de la Tesis:	Sofia Carolina Moo Martínez
ORCID:	https://orcid.org/0009-0006-1120-1782
Resumen de la Tesis:	<p>La expansión urbana acelerada representa uno de los desafíos más críticos para la sostenibilidad ambiental de las ciudades contemporáneas, particularmente en regiones tropicales con rica biodiversidad. Esta investigación evalúa el impacto de la expansión urbana sobre la cobertura vegetal en la Zona Metropolitana de Villahermosa, Tabasco, durante el período 1986-2024, mediante un modelo geoespacial integrado que combina sistemas de información geográfica, teledetección satelital y análisis multicriterio.</p> <p>El análisis de imágenes Landsat procesadas con técnicas de clustering, PCA y validación en campo documentó una transformación territorial alarmante: incremento del 13% en área urbana, pérdida del 12% en vegetación selvática y reducción del 4% en cuerpos de agua naturales. Las áreas más afectadas se concentran hacia Ciudad Industrial y las comunidades de Bosques de Saloya, La Selva y Pomoca en el municipio de Nacajuca, evidenciando un proceso de conurbación no planificado.</p> <p>La evaluación socioeconómica y legislativa, realizada mediante entrevistas estructuradas con la Secretaría de Medio Ambiente, SOTOP y el Colegio de Arquitectos Tabasqueños, reveló fragmentación institucional significativa y ausencia de mecanismos efectivos de coordinación que</p>

	<p>comprometen la implementación de políticas ambientales coherentes. Las proyecciones mediante cadenas de Márkov indican que las áreas urbanas presentan 90.42% de permanencia, mientras la vegetación selvática muestra vulnerabilidad crítica con solo 24.66% de estabilidad.</p> <p>Los resultados confirman la hipótesis planteada y fundamentan estrategias integrales de mitigación basadas en corredores biológicos, restauración de ecosistemas prioritarios, fortalecimiento institucional y participación ciudadana efectiva. Esta investigación contribuye al conocimiento científico sobre fragmentación urbana en contextos tropicales metropolitanos y proporciona herramientas metodológicas replicables para la gestión sostenible del territorio, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el ODS 11.</p>
<p>Palabras claves de la Tesis:</p>	<p>Urbanización Vegetación SIG Villahermosa Sostenibilidad</p>
<p>Referencias citadas:</p>	<p>Brondízio, E. S., Settele, J., Díaz, S., & Ngo, H. T. (Eds.). (2019). The global assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. IPBES Secretariat.</p> <p>Concepción, E. D. (2022). Expansión urbana o cómo el suelo urbanizado se dispersa por el paisaje: Implicaciones para la conservación de la biodiversidad. <i>Ecosistemas</i>, 31(1), Artículo 2165. https://doi.org/10.7818/ecos.2165</p> <p>Congedo, L. (2021). Semi-automatic classification plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. <i>Journal of Open Source Software</i>, 6(64), Artículo 3172. https://doi.org/10.21105/joss.03172</p> <p>Córdoba, R., & Pérez, A. (2020). Urbanización inclusiva y resiliente en asentamientos informales: Ejemplificación en Latinoamérica y Caribe. <i>Bitácora Urbano Territorial</i>, 30(2), 61-74. https://doi.org/10.15446/bitacora.v30n2.81767</p> <p>Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000, Serie VII [Conjunto de datos].</p> <p>Marín, P., & Capdepont, L. J. (2014). La economía de Tabasco y su impacto en el crecimiento urbano</p>

de la ciudad de Villahermosa (1960-2010). *Liminar. Estudios Sociales y Humanísticos*, 12(1), 144-160.

Mujica, C. M. (2021). Simulación de la expansión urbana mediante tecnologías de información geográfica. En M. L. Zulaica & M. González Insua (Eds.), *Indicadores de sustentabilidad urbana y periurbana: Exploraciones metodológicas en Mar del Plata y el partido de General Pueyrredón* (pp. 47-63). Universidad Nacional de Mar del Plata.

Palomeque, M. Á., Galindo, A., Sánchez, O., Ruiz, S. del C., & Escalona, M. (2017). Diagnóstico del crecimiento urbano para la planificación ambiental de Villahermosa, Tabasco, México. *Agroproductividad*, 10(10), 121-128.

Triana, L. H., Palomeque, M. Á., Ruiz, S. del C., Núñez, T. G., & Galindo, A. (2024). Hacia un territorio sostenible: Explorando la interacción humano-naturaleza en México. *Crecimiento urbano y pérdida de recursos naturales en ciudades del sureste de México* (Vol. 1). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://doi.org/10.19136/hts260924x273>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2018). *World urbanization prospects: The 2018 revision*. United Nations.