

DOCTORADO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

**"TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA GOBERNANZA DEL AGUA:
INNOVACIÓN Y DESAFÍOS EN LOS SECTORES AGRÍCOLA Y
GANADERO EN MÉXICO"**
T E S I S

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

Presenta:

JESSICA BONILLA BUSTAMANTE

Bajo la supervisión de:

Dr. Ramón Valdivia Alcalá

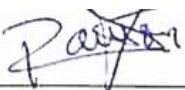


Chapingo, Texcoco, Estado de México. Noviembre del 2025.

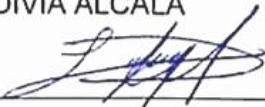
"TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA GOBERNANZA DEL AGUA: INNOVACIÓN Y DESAFÍOS EN LOS SECTORES AGRÍCOLA Y GANADERO EN MÉXICO"

Tesis realizada por Jessica Bonilla Bustamante, bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

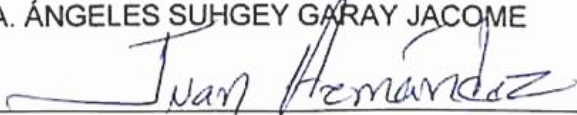
DOCTORA EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR: _____

DR. RAMÓN VALDIVIA ALCALÁ

CODIRECTOR: _____

DRA. ÁNGELES SUHGEY GARAY JACOME

ASESOR: _____

DR. JUAN HERNÁNDEZ ORTÍZ

ASESOR: _____

DRA. JUANITA JAPHETH VALDIVIA CABRAL

LECTORA EXTERNA: _____

DRA. MAYRA BEATRÍZ BASTIDA MIRANDA

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivos.....	9
1.4.1 General.....	9
1.4.2 Específicos	9
1.5 Hipótesis general	9
1.6 Contenido de la tesis	9
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA	11
2.1 Gobernanza digital o e-gobernanza.....	18
2.2 Literatura citada	47
CAPÍTULO 3. LA GOBERNANZA DE AGUA, UNA OPORTUNIDAD DE MEJORA EN LA APLICACIÓN DEL CONCEPTO.....	55
3.1 Resumen	56
3.2 Palabras clave:	56
3.3 Summary	56
3.4 Keywords:	57
3.5 Introducción	58

3.6 Enfoque metodológico	59
3.6 Resultados y discusión	59
3.7 Conclusiones	64
3.8 Referencias	65
CAPÍTULO 4. "TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA GOBERNANZA DEL AGUA: INNOVACIÓN Y DESAFÍOS EN LOS SECTORES AGRÍCOLA Y GANADERO EN MÉXICO"	70
4.1 Resumen	71
4.2 Palabras clave:	71
4.3 Introducción	72
4.4 Marco teórico	73
4.5 Antecedentes.....	78
4.6 Metodología	81
4.7 Resultados.....	88
4.8 Discusión	107
4.9 Conclusiones	111
4.9 Referencias	112
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES.....	119

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. PROTOCOLO RAMESES PARA REVISIONES DE LITERATURA	82
CUADRO 2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	85
CUADRO 3 ESTUDIOS SELECCIONADOS POR BASE DE DATOS	88
CUADRO 4. ESTUDIOS SELECCIONADOS: OBJETIVOS Y PRINCIPALES HALLAZGOS	90

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 MARCO NORMATIVO DE LA GOBERNANZA DEL AGUA EN MÉXICO.	60
FIGURA 2 LA EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE GOBERNANZA.	61
FIGURA 3 NORMATIVA LEGAL DEL AGUA EN MÉXICO.	62
FIGURA 4 DIAGRAMA DE SELECCIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE LA REVISIÓN	86
FIGURA 5 TIPO DE ESTUDIO	89
FIGURA 6 PUBLICACIONES POR AÑO	90
FIGURA 7 SISTEMA CATEGORIAL APRIORÍSTICO	102

ABREVIATURAS

OCDE	Organización para la cooperación y el desarrollo económico
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
IoT	Internet de las cosas
IA	Inteligencia Artificial
GIRH	Gestión integrada de los recursos hídricos
GWP	Global Water Partnership
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
SIAPSAR	Sistema de Información de Agua Potable y Saneamiento Rural
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
PIB	Producto Interno Bruto
PROMOGAN	Programa de Modernización de la Ganadería

DEDICATORIAS

Esta tesis la dedico con mucho cariño a mi familia, porque sin ellos nada sería realidad, por su apoyo incondicional, pero sobre todo a mi hijo que me inspira cada día a sacar lo mejor de mí.

A mi padre que toda la vida camina a mi lado y que nunca deja de apoyarme en mis proyectos y al padre de mi hijo que indudablemente siempre está a mi lado.

A mi director el Dr. Ramón Valdivia Alcalá, a mi codirectora la Dra. Ángeles Suhgey Garay Jacome, a mis asesores el Dr, Juan Hernández Ortiz, a mi asesora las Dra. Juanita Jhaphet Valdivia Cabral, por dedicarle tiempo y conocimientos, a esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quiero agradecer a CONACYT por brindarme la oportunidad de continuar con mis estudios, sin el apoyo jamás hubiera podido seguir con este objetivo, a la Universidad Autónoma Chapingo por brindarme los recursos necesarios para realizar mi investigación.

También agradecer al Dr. Ramón Valdivia Alcalá, por ser mi mentor y por su valioso aporte en esta investigación, al Dr. Juan Hernández Ortiz, a la Dra. Juanita Jhaphet Valdivia Cabral, a la Dra. Ángeles Suhgey Garay Jacome y a la Dra. Mayra Beatriz Bastida Miranda la lectora externa de la investigación, porque sin ellos este tema y esta investigación no tendría sentido y a todos los docentes por compartir sus conocimientos por su dirección, enseñanza y colaboración.

DATOS BIOGRÁFICOS

DATOS PERSONALES

Nombre: Jessica Bonilla Bustamante

Fecha de nacimiento: 14 de Julio de 1994

Lugar de nacimiento: Texcoco, Estado de México

CURP: BOBJ940714MMCNSS05

Profesión: Abogada

Cédula profesional: 11482013



FORMACIÓN ACADÉMICA

Licenciada en Derecho, Universidad Autónoma del Estado de México C.U. Texcoco.

Maestra en Derecho Fiscal, Universidad Liceo Pedro de Gante.

Maestra en Ciencias en economía agrícola y de los recursos naturales, Universidad Autónoma Chapingo

RESUMEN GENERAL

"TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA GOBERNANZA DEL AGUA: INNOVACIÓN Y DESAFÍOS EN LOS SECTORES AGRÍCOLA Y GANADERO EN MÉXICO"

Esta investigación explora la implementación y efectividad de la Gobernanza digital o e-gobernanza en la gestión del agua en contextos agrícolas y ganaderos en México, la Gobernanza digital integra tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el big data para mejorar la eficiencia, transparencia y sostenibilidad en la gestión de recursos hídricos, a través de revisión sistemática de información se realizó un bosquejo de cómo se debe aplicar de manera correcta el concepto de gobernanza hídrica, posterior a ello por medio del mismo método se realizó una investigación en la que se exponen los beneficios de utilizar ala e-gobernanza o gobernanza digital para disminuir las brechas en la gobernanza y gestión de agua en México, se identificaron tanto los beneficios como los desafíos de adoptar estas tecnologías, los resultados indican que, aunque existe una alta disposición para adoptar la e-gobernanza, hay barreras significativas como los altos costos iniciales, la falta de infraestructura adecuada y la necesidad de capacitación, sin embargo, los participantes también señalaron importantes oportunidades, como la mejora en la eficiencia del uso del agua y la reducción de costos operativos, se recomienda desarrollar políticas públicas que apoyen la inversión en infraestructura tecnológica y programas de capacitación continua.

Además, se destacan ejemplos de modelos de gestión exitosos, como el uso de sistemas de riego tecnificados en Singapur y la implementación de blockchain en California, que pueden servir como referencia para mejorar la gobernanza del agua en México, futuras investigaciones deberían enfocarse en estudiar casos específicos de implementación y evaluar los impactos sociales y económicos de estas tecnologías.

Palabras clave: Gobernanza digital, Gestión Del Agua, Big Data, Blockchain, Agricultura, Ganadería.

GENERAL ABSTRACT
“DIGITAL TRANSFORMATION IN WATER GOVERNANCE: INNOVATION
AND CHALLENGES IN MEXICO’S AGRICULTURAL AND LIVESTOCK
SECTORS”

This research explores the implementation and effectiveness of digital governance, or e-governance, in water management within agricultural and livestock contexts in Mexico, digital governance integrates emerging technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and big data to improve efficiency, transparency, and sustainability in water resource management, thru a systematic review of information, an outline was developed on how to properly apply the concept of water governance, subsequently, using the same method, a study was conducted to highlight the benefits of using e-governance, or digital governance, to reduce gaps in water governance and management in Mexico.

Both the benefits and challenges of adopting these technologies were identified. The results indicate that, although there is a high willingness to adopt e-governance, significant barriers exist, such as high initial costs, a lack of adequate infrastructure, and the need for training, however, participants also pointed out important opportunities, such as improved water-use efficiency and reduced operating costs. It is recommended to develop public policies that support investment in technological infrastructure and continuous training programs.

Additionally, examples of successful management models are highlighted, such as the use of advanced irrigation systems in Singapore and the implementation of blockchain in California, which can serve as a reference for improving water governance in Mexico. Future research should focus on studying specific implementation cases and evaluating the social and economic impacts of these technologies.

Key words: Digital governance, Water Management, Big Data, Blockchain, Agriculture, Livestock Farming.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Antecedentes

La gobernanza del agua es un tema de creciente importancia debido a la intensificación de la demanda de este recurso vital, así como a los desafíos asociados con su gestión y distribución, la gobernanza del agua se refiere a las instituciones, políticas y procesos que determinan la forma en que se toma y se implementa la toma de decisiones relacionadas con el agua, este concepto abarca la gestión de recursos hídricos de manera sostenible, equitativa y eficiente, garantizando que todas las partes interesadas tengan acceso a recursos adecuados y que las decisiones se tomen de manera transparente y participativa (Organización para la cooperación y el desarrollo económico [OECD], 2015).

En el contexto agrícola y ganadero, la gobernanza del agua adquiere una relevancia particular, la agricultura es el mayor consumidor de agua a nivel mundial, y las prácticas agrícolas y ganaderas tienen un impacto significativo en la disponibilidad y calidad del agua, la implementación de una gobernanza efectiva del agua en estos sectores es esencial para promover la sostenibilidad, mejorar la productividad y garantizar la seguridad alimentaria (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020).

La Gobernanza digital también llamada e-gobernanza en el transcurso de esta investigación, que integra tecnologías avanzadas y enfoques participativos, ofrece nuevas oportunidades para abordar estos desafíos de manera innovadora y eficiente.

México enfrenta serios desafíos en la gestión de sus recursos hídricos, particularmente en las zonas agrícolas y ganaderas, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha señalado que el 77% de la extracción de agua en México se destina a la agricultura, un sector que también es responsable de una parte

significativa de la contaminación del agua debido al uso de fertilizantes y pesticidas (CONAGUA, 2021), además, las sequías recurrentes y la sobreexplotación de acuíferos agravan la situación, haciendo urgente la necesidad de una gestión más eficiente y sostenible del agua.

En este contexto, la Gobernanza digital puede desempeñar un papel crucial, en la gestión y gobernanza del agua, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA) pueden mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura y la ganadería, permitiendo una monitorización precisa y en tiempo real del consumo de agua y la implementación de sistemas de riego inteligentes (Hernández-Santiago et al., 2020).

Estas tecnologías también pueden facilitar la participación de los agricultores y ganaderos en la toma de decisiones, promoviendo una gestión más inclusiva y equitativa de los recursos hídricos, la relevancia de este estudio en el contexto de México radica en su potencial para contribuir a la sostenibilidad y resiliencia del sector agrícola y ganadero, mejorando la eficiencia en el uso del agua y reduciendo los impactos negativos sobre los recursos hídricos, la adopción de la Gobernanza digital puede ayudar a México a enfrentar los desafíos asociados con la escasez de agua y el cambio climático, promoviendo al mismo tiempo el desarrollo económico y la seguridad alimentaria.

A nivel global, la gestión del agua es un desafío compartido por muchos países, especialmente aquellos con economías dependientes de la agricultura, la FAO ha destacado que la demanda de agua para la agricultura aumentará en un 50% para 2050, lo que pone de manifiesto la necesidad de adoptar prácticas de gestión del agua más sostenibles y eficientes (FAO, 2020), el cambio climático está alterando los patrones de precipitación y aumentando la frecuencia y severidad de eventos extremos como sequías e inundaciones, lo que afecta la disponibilidad y distribución del agua.

En este escenario, la Gobernanza digital ofrece una vía prometedora para abordar estos desafíos a través de la integración de tecnologías avanzadas y enfoques participativos, por ejemplo, en India, la implementación de sistemas de riego inteligente basados en IoT ha demostrado ser efectiva en la reducción del consumo de agua y el aumento de la productividad agrícola (Bhatnagar et al., 2021), asimismo, en Australia, el uso de tecnologías de big data y modelos predictivos está mejorando la gestión de los recursos hídricos y ayudando a los agricultores a adaptarse a las condiciones cambiantes del clima (Khan et al., 2020).

La relevancia de este estudio a nivel global radica en su capacidad para proporcionar soluciones innovadoras y replicables que puedan ser adoptadas en diferentes contextos geográficos y socioeconómicos, la Gobernanza digital no solo puede mejorar la eficiencia en el uso del agua y promover la sostenibilidad, sino que también puede contribuir a la mitigación de los impactos del cambio climático y la mejora de la resiliencia de las comunidades agrícolas y ganaderas.

1.2 Planteamiento del problema

En un mundo cada vez más interconectado y tecnológicamente avanzado, la gestión y gobernanza del agua en contextos agrícolas y ganaderos se enfrenta a desafíos y oportunidades sin precedentes, la escasez de agua, el cambio climático, y la necesidad de una producción agrícola y ganadera sostenible son temas críticos que requieren soluciones innovadoras y eficaces.

En este contexto, la innovación tecnológica en la gobernanza llamada en la presente investigación e-gobernanza o gobernanza digital emerge como un concepto integrador que busca aprovechar las tecnologías de la cuarta revolución industrial para mejorar la gestión de los recursos hídricos, promover la sostenibilidad y aumentar la eficiencia en el uso del agua en el sector agrícola y ganadero.

El agua es un recurso esencial para la vida y un componente vital en la producción agrícola y ganadera, la agricultura es el mayor consumidor de agua a nivel global, utilizando aproximadamente el 70% del total del agua dulce disponible, este uso intensivo está asociado a la necesidad de irrigar cultivos, abrevaderos para el ganado y la gestión de residuos, sin embargo, la sobreexplotación de los recursos hídricos y la contaminación de fuentes de agua debido a prácticas agrícolas y ganaderas insostenibles han llevado a una creciente crisis hídrica en muchas regiones del mundo.

La gestión eficiente del agua es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo económico, especialmente en áreas rurales donde la agricultura y la ganadería son las principales fuentes de subsistencia, a medida que la población mundial continúa creciendo, la demanda de alimentos y productos derivados de la ganadería también aumenta, ejerciendo una mayor presión sobre los recursos hídricos.

En este contexto, la implementación de prácticas sostenibles y tecnologías innovadoras son fundamentales para asegurar la disponibilidad y calidad del agua a largo plazo.

La escasez de agua es un problema apremiante en muchas regiones del mundo, exacerbado por el aumento de la demanda y la variabilidad climática, la competencia por el agua entre sectores como la agricultura, la industria y el uso doméstico crea conflictos y dificulta la implementación de políticas de gestión integrada de recursos hídricos.

La contaminación del agua es otro desafío crítico, con prácticas agrícolas y ganaderas que contribuyen significativamente a la degradación de la calidad del agua, el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, así como la gestión inadecuada de los desechos ganaderos, lleva a la contaminación de acuíferos y cuerpos de agua superficiales, estos contaminantes no solo afectan la salud humana y los ecosistemas, sino que también reducen la disponibilidad de agua para otros usos.

El cambio climático añade una capa adicional de complejidad a la gobernanza del agua, las alteraciones en los patrones de precipitación, el aumento de las temperaturas y la mayor frecuencia de eventos extremos como sequías e inundaciones afectan la disponibilidad y distribución del agua, estos cambios obligan a adaptar las estrategias de gestión del agua para garantizar su sostenibilidad y resiliencia frente a un clima cambiante.

La gobernanza digital se presenta como una solución innovadora para abordar los desafíos mencionados, integrando tecnologías avanzadas y enfoques participativos en la gestión del agua, esta nueva forma de gobernanza se basa en la utilización de tecnologías de la información y comunicación, todo ellos para mejorar la toma de decisiones, aumentar la eficiencia en el uso del agua y promover la sostenibilidad.

Las TIC permiten la monitorización en tiempo real de los recursos hídricos, proporcionando datos precisos y actualizados sobre el estado de las fuentes de agua, el consumo y las necesidades de riego, el IoT facilita la implementación de sistemas de riego inteligente que ajustan automáticamente el suministro de agua según las condiciones del suelo y las necesidades de los cultivos, reduciendo el desperdicio y optimizando el uso del recurso, la IA y el big data permiten el análisis de grandes volúmenes de datos para predecir patrones de consumo, identificar riesgos y desarrollar estrategias de gestión más efectivas.

Además, la Gobernanza digital promueve un enfoque participativo, involucrando a todos los actores relevantes en la toma de decisiones, esto incluye a agricultores, ganaderos, comunidades locales, autoridades gubernamentales y organizaciones no gubernamentales, la colaboración y el intercambio de información entre estos actores son esenciales para desarrollar políticas y prácticas de gestión del agua que sean inclusivas, equitativas y sostenibles, es por eso que la gobernanza digital puede disminuir diferentes brechas entre ellas la de comunicación.

La gobernanza del agua en contextos agrícolas y ganaderos es una cuestión crítica que enfrenta numerosos desafíos en términos de sostenibilidad, eficiencia y equidad, la agricultura, que representa el mayor uso del agua a nivel mundial, se encuentra en un punto de inflexión debido a la presión combinada del cambio climático, la sobreexplotación de los recursos hídricos y la creciente demanda de alimentos, en México, el sector agrícola utiliza aproximadamente el 77% del agua disponible, lo que ha llevado a la sobreexplotación de acuíferos y a una escasez hídrica cada vez más severa (CONAGUA, 2021).

Además, las prácticas agrícolas y ganaderas han contribuido significativamente a la contaminación del agua, debido al uso intensivo de fertilizantes y pesticidas, así como a la gestión inadecuada de desechos ganaderos, este problema no solo afecta la disponibilidad y calidad del agua para otros usos, sino que también pone en riesgo la salud humana y los ecosistemas acuáticos (Hernández-Santiago et al., 2020).

La falta de un marco de gobernanza eficaz y la limitada adopción de tecnologías avanzadas en la gestión del agua agravan estos problemas, haciendo urgente la necesidad de nuevas estrategias y soluciones, en este contexto, la Gobernanza digital se presenta como una propuesta innovadora que integra tecnologías de la cuarta revolución industrial, como el IoT, IA y el big data, para mejorar la gestión y uso del agua en los sectores agrícola y ganadero.

La tesis aborda específicamente la implementación de estas tecnologías para desarrollar un sistema de gobernanza del agua más eficiente, equitativo y sostenible, la investigación se centra en cómo estas tecnologías pueden ser utilizadas para monitorizar y gestionar los recursos hídricos de manera más efectiva, mejorar la toma de decisiones y promover la participación de los actores involucrados.

1.3 Justificación

La gobernanza del agua en contextos agrícolas y ganaderos es un tema crítico debido a la creciente escasez de agua y la necesidad de una gestión más eficiente y sostenible de los recursos hídricos, en México, el sector agrícola consume aproximadamente el 77% del agua disponible, lo que ha llevado a la sobreexplotación de acuíferos y una crisis hídrica en muchas regiones (CONAGUA, 2021), la ganadería también contribuye significativamente a la contaminación del agua a través del uso intensivo de fertilizantes y pesticidas y la gestión inadecuada de desechos (Hernández-Santiago et al., 2020), estas prácticas insostenibles no solo afectan la disponibilidad y calidad del agua, sino que también ponen en riesgo la salud humana y los ecosistemas acuáticos.

La motivación principal de esta investigación es abordar estos problemas mediante la adopción de un enfoque innovador conocido como gobernanza digital o e-gobernanza, este concepto integra tecnologías avanzadas de la cuarta revolución industrial, como el IoT, IA y el big data, para mejorar la gestión y el uso del agua en los sectores agrícola y ganadero, la Gobernanza digital no solo promete aumentar la eficiencia en el uso del agua, sino que también busca promover la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas agrícolas y ganaderos frente a los desafíos del cambio climático y la escasez hídrica (Bibri & Krogstie, 2020).

Desde una perspectiva teórica, esta investigación contribuye al cuerpo de conocimiento sobre la gobernanza del agua y la sostenibilidad en contextos agrícolas y ganaderos, la literatura existente ha destacado la importancia de la gestión integrada de recursos hídricos y la necesidad de enfoques participativos y adaptativos (OECD, 2015), sin embargo, hay una brecha significativa en la investigación sobre cómo las tecnologías de la cuarta revolución industrial pueden ser aplicadas de manera efectiva en estos contextos, este estudio llena esa brecha al proporcionar un análisis detallado de la Gobernanza digital y su potencial para transformar la gestión del agua.

La investigación también aporta una nueva perspectiva sobre la intersección entre tecnología y gobernanza, al integrar conceptos de sostenibilidad, eficiencia y equidad con tecnologías avanzadas, este estudio ofrece un marco teórico innovador que puede ser aplicado en diversas disciplinas, incluyendo la gestión de recursos naturales, la ingeniería ambiental y las ciencias sociales, la combinación de teorías de gobernanza y tecnologías emergentes puede abrir nuevas avenidas de investigación y desarrollo en la gestión de recursos hídricos (Koundouri, 2019).

Desde un punto de vista práctico, los hallazgos de esta investigación tienen implicaciones significativas para la política y la práctica de la gestión del agua en México y a nivel global, la adopción de la Gobernanza digital puede ayudar a mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura y la ganadería, reduciendo el desperdicio y optimizando los recursos disponibles, esto es particularmente relevante en un país como México, donde la escasez de agua es una preocupación creciente y la agricultura es una parte fundamental de la economía y la seguridad alimentaria (FAO, 2020).

La implementación de tecnologías avanzadas, como sistemas de riego inteligente basados en IoT y análisis de Big data, puede transformar la manera en que se gestiona el agua en estos sectores, estos sistemas permiten una monitorización precisa y en tiempo real del consumo de agua, ajustando automáticamente el riego según las necesidades de los cultivos y las condiciones del suelo (Bhatnagar et al., 2021), además, la inteligencia artificial puede ser utilizada para analizar grandes volúmenes de datos y predecir patrones de consumo, facilitando la toma de decisiones más informadas y eficaces.

La investigación también tiene implicaciones para la política pública, al proporcionar un análisis detallado de la Gobernanza digital y sus beneficios potenciales, este estudio puede servir como base para el desarrollo de políticas y programas que promuevan la adopción de estas tecnologías en el sector agrícola y ganadero, la colaboración entre el gobierno, las instituciones

académicas y el sector privado es crucial para facilitar la implementación de la Gobernanza digital y garantizar su éxito a largo plazo (Pereira et al., 2020).

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Analizar la implementación de la Gobernanza digital en la gestión del agua en contextos agrícolas y ganaderos en México, evaluando su potencial para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y resiliencia de estos sectores frente a los desafíos del cambio climático y la escasez hídrica.

1.4.2 Específicos

- Revisar el estado del arte de la gobernanza del agua en el ámbito académico y profesional.
- Analizar la gobernanza del agua en contextos agrícolas y ganaderos identificando los principales desafíos y estrategias actuales y explorar el concepto de gobernanza digital y su aplicación en la gestión del agua, evaluando su impacto potencial en los contextos agrícolas y ganaderos.

1.5 Hipótesis general

- Establecer un modelo de gobernanza digital en México, podría traer beneficios en la gestión y gobernanza del recurso hídrico en la agricultura y ganadería, logrando efficientizar el uso del recurso en el ámbito.

1.6 Contenido de la tesis

Esta investigación cuenta con cinco capítulos que se fueron desarrollando de manera gradual para el análisis de los elementos centrales del estudio.

El Capítulo 1 corresponde a la introducción general y concluye con este apartado.

En el Capítulo 2 se presenta la revisión de literatura, donde se realizó un análisis integral del estado del arte. Se examinaron conceptos fundamentales como la gobernanza del agua, la gobernanza digital o e-gobernanza, y sus implicaciones para impulsar la transformación de la gestión hídrica en los sectores agrícola y ganadero.

El Capítulo 3 desarrolla un manuscrito centrado en el análisis del concepto de gobernanza del agua y de su implementación en México. Este capítulo identifica las principales tendencias conceptuales y teóricas, así como su utilidad para comprender los desafíos asociados a la gestión de este recurso.

Por su parte, el Capítulo 4 presenta una revisión sistemática orientada a analizar cómo la gobernanza digital o tecnificada puede funcionar como una estrategia para superar las brechas estructurales y los problemas de articulación presentes en el marco de la gobernanza multinivel en México.

Finalmente, el Capítulo 5 reúne las conclusiones generales de la investigación e integra los principales hallazgos. Se enfatiza que la intersección entre tecnología y gobernanza debe inscribirse en un marco ético y social robusto.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

El concepto de gobernanza del agua se refiere a los procesos, instituciones y mecanismos que determinan cómo se toman y se implementan las decisiones relacionadas con la gestión de los recursos hídricos, en sus inicios, la gestión del agua se centraba principalmente en aspectos técnicos e ingenieriles, buscando maximizar la disponibilidad del recurso a través de infraestructuras hidráulicas como presas y sistemas de riego (Rogers & Hall, 2003), sin embargo, con el tiempo, la perspectiva ha evolucionado hacia un enfoque más holístico e integrador que considera factores sociales, económicos y ambientales.

La evolución del concepto de gobernanza del agua ha sido impulsada por la creciente comprensión de la complejidad de los sistemas hídricos y la necesidad de enfoques más participativos y adaptativos, en la década de 1990, se reconoció la importancia de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), que promueve la coordinación entre diferentes sectores y niveles de gobierno, así como la participación de todos los actores interesados (Global Water Partnership [GWP], 2000), este enfoque busca equilibrar el uso y la protección del agua para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

En los últimos años, la gobernanza del agua ha incorporado conceptos de sostenibilidad y resiliencia, destacando la necesidad de adaptarse a los impactos del cambio climático y otros factores de incertidumbre, la gobernanza adaptativa, por ejemplo, enfatiza la importancia de la flexibilidad y la capacidad de los sistemas de gestión para responder a cambios y perturbaciones (Pahl-Wostl, 2007), además, la noción de gobernanza policéntrica ha ganado relevancia, sugiriendo que múltiples centros de decisión y acción pueden mejorar la eficacia y la equidad en la gestión del agua (Ostrom, 2010).

La Gobernanza digital representa la última fase en la evolución del concepto, integrando TIC, el IoT, la IA y el big data para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la gestión del agua, esta nueva forma de gobernanza se basa en la

monitorización en tiempo real, la toma de decisiones basada en datos y la participación activa de los actores involucrados (Bibri & Krogstie, 2020), la implementación de estas tecnologías promete transformar la forma en que se gestionan los recursos hídricos, proporcionando herramientas más precisas y eficaces para enfrentar los desafíos actuales.

Los principios fundamentales de la gobernanza del agua incluyen la sostenibilidad, la equidad, la participación, la transparencia y la responsabilidad, la sostenibilidad implica gestionar los recursos hídricos de manera que se mantenga su disponibilidad y calidad a largo plazo, garantizando que las futuras generaciones también puedan beneficiarse de ellos (GWP, 2000), la equidad se refiere a la distribución justa y equitativa del agua, asegurando que todas las personas, especialmente las comunidades vulnerables, tengan acceso a este recurso vital.

La participación es otro principio clave, destacando la importancia de involucrar a todos los actores interesados en el proceso de toma de decisiones, esto incluye a los usuarios del agua, las autoridades gubernamentales, las organizaciones no gubernamentales y otros grupos relevantes (Rogers & Hall, 2003), la transparencia y la responsabilidad son esenciales para construir confianza y legitimidad en la gestión del agua, asegurando que las decisiones se tomen de manera abierta y que los gestores sean responsables de sus acciones.

Entre los modelos teóricos de gobernanza del agua, las teorías de Elinor Ostrom ocupan un lugar destacado, Ostrom, galardonada con el Premio Nobel de Economía en 2009, desarrolló un marco teórico para entender la gestión de los recursos comunes, como el agua, que se basa en la idea de que las comunidades pueden gestionar de manera sostenible sus recursos sin la necesidad de intervención gubernamental centralizada o privatización (Ostrom, 1990), su teoría de los "ocho principios de diseño" proporciona una guía para la gestión efectiva de los recursos comunes, incluyendo la definición clara de los límites y las reglas

de uso, la participación de los usuarios en la toma de decisiones y la implementación de sistemas de monitoreo y sanción.

La gobernanza policéntrica es otro modelo teórico relevante en este contexto, esta teoría sugiere que múltiples centros de decisión y acción, que operan de manera independiente pero interconectada, pueden mejorar la eficacia y equidad en la gestión del agua (Ostrom, 2010), la gobernanza policéntrica permite una mayor flexibilidad y capacidad de adaptación, ya que diferentes niveles de gobierno y actores pueden colaborar y coordinarse para enfrentar los desafíos hídricos.

La gobernanza adaptativa es un modelo que enfatiza la necesidad de flexibilidad y capacidad de respuesta en la gestión del agua, especialmente en el contexto del cambio climático y otros factores de incertidumbre (Pahl-Wostl, 2007), este enfoque promueve la experimentación y el aprendizaje continuo, permitiendo a los sistemas de gestión adaptarse a nuevas condiciones y desafíos, la gobernanza adaptativa se basa en la colaboración y el intercambio de información entre diferentes actores y niveles de gobierno.

En el marco de la Gobernanza digital, los modelos teóricos tradicionales se complementan con nuevas herramientas y enfoques tecnológicos, la integración de TIC, IoT, IA y big data permite una monitorización en tiempo real y una toma de decisiones basada en datos, mejorando la eficiencia y sostenibilidad de la gestión del agua (Bibri & Krogstie, 2020), este enfoque tecnológico no solo aumenta la precisión y capacidad de respuesta de los sistemas de gestión, sino que también facilita la participación activa de los usuarios y otros actores en el proceso de gobernanza.

El agua es un recurso esencial para la producción agrícola, ya que es fundamental para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, la agricultura es el sector que más agua consume a nivel mundial, utilizando aproximadamente el 70% del agua dulce disponible (FAO, 2020), la disponibilidad de agua determina

la productividad agrícola y, por ende, la seguridad alimentaria, en regiones donde el agua es escasa, la capacidad de producir alimentos de manera sostenible se ve seriamente comprometida, afectando no solo la economía local sino también la estabilidad social y el bienestar humano (WWAP, 2019).

El riego es una práctica clave que permite a los agricultores asegurar el suministro de agua para sus cultivos, especialmente en áreas con precipitaciones insuficientes o irregulares, los sistemas de riego eficientes pueden aumentar significativamente los rendimientos de los cultivos y permitir la producción en temporadas secas, sin embargo, el uso excesivo o ineficiente del agua de riego puede llevar a problemas como la salinización del suelo, la disminución de la calidad del agua y la sobreexplotación de los recursos hídricos (Fereres & Connor, 2020), por lo tanto, la gestión sostenible del agua de riego es crucial para mantener la productividad agrícola a largo plazo.

Además, el agua es vital para la aplicación de fertilizantes y pesticidas, así como para otras prácticas agrícolas que mejoran la salud y el rendimiento de los cultivos, la calidad del agua utilizada en la agricultura también es importante, ya que el agua contaminada puede dañar los cultivos, reducir los rendimientos y poner en riesgo la salud de los consumidores, el cambio climático está exacerbando los desafíos relacionados con la disponibilidad y calidad del agua, aumentando la frecuencia y severidad de las sequías, lo que hace que la gestión eficiente del agua en la agricultura sea aún más crítica (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2019).

Entonces entendemos que el agua es un recurso indispensable para la agricultura y la seguridad alimentaria global, la gestión sostenible del agua en este sector es esencial para enfrentar los desafíos actuales y futuros, incluyendo el crecimiento de la población, el cambio climático y la creciente demanda de alimentos, implementar prácticas y tecnologías que mejoren la eficiencia en el uso del agua es fundamental para garantizar la sostenibilidad de la producción

agrícola y proteger los recursos hídricos para las generaciones futuras (FAO, 2020).

La gestión y gobernanza del agua en sistemas agrícolas son fundamentales para asegurar la eficiencia y sostenibilidad en el uso de este recurso, un modelo comúnmente adoptado es la GIRH, que promueve la coordinación y colaboración entre diferentes sectores y niveles de gobierno, la GIRH busca equilibrar las demandas competitivas de agua, asegurando que el uso agrícola no comprometa las necesidades ambientales ni de otros sectores (GWP, 2000), este enfoque integral considera aspectos económicos, sociales y ambientales, promoviendo la sostenibilidad y la equidad en la distribución del agua.

Otra estrategia efectiva es el uso de tecnologías de riego de precisión, que permiten a los agricultores aplicar el agua de manera más eficiente y específica según las necesidades de los cultivos, tecnologías como el riego por goteo, sensores de humedad del suelo y sistemas de riego controlados por IoT pueden reducir significativamente el desperdicio de agua y mejorar los rendimientos de los cultivos (Bhatnagar et al., 2021). Estas tecnologías no solo mejoran la eficiencia del uso del agua, sino que también contribuyen a la sostenibilidad del sistema agrícola al reducir la demanda de agua y minimizar los impactos ambientales negativos.

La participación comunitaria es otro aspecto crucial de la gobernanza del agua en la agricultura, involucrar a los agricultores y a las comunidades locales en la toma de decisiones sobre la gestión del agua puede mejorar la aceptación y efectividad de las políticas y prácticas de gestión, los sistemas de gobernanza basados en la comunidad, como los comités de usuarios de agua, pueden facilitar la cooperación y el manejo compartido de los recursos hídricos, asegurando que las necesidades y prioridades locales sean consideradas (Ostrom, 1990), la gobernanza policéntrica, donde múltiples centros de decisión y acción trabajan de manera coordinada, también puede mejorar la resiliencia y adaptabilidad de los sistemas de gestión del agua (Ostrom, 2010).

Finalmente, la implementación de marcos regulatorios y políticas efectivas es esencial para la gestión sostenible del agua en la agricultura, los gobiernos deben desarrollar y aplicar políticas que promuevan el uso eficiente del agua, incentiven la adopción de tecnologías sostenibles y regulen el acceso y uso del agua para prevenir la sobreexplotación y la contaminación (OECD, 2015), la cooperación internacional también puede jugar un papel importante, especialmente en cuencas hidrográficas transfronterizas, donde la coordinación entre países es necesaria para gestionar de manera sostenible los recursos compartidos.

El agua es un recurso esencial en la ganadería, ya que es vital para la supervivencia, el crecimiento y la productividad de los animales, los animales necesitan agua para regular su temperatura corporal, digerir los alimentos, eliminar desechos y realizar otras funciones biológicas críticas, la cantidad y calidad del agua consumida directamente afectan la salud y el rendimiento del ganado, impactando así la rentabilidad y sostenibilidad de las operaciones ganaderas (Nardone et al., 2010), en regiones donde el agua es escasa o de mala calidad, la producción ganadera puede verse gravemente afectada, comprometiendo la seguridad alimentaria y los medios de vida de los agricultores.

En términos de consumo de agua, la ganadería es una actividad intensiva, el ganado requiere grandes volúmenes de agua diariamente, y esta necesidad varía según el tipo de animal, su tamaño, su dieta y el clima en el que se encuentra, por ejemplo, una vaca lechera puede consumir entre 100 y 150 litros de agua por día (Liu et al., 2017), además del consumo directo, el agua es necesaria para la producción de alimento para los animales, el saneamiento y el procesamiento de productos ganaderos, este consumo significativo resalta la importancia de gestionar los recursos hídricos de manera eficiente y sostenible en la ganadería.

La calidad del agua también es un factor crucial en la ganadería, el agua contaminada puede causar enfermedades en los animales, afectar su crecimiento y reducir la producción de leche y carne, contaminantes comunes en

el agua utilizada en la ganadería incluyen patógenos, nitratos y productos químicos utilizados en la agricultura (Hamilton et al., 2013).

La gestión adecuada de la calidad del agua es esencial para mantener la salud del ganado y garantizar la seguridad de los productos ganaderos, esto implica monitorear regularmente la calidad del agua y tomar medidas para prevenir la contaminación, el cambio climático está exacerbando los desafíos relacionados con la disponibilidad y calidad del agua en la ganadería, las alteraciones en los patrones de precipitación y el aumento de la frecuencia de eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones están afectando la disponibilidad de agua para la ganadería, adaptarse a estos cambios requiere la implementación de prácticas de gestión del agua más eficientes y resilientes (Thornton et al., 2014).

Esto incluye la adopción de tecnologías de riego eficientes, el desarrollo de sistemas de almacenamiento de agua y la promoción de prácticas de manejo sostenible del suelo y el agua, la gestión y gobernanza del agua en sistemas ganaderos son fundamentales para garantizar la sostenibilidad y eficiencia de la producción ganadera, un enfoque comúnmente adoptado es la GIRH, que promueve la coordinación entre diferentes sectores y niveles de gobierno para asegurar el uso sostenible del agua (GW, 2000), la GIRH en sistemas ganaderos incluye la implementación de prácticas que optimicen el uso del agua, minimicen la contaminación y promuevan la sostenibilidad ambiental.

Una estrategia efectiva en la gestión del agua en la ganadería es la adopción de tecnologías de manejo de agua y suelo, estas tecnologías incluyen sistemas de riego eficientes, el uso de bebederos automatizados y el almacenamiento de agua de lluvia, el riego eficiente y la gestión adecuada de los recursos hídricos pueden reducir el consumo de agua y minimizar el impacto ambiental de las operaciones ganaderas (Bhatnagar et al., 2021), además, el uso de tecnologías avanzadas como sensores y sistemas de monitoreo puede mejorar la eficiencia del uso del agua y asegurar que los animales tengan acceso a agua limpia y suficiente.

La gobernanza comunitaria es otro modelo relevante en la gestión del agua en sistemas ganaderos, involucrar a las comunidades locales y a los productores en la toma de decisiones sobre la gestión del agua puede mejorar la aceptación y efectividad de las políticas y prácticas implementadas, los comités de usuarios de agua y las asociaciones de productores pueden desempeñar un papel crucial en la coordinación de esfuerzos y en la implementación de prácticas sostenibles (Ostrom, 1990).

La gobernanza policéntrica, donde múltiples centros de decisión trabajan de manera coordinada, también puede mejorar la resiliencia y capacidad de adaptación de los sistemas de gestión del agua (Ostrom, 2010).

Las políticas y regulaciones gubernamentales son esenciales para la gestión sostenible del agua en la ganadería, los gobiernos deben desarrollar y aplicar políticas que promuevan el uso eficiente del agua, incentiven la adopción de tecnologías sostenibles y regulen el acceso y uso del agua para prevenir la sobreexplotación y la contaminación (OECD, 2015), la implementación de marcos regulatorios efectivos puede ayudar a asegurar que las prácticas ganaderas sean sostenibles y que se protejan los recursos hídricos para futuras generaciones.

2.1 Gobernanza digital o e-gobernanza

La gobernanza digital se define como un enfoque avanzado de gestión y toma de decisiones que integra tecnologías emergentes de la cuarta revolución industrial, tales como el IoT, la IA, el big data y las TIC para mejorar la eficiencia, transparencia y sostenibilidad en diversos sectores (Bibri & Krogstie, 2020).

Este concepto representa una evolución de los modelos tradicionales de gobernanza, incorporando herramientas digitales que permiten una gestión más precisa y adaptativa de los recursos, en estos casos el manejo de datos de gran tamaño y capacidad permiten la comunicación entre actores y usuarios, lo que fomenta que la reducción de brechas.

Una de las características distintivas de la Gobernanza digital es su capacidad para proporcionar información en tiempo real a través de redes de sensores y sistemas de monitoreo, esto facilita la toma de decisiones basadas en datos, permitiendo a los gestores responder de manera rápida y efectiva a cambios en las condiciones y necesidades del sistema (Schwab, 2016), además, la Gobernanza digital promueve la participación activa de múltiples actores, incluyendo ciudadanos, empresas y gobiernos, a través de plataformas digitales que facilitan la comunicación y colaboración.

Otra característica importante es la transparencia y la rendición de cuentas. Las tecnologías digitales permiten rastrear y documentar cada paso del proceso de toma de decisiones, lo que aumenta la confianza de los stakeholders y reduce la posibilidad de corrupción o malversación (Bolton et al., 2018).

La implementación de la Gobernanza digital en la gestión del agua, por ejemplo, puede mejorar significativamente la eficiencia del uso del recurso, garantizar la sostenibilidad y facilitar una distribución equitativa, asegurando que las necesidades de todas las partes interesadas sean consideradas.

La ganadería y agricultura digital representan la aplicación de tecnologías avanzadas de la cuarta revolución industrial en la producción agrícola y ganadera, estas tecnologías incluyen sensores, sistemas de monitoreo remoto, drones, robots, y plataformas de análisis de datos que permiten una gestión más precisa y eficiente de los recursos y procesos (Kamilaris et al., 2017), la adopción de estas tecnologías ha mostrado ser efectiva en aumentar la productividad, reducir los costos operativos y minimizar los impactos ambientales.

Una revisión de la literatura muestra que la agricultura digital puede mejorar significativamente la eficiencia del uso del agua y otros insumos agrícolas, por ejemplo, el uso de sistemas de riego inteligente que ajustan el suministro de agua en función de las condiciones del suelo y las necesidades de los cultivos puede reducir el consumo de agua hasta en un 30% (Bhatnagar et al., 2021), los drones

y sensores pueden proporcionar información detallada sobre la salud de los cultivos, permitiendo intervenciones precisas y oportunas que mejoran los rendimientos y reducen el uso de pesticidas y fertilizantes.

En la ganadería, la tecnología 4.0 ha permitido avances significativos en el monitoreo de la salud y bienestar animal, los sensores portátiles y los sistemas de monitoreo remoto pueden detectar signos tempranos de enfermedad, estrés o malnutrición, permitiendo intervenciones rápidas que mejoran la salud animal y la productividad (Wolfert et al., 2017), el análisis de big data puede optimizar la alimentación y manejo del ganado, reduciendo costos y mejorando la eficiencia de la producción, estos avances no solo benefician a los productores, sino que también contribuyen a la sostenibilidad ambiental al reducir el uso de recursos y minimizar los desechos.

Las aplicaciones tecnológicas y digitales están revolucionando la gestión del agua, permitiendo una gestión más eficiente y sostenible de este recurso vital, los sistemas de monitoreo en tiempo real, basados en sensores y redes IoT, proporcionan datos precisos sobre el uso y la calidad del agua, facilitando la toma de decisiones informadas y oportunas (Bibri & Krogstie, 2020).

Estos sistemas pueden detectar fugas, medir los niveles de agua en tiempo real y monitorear la calidad del agua, ayudando a los gestores a identificar problemas y aplicar soluciones de manera más eficaz, las plataformas de análisis de big data juegan un papel crucial en la gestión del agua al permitir el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos para identificar patrones y tendencias, por ejemplo, el análisis predictivo puede anticipar las necesidades de riego y ajustar los sistemas en consecuencia, optimizando el uso del agua y reduciendo el desperdicio (Narasimhan et al., 2017), el big data puede ayudar a modelar el impacto del cambio climático en los recursos hídricos, proporcionando información crucial para la planificación y gestión a largo plazo.

La IA también está siendo utilizada para mejorar la eficiencia en la gestión del agua, algoritmos de aprendizaje automático pueden analizar datos de sensores y otras fuentes para optimizar los sistemas de riego, identificar patrones de consumo y detectar anomalías que podrían indicar problemas como fugas o contaminación (Hassabis et al., 2017).

La IA puede ser utilizada para desarrollar modelos de gestión de cuencas hidrográficas que integren datos ambientales, climáticos y socioeconómicos, facilitando una gestión más holística y sostenible, la evaluación de la Gobernanza digital implica analizar cómo la integración de tecnologías avanzadas mejora la eficiencia, sostenibilidad y participación en la gestión de recursos, este enfoque de gobernanza se basa en la utilización de datos en tiempo real, la inteligencia artificial y la participación digital para tomar decisiones más informadas y precisas (Bibri & Krogstie, 2020).

Evaluar su efectividad requiere medir el impacto de estas tecnologías en la toma de decisiones y en los resultados de gestión, así como su capacidad para involucrar a una amplia gama de actores en el proceso, un aspecto clave de la evaluación de la Gobernanza digital es su capacidad para mejorar la transparencia y la rendición de cuentas en la gestión de recursos, las tecnologías digitales permiten rastrear y documentar cada paso del proceso de toma de decisiones, lo que aumenta la confianza entre los stakeholders y reduce la posibilidad de corrupción o malversación (Bolton et al., 2018).

La evaluación debe considerar cómo estas mejoras en la transparencia y rendición de cuentas afectan la eficiencia y la equidad en la distribución de recursos, así como la percepción de los stakeholders sobre la legitimidad del proceso, otro aspecto importante es la resiliencia y adaptabilidad de los sistemas de Gobernanza digital, las tecnologías avanzadas permiten una monitorización continua y una respuesta rápida a cambios y perturbaciones, lo que puede mejorar la capacidad de los sistemas para adaptarse a desafíos como el cambio climático o la variabilidad en la disponibilidad de recursos (Hassabis et al., 2017).

La evaluación debe incluir indicadores de resiliencia y adaptabilidad, así como la capacidad de los sistemas para integrar y utilizar datos de múltiples fuentes para mejorar la toma de decisiones, la gestión del agua en México ha experimentado transformaciones significativas en las últimas décadas, orientándose hacia modelos más participativos y descentralizados, sin embargo, persisten desafíos que limitan la eficacia de estas iniciativas, la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación de cuerpos de agua y la distribución inequitativa del recurso son problemas recurrentes que afectan la disponibilidad y calidad del agua en el país, la falta de infraestructura adecuada y las prácticas agrícolas ineficientes contribuyen al desperdicio del recurso hídrico.

En este contexto, la gobernanza del agua se enfrenta a la necesidad de integrar a diversos actores en la toma de decisiones, promoviendo la participación efectiva de la sociedad civil y la coordinación entre diferentes niveles de gobierno, la implementación de TIC se presenta como una herramienta clave para mejorar la eficiencia y transparencia en la gestión del agua, estas tecnologías facilitan la comunicación entre actores, permiten el monitoreo en tiempo real de los recursos hídricos y promueven la participación ciudadana en la toma de decisiones, por ejemplo, la adopción de sistemas digitales de monitoreo del uso de agua y fertilizantes en el sector agrícola ha demostrado ser efectiva en la promoción de prácticas sostenibles y en la reducción de la huella hídrica, no obstante, la implementación de estas tecnologías requiere de una infraestructura adecuada y de la capacitación de los actores involucrados para maximizar sus beneficios, es fundamental fortalecer la colaboración entre gobierno, sociedad civil y sector privado para lograr una gestión hídrica sostenible y equitativa.

La gobernanza del agua en México enfrenta desafíos significativos que requieren de la implementación de estrategias innovadoras y de la participación activa de todos los actores involucrados, la integración de tecnologías de la información y la comunicación en la gestión del agua se presenta como una oportunidad para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en el uso de este recurso vital, a pesar de,

es necesario abordar las limitaciones existentes y promover la colaboración entre los diferentes sectores para lograr una gobernanza del agua efectiva y equitativa.

La gestión del agua en los sectores agrícola y ganadero de México enfrenta múltiples desafíos que comprometen la sostenibilidad de los recursos hídricos y la seguridad alimentaria del país, estos sectores son los principales consumidores de agua, representando aproximadamente el 76% del uso total del recurso (El País, 2024).

Sin embargo, prácticas ineficientes y una gobernanza deficiente han exacerbado problemas como la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación de cuerpos de agua, uno de los principales retos es la sobreexplotación de los acuíferos. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2019, 157 acuíferos en México estaban sobreexplotados, un incremento significativo respecto a los 32 registrados en 1975 (INEGI, 2019).

Esta extracción excesiva ha llevado a la disminución de los niveles freáticos, afectando la disponibilidad de agua para riego y consumo humano, la sobreexplotación contribuye al hundimiento del suelo y al deterioro de la calidad del agua debido a la intrusión salina y la concentración de contaminantes, la contaminación de cuerpos de agua es otro desafío crítico, el uso intensivo de agroquímicos, como fertilizantes y pesticidas, en las actividades agrícolas y ganaderas ha resultado en la contaminación de ríos, lagos y acuíferos, estudios señalan que el 70% de los ríos en México están contaminados, afectando la salud de los ecosistemas y de las comunidades que dependen de estos recursos (Bárcena, 2024).

La escorrentía agrícola transporta nutrientes y químicos hacia los cuerpos de agua, provocando fenómenos como la eutrofización y la pérdida de biodiversidad acuática, la distribución inequitativa del recurso hídrico también representa un obstáculo significativo. Regiones con alta demanda agrícola y ganadera, como el norte de México, enfrentan escasez de agua debido a la competencia por el

recurso ya la falta de infraestructura adecuada para su distribución, esta situación se ve agravada por el cambio climático, que altera los patrones de precipitación y aumenta la frecuencia de sequías, exacerbando la vulnerabilidad de estas regiones.

Las prácticas agrícolas y ganaderas ineficientes contribuyen al desperdicio del agua, la falta de adopción de técnicas de riego eficientes, como el riego por goteo, y la ausencia de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia limitan la eficiencia en el uso del recurso, la implementación de TIC en la gestión del agua podría mejorar la eficiencia y sostenibilidad en estos sectores. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías ha sido limitada debido a factores como la falta de infraestructura, recursos financieros y capacitación adecuada.

La gestión del agua en los sectores agrícola y ganadero de México enfrenta desafíos interrelacionados que requieren soluciones integrales, la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación de cuerpos de agua, la distribución inequitativa y las prácticas ineficientes son problemas que deben abordarse de manera conjunta, la implementación de políticas públicas efectivas, la promoción de prácticas sostenibles y el uso de tecnologías innovadoras son esenciales para garantizar la sostenibilidad hídrica y la seguridad alimentaria del país.

La gestión eficiente y sostenible del agua es un desafío global que requiere la integración de diversas estrategias y herramientas, en este contexto, las TIC han surgido como elementos clave para mejorar la gobernanza del agua, facilitando la comunicación entre actores, optimizando la toma de decisiones y promoviendo la participación ciudadana, en México, la implementación de TIC en la gestión hídrica ha demostrado ser una estrategia efectiva para abordar los desafíos actuales en los sectores agrícola y ganadero.

La adopción de TIC en la gestión del agua implica la utilización de herramientas digitales para la recopilación, análisis y difusión de información relacionada con

los recursos hídricos, esto incluye sistemas de monitoreo en tiempo real, plataformas de información geográfica, sensores de calidad del agua y aplicaciones móviles para la comunicación entre actores, estas tecnologías permiten una gestión más precisa y eficiente del recurso, facilitando la identificación de problemas y la implementación de soluciones adecuadas.

Por ejemplo, en el sector agrícola, la implementación de sistemas de riego inteligentes basados en TIC ha permitido optimizar el uso del agua, reduciendo el desperdicio y mejorando la productividad, estos sistemas utilizan sensores para monitorear la humedad del suelo y las condiciones climáticas, ajustando automáticamente el riego según las necesidades específicas de los cultivos, además, las plataformas de información geográfica permiten a los agricultores planificar y gestionar sus recursos de manera más efectiva, identificando áreas con problemas de escasez de agua o contaminación.

La integración de TIC en la gobernanza del agua ofrece múltiples beneficios, en primer lugar, mejora la transparencia y la rendición de cuentas, ya que la información sobre la gestión del agua se vuelve más accesible para todos los actores involucrados, incluyendo la sociedad civil, esto facilita la participación ciudadana y el control social, promoviendo una gestión más democrática y equitativa del recurso.

En segundo lugar, las TIC facilitan la comunicación y coordinación entre diferentes niveles de gobierno y entre sectores, esto es especialmente importante en un país como México, donde la gestión del agua involucra a múltiples actores con diferentes responsabilidades y competencias, las plataformas digitales permiten compartir información de manera rápida y eficiente, facilitando la toma de decisiones conjuntas y la implementación de políticas integradas.

Además, las TIC permiten una gestión más adaptativa y resiliente del agua, el monitoreo en tiempo real y el análisis de datos facilitan la identificación temprana de problemas, como sequías o contaminación, permitiendo una respuesta rápida

y efectiva, esto es crucial en el contexto del cambio climático, que aumenta la incertidumbre y la variabilidad en la disponibilidad de recursos hídricos.

A pesar de los beneficios que las TIC pueden aportar a la gobernanza del agua, su implementación enfrenta desafíos significativos, uno de los principales obstáculos es la brecha digital, que se manifiesta en las desigualdades en el acceso y uso de estas tecnologías, en México, esta brecha es evidente entre diferentes regiones y sectores de la población, especialmente en áreas rurales donde la infraestructura tecnológica es limitada, según datos del INEGI, en 2019, solo el 47% de los hogares rurales tenían acceso a internet, en comparación con el 73% en zonas urbanas (INEGI, 2020), esta disparidad limita la efectividad de las TIC en la gestión del agua, ya que muchos actores clave no pueden acceder a las herramientas digitales necesarias.

Otro desafío es la resistencia al cambio y la falta de capacitación, la adopción de nuevas tecnologías requiere una transformación en las prácticas y procesos existentes, lo que puede generar resistencia entre los actores involucrados, la falta de habilidades digitales entre los usuarios dificulta la implementación efectiva de las TIC, un estudio realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) encontró que el 60% de los agricultores encuestados carecían de conocimientos básicos en el uso de computadoras y dispositivos móviles, lo que representa una barrera significativa para la adopción de tecnologías digitales en la gestión del agua (González & Ramírez, 2021).

La inversión financiera necesaria para desarrollar y mantener infraestructuras tecnológicas también representa un obstáculo, la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real, plataformas de información geográfica y otras herramientas digitales requiere recursos económicos significativos, en muchas comunidades, especialmente en áreas rurales y marginadas, estos recursos son escasos, lo que dificulta la adopción de TIC en la gestión del agua, la falta de políticas públicas que promuevan y financien la digitalización en el sector hídrico agrava esta situación.

La interoperabilidad de sistemas y la estandarización de datos son otros desafíos críticos, la existencia de múltiples plataformas y sistemas que no se comunican entre sí puede generar redundancias y dificultar la integración de información, la falta de estándares claros para la recopilación, almacenamiento y compartición de datos sobre recursos hídricos complica la colaboración entre diferentes actores y niveles de gobierno, un informe del Banco Mundial destaca que la ausencia de interoperabilidad entre sistemas de información hídrica en América Latina limita la eficacia de las políticas de gestión del agua (Banco, 2018).

Por último, la sostenibilidad a largo plazo de las iniciativas tecnológicas es una preocupación, la implementación inicial de TIC puede ser exitosa, pero sin un mantenimiento adecuado y actualizaciones continuas, estas herramientas pueden volverse obsoletas o ineficaces, la falta de planificación para la sostenibilidad y la dependencia de financiamiento externo pueden poner en riesgo la continuidad de los proyectos tecnológicos en la gestión del agua.

Para abordar estos desafíos, es fundamental implementar estrategias integrales que promuevan la adopción efectiva de las TIC en la gobernanza del agua, una de las principales acciones es cerrar la brecha digital mediante inversiones en infraestructura tecnológica en áreas rurales y marginadas, esto incluye la expansión de redes de internet de alta velocidad y la provisión de dispositivos tecnológicos a comunidades que carecen de ellos, es esencial desarrollar programas de capacitación que mejoren las habilidades digitales de los actores involucrados en la gestión del agua, incluyendo agricultores, ganaderos y funcionarios públicos.

La promoción de una cultura de innovación y apertura al cambio es igualmente importante, esto se puede lograr mediante campañas de sensibilización que destaquen los beneficios de las TIC en la gestión del agua y la implementación de programas piloto que demuestren su eficacia, la participación activa de las comunidades en el diseño y ejecución de proyectos tecnológicos también puede

reducir la resistencia al cambio y fomentar la apropiación de las nuevas herramientas.

El financiamiento es adecuado para la implementación y sostenibilidad de las TIC en la gobernanza del agua, los gobiernos, en colaboración con el sector privado y organizaciones internacionales, deben establecer fondos y programas de apoyo financiero que faciliten la adopción de tecnologías digitales en el sector hídrico, la creación de alianzas público-privadas puede movilizar recursos y experiencia necesarios para el desarrollo de infraestructuras tecnológicas.

La estandarización de datos y la promoción de la interoperabilidad entre sistemas son esenciales para facilitar la colaboración y el intercambio de información, el desarrollo de marcos normativos que establecen estándares claros para la gestión de datos hídricos puede mejorar la eficiencia y eficacia de las TIC en la gobernanza del agua, la adopción de plataformas abiertas y compatibles puede facilitar la integración de diferentes sistemas y la participación de diversos actores.

Por ello, es fundamental planificar la sostenibilidad a largo plazo de las iniciativas tecnológicas, esto implica asegurar recursos para el mantenimiento y actualización de las herramientas digitales, así como la capacitación continua de los usuarios, la evaluación periódica de los proyectos y la adaptación a los cambios tecnológicos y contextuales son necesarios para garantizar la relevancia y efectividad de las TIC en la gestión del agua.

A pesar de los desafíos, existen casos exitosos de implementación de TIC en la gobernanza del agua en México, un ejemplo destacado es el Sistema de Información de Agua Potable y Saneamiento Rural (SIAPSAR), desarrollado por la CONAGUA, este sistema utiliza una plataforma digital para monitorear y gestionar los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades rurales, facilitando la toma de decisiones y mejorando la eficiencia en la prestación de servicios (CONAGUA, 2019).

Otro caso es el proyecto "Agua para el Futuro" en el estado de Guanajuato, que implementó sensores y sistemas de información geográfica para monitorear el uso del agua en la agricultura, este proyecto logró reducir el consumo de agua en un 20% y aumentar la productividad agrícola, demostrando el potencial de las TIC para mejorar la gestión, la gestión eficiente del agua en los sectores agrícola y ganadero de México es esencial para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos y la seguridad alimentaria del país, a continuación, se presentan estrategias claves para mejorar la gobernanza del agua en estos contextos, integrando TIC y promoviendo prácticas sostenibles.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los sensores remotos permiten el monitoreo en tiempo real de variables como la humedad del suelo, la evapotranspiración y la calidad del agua, la adopción de estas tecnologías facilita la toma de decisiones informadas sobre el uso eficiente del agua en actividades agrícolas y ganaderas, por ejemplo, el uso de imágenes satelitales ha permitido identificar áreas con estrés hídrico, optimizando así las prácticas de riego (García-Pérez et al., 2018).

La creación de plataformas digitales que integran datos de diferentes fuentes, como estaciones meteorológicas, sensores de campo y pronósticos climáticos, puede mejorar la planificación y gestión del recurso hídrico, estas plataformas permiten a los agricultores y ganaderos acceder a información actualizada y personalizada, facilitando la adopción de prácticas más eficientes y sostenibles (Rodríguez et al., 2019).

La agricultura de precisión, que utiliza tecnologías como GPS, sensores y análisis de datos, permite una aplicación más eficiente de agua y nutrientes, reduciendo el desperdicio y aumentando la productividad, la implementación de estas prácticas requiere capacitación y acceso a tecnologías, pero ofrece beneficios significativos en términos de eficiencia hídrica y sostenibilidad (Flores et al., 2020).

Es fundamental fortalecer las capacidades de las instituciones encargadas de la gestión del agua y promover la participación activa de las comunidades locales en la toma de decisiones, la gobernanza efectiva del agua requiere la colaboración entre gobiernos, organizaciones no gubernamentales, sector privado y usuarios del agua, la creación de comités de cuenca y la implementación de programas de educación y sensibilización pueden fomentar una gestión más participativa y equitativa del recurso hídrico (Martínez et al., 2017).

El desarrollo e implementación de políticas públicas que promuevan el uso eficiente y sostenible del agua en los sectores agrícolas y ganaderos son esenciales, esto incluye incentivos para la adopción de tecnologías eficientes, regulaciones que promueven prácticas sostenibles y programas de financiamiento para proyectos de gestión hídrica, la colaboración entre diferentes niveles de gobierno y sectores es clave para el éxito de estas políticas (López et al., 2016).

La inversión en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas para la gestión eficiente del agua es crucial, esto incluye el desarrollo de cultivos más resistentes a la sequía, sistemas de riego más eficientes y métodos de reutilización de aguas residuales, la colaboración entre instituciones académicas, centros de investigación y el sector privado puede acelerar la innovación en este campo (Pérez et al., 2018).

La educación y sensibilización de los productores agrícolas y ganaderos sobre la importancia del uso eficiente del agua y las prácticas sostenibles es fundamental. Programas de capacitación, talleres y campañas de concientización pueden fomentar una cultura de responsabilidad y cuidado del recurso hídrico, promoviendo cambios en las prácticas tradicionales hacia métodos más sostenibles (Gómez et al., 2019).

La inversión en infraestructuras hídricas sostenibles, como sistemas de captación de agua de lluvia, almacenamiento y distribución eficientes, es esencial para garantizar el acceso al agua en regiones vulnerables, la implementación de tecnologías como la cosecha de agua de lluvia y la construcción de reservorios puede mejorar la disponibilidad del recurso en épocas de escasez (Ramírez et al., 2020).

Es crucial establecer sistemas de monitoreo y evaluación para medir la efectividad de las estrategias implementadas en la gestión del agua, esto permite identificar áreas de mejora, ajustar políticas y prácticas, y garantizar que los objetivos de sostenibilidad y eficiencia se estén cumpliendo, la transparencia en la comunicación de los resultados también fortalece la confianza entre los actores involucrados (Hernández et al., 2017).

La cooperación internacional y el intercambio de experiencias y buenas prácticas con otros países y regiones pueden enriquecer las estrategias de gestión del agua en México, participar en redes internacionales, conferencias y proyectos colaborativos permite acceder a conocimientos y tecnologías innovadoras que pueden ser adaptadas al contexto local (Sánchez et al., 2018).

Dicho lo anterior, la mejora de la gobernanza del agua en los contextos agrícolas y ganaderos de México requiere un enfoque integral que combine la implementación de tecnologías avanzadas, el fortalecimiento de capacidades institucionales, la participación activa de las comunidades y el desarrollo de políticas públicas efectivas, la colaboración entre todos los actores involucrados y el compromiso con la sostenibilidad son fundamentales para garantizar la disponibilidad y calidad del agua para las generaciones presentes y futuras.

La incorporación de TIC en la gobernanza del agua en México presenta tanto desafíos como oportunidades, comprender estos aspectos es esencial para diseñar estrategias efectivas que promuevan una gestión hídrica más eficiente y sostenible.

Uno de los principales desafíos es la brecha digital existente en México, especialmente en áreas rurales y comunidades marginadas, la falta de infraestructura tecnológica y acceso limitado a internet dificultan la implementación de sistemas de gestión hídrica basados en TIC, según datos del INEGI, en 2020, solo el 56.4% de los hogares rurales contaban con acceso a internet, en comparación con el 73.1% en zonas urbanas (INEGI, 2020).

La adopción de nuevas tecnologías requiere que los usuarios posean habilidades digitales adecuadas, sin embargo, muchos agricultores y ganaderos carecen de la capacitación necesaria para utilizar herramientas tecnológicas en la gestión del agua, la falta de programas de formación específicos limita la efectividad de las TIC en este sector (González & Ramírez, 2021).

La resistencia al cambio es otro obstáculo significativo, las prácticas tradicionales en la gestión del agua están profundamente arraigadas en las comunidades rurales, y la introducción de nuevas tecnologías puede ser percibida con desconfianza, la falta de confianza en las TIC y la percepción de que son complicadas o innecesarias pueden inhibir su adopción (Hernández et al., 2017).

La implementación de TIC en la gestión del agua requiere inversiones significativas en infraestructura, software y capacitación, para muchas comunidades y pequeños productores, estos costos son prohibitivos, la sostenibilidad financiera a largo plazo de estos sistemas es una preocupación, ya que el mantenimiento y las actualizaciones continuas implican gastos recurrentes (López et al., 2016).

La diversidad de plataformas y herramientas tecnológicas puede generar problemas de interoperabilidad, la falta de estándares comunes dificulta la integración de sistemas y el intercambio de información entre diferentes actores y niveles de gobierno, limitando la eficacia de las TIC en la gobernanza del agua (Martínez et al., 2017).

Las TIC ofrecen herramientas para monitorear y gestionar el uso del agua de manera más eficiente, sistemas de riego inteligentes, sensores de humedad del suelo y plataformas de análisis de datos permiten optimizar la aplicación de agua en cultivos, reduciendo el desperdicio y aumentando la productividad agrícola (Pérez et al., 2018).

La digitalización de la información relacionada con la gestión del agua facilita la transparencia y la rendición de cuentas, las plataformas en línea pueden proporcionar acceso público a datos sobre disponibilidad de recursos hídricos, calidad del agua y decisiones de gestión, empoderando a la ciudadanía y promoviendo una gobernanza más participativa (Sánchez et al., 2018).

Las TIC pueden ser utilizadas para involucrar a las comunidades en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua, las aplicaciones móviles y plataformas en línea permiten a los ciudadanos reportar problemas, participar en consultas públicas y acceder a información relevante, fomentando una cultura de participación y corresponsabilidad (Gómez et al., 2019).

El cambio climático presenta desafíos significativos para la gestión del agua, las TIC ofrecen herramientas para monitorear en tiempo real variables climáticas y de disponibilidad hídrica, facilitando la implementación de estrategias de adaptación y mitigación, modelos predictivos y sistemas de alerta temprana pueden ayudar a anticipar eventos extremos y planificar respuestas adecuadas (Ramírez et al., 2020).

La integración de TIC en la gestión del agua puede impulsar la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías adaptadas a las necesidades locales, la colaboración entre instituciones académicas, centros de investigación y el sector privado puede generar soluciones tecnológicas que mejoren la eficiencia y sostenibilidad en el uso del agua (Flores et al., 2020).

Es esencial invertir en el desarrollo de infraestructura tecnológica en áreas rurales para cerrar la brecha digital, esto incluye la expansión de redes de internet

de alta velocidad y la provisión de dispositivos tecnológicos a comunidades que carecen de ellos, la colaboración entre el gobierno, el sector privado y organizaciones internacionales puede facilitar estas inversiones (González & Ramírez, 2021).

Implementar programas de capacitación que mejoren las habilidades digitales de los actores involucrados en la gestión del agua es fundamental, esto incluye talleres, cursos y materiales educativos adaptados a las necesidades y contextos locales, promoviendo una cultura de innovación y apertura al cambio (Hernández et al., 2017).

La creación de políticas públicas que promueven la adopción de TIC en la gestión del agua es esencial, esto incluye incentivos fiscales, subsidios y programas de financiamiento que facilitan la adquisición e implementación de tecnologías por parte de agricultores y ganaderos, es necesario desarrollar marcos regulatorios que establezcan estándares para la interoperabilidad de sistemas y la protección de datos, garantizando una integración efectiva y segura de las TIC en la gobernanza del agua (López et al., 2016).

La colaboración entre el sector público y privado puede acelerar la implementación de TIC en la gestión hídrica, las alianzas público-privadas permiten compartir recursos, conocimientos y tecnologías, facilitando proyectos de mayor envergadura y alcance, estas colaboraciones pueden enfocarse en el desarrollo de infraestructuras tecnológicas, programas de capacitación y proyectos de innovación en la gestión del agua (Pérez et al., 2018).

Implementar sistemas de monitoreo y evaluación es crucial para medir el impacto de las TIC en la gestión del agua, esto permite identificar buenas prácticas, áreas de mejora y garantizar que los objetivos planteados se estén cumpliendo, la retroalimentación obtenida a través de estos sistemas es fundamental para ajustar estrategias y asegurar la sostenibilidad de las iniciativas tecnológicas (Hernández et al., 2017).

Promover la educación y sensibilización sobre la importancia del uso eficiente y sostenible del agua es fundamental, las TIC pueden ser herramientas efectivas para difundir información, realizar campañas de concientización y educar a la población sobre prácticas sostenibles, el uso de plataformas digitales, aplicaciones móviles y redes sociales puede amplificar el alcance de estas iniciativas, fomentando una cultura de responsabilidad hídrica (Gómez et al., 2019).

Fomentar la investigación y desarrollo de tecnologías adaptadas a las condiciones locales es esencial, esto incluye el desarrollo de sistemas de riego eficientes, sensores de bajo costo y plataformas digitales accesibles para pequeños productores, la colaboración con universidades, centros de investigación y organizaciones internacionales puede facilitar la creación de soluciones tecnológicas innovadoras y contextualizadas (Flores et al., 2020).

Es necesario fortalecer las capacidades de las instituciones locales encargadas de la gestión del agua, esto incluye la capacitación del personal en el uso de TIC, la mejora de infraestructuras y la promoción de una cultura organizacional que valore la innovación y la eficiencia, las Instituciones fortalecidas son más capaces de liderar procesos de cambio y garantizar la sostenibilidad de las iniciativas tecnológicas (Martínez et al., 2017).

Es fundamental que las TIC implementadas sean adaptadas a las realidades locales, considerando factores culturales, sociales y económicos, la participación de las comunidades en el diseño y adaptación de las tecnologías garantiza que estas sean pertinentes y aceptadas, aumentando las probabilidades de éxito en su implementación (González & Ramírez, 2021).

La implementación de TIC en la gobernanza del agua en México presenta desafíos significativos, como la brecha digital, la resistencia al cambio y la necesidad de inversión, sin embargo, también ofrece oportunidades para mejorar la eficiencia en el uso del agua, fortalecer la transparencia y promover la

participación ciudadana, superar los desafíos requiere estrategias integrales que incluyan el desarrollo de infraestructura tecnológica, programas de capacitación, establecimiento de políticas públicas favorables y la adaptación de tecnologías a los contextos locales.

La colaboración entre el gobierno, el sector privado, las comunidades y las instituciones académicas es esencial para aprovechar las oportunidades que las TIC ofrecen en la gestión sostenible del agua.

Entonces México cuenta con diversas zonas agrícolas que son fundamentales para su economía y seguridad alimentaria, las principales regiones agrícolas incluyen el Bajío, el Valle del Yaqui, la Comarca Lagunera y la Península de Yucatán, el Bajío, conocido como el "granero de México", es una de las áreas más productivas, destacándose en la producción de trigo, maíz y sorgo (INEGI, 2020), el Valle del Yaqui, en Sonora, es otra región clave, especialmente en la producción de trigo y otros cereales gracias a su sistema avanzado de riego que utiliza las aguas del Río Yaqui, la Comarca Lagunera es prominente por su producción de leche y forrajes, mientras que la Península de Yucatán ha incrementado su producción de cultivos tropicales como la papaya y el chile habanero (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020).

Estas regiones no solo son esenciales para el suministro interno de alimentos, sino que también representan una parte significativa de las exportaciones agrícolas de México. Por ejemplo, México es uno de los principales exportadores de aguacate, tomate y berries a nivel mundial, con gran parte de esta producción proveniente de las zonas mencionadas (FAO, 2021). La agricultura mexicana contribuye con aproximadamente el 3.5% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y genera millones de empleos directos e indirectos, subrayando su importancia económica (INEGI, 2020).

Sin embargo, estas regiones enfrentan diversos desafíos relacionados con la sostenibilidad y la gestión de recursos hídricos, la sobreexplotación de acuíferos,

la degradación del suelo y la variabilidad climática son problemas críticos que amenazan la productividad agrícola, la implementación de prácticas agrícolas sostenibles y una gestión eficiente del agua son esenciales para asegurar la viabilidad a largo plazo de estas zonas agrícolas (CONAGUA, 2021).

La gobernanza del agua en la agricultura mexicana enfrenta múltiples desafíos, tanto actuales como futuros, uno de los problemas más críticos es la sobreexplotación de acuíferos. Muchas regiones agrícolas dependen en gran medida del agua subterránea, y la extracción excesiva ha llevado al agotamiento de estos recursos y a la disminución de los niveles freáticos (CONAGUA, 2021).

Esto no solo reduce la disponibilidad de agua para riego, sino que también provoca problemas de subsidencia del suelo y deterioro de la calidad del agua, el cambio climático representa otro desafío significativo, las alteraciones en los patrones de precipitación y la frecuencia creciente de eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, afectan negativamente la disponibilidad y previsibilidad del agua para la agricultura (IPCC, 2019).

Estas condiciones dificultan la planificación y gestión eficiente de los recursos hídricos, y obligan a los agricultores a adaptarse continuamente a un entorno cada vez más incierto, la falta de infraestructura adecuada para captación y almacenamiento de agua agrava estos problemas, limitando la capacidad de respuesta de las comunidades agrícolas.

Además, existen desafíos relacionados con la gestión institucional y la falta de coordinación entre las diferentes entidades responsables de la gestión del agua, la fragmentación de competencias y la falta de políticas integradas dificultan la implementación de estrategias efectivas para el uso sostenible del agua en la agricultura (OECD, 2019), la insuficiente participación de los agricultores y las comunidades locales en la toma de decisiones también limita la efectividad de las políticas de gestión del agua, fortalecer la gobernanza del agua requiere un

enfoque más coordinado y participativo que involucre a todos los actores relevantes.

En la búsqueda de soluciones sostenibles para la gestión del agua en la agricultura, varios casos de estudio y ejemplos de buenas prácticas han emergido a nivel global. Un caso notable es el del sistema de riego por goteo en Israel, este país ha desarrollado tecnologías avanzadas de riego que permiten una aplicación precisa y eficiente del agua, reduciendo significativamente el desperdicio y mejorando los rendimientos de los cultivos (Perry et al., 2017), la adopción de estas tecnologías en regiones agrícolas mexicanas podría ayudar a optimizar el uso del agua y aumentar la productividad agrícola.

Un modelo exitoso es la experiencia de Australia en la gestión de cuencas hidrográficas, especialmente en la Cuenca del Murray-Darling, este enfoque integra la gestión del agua a nivel de cuenca, involucrando a múltiples actores en la toma de decisiones y estableciendo mecanismos de asignación de agua basados en la sostenibilidad y la equidad (Grafton et al., 2019).

La implementación de un enfoque similar en las principales cuencas agrícolas de México podría mejorar la coordinación y eficiencia en la gestión del agua, asegurando que las necesidades de todos los usuarios sean consideradas, para mejorar la gobernanza del agua en el sector agrícola de México, es crucial adoptar un enfoque integral y coordinado que involucre a todos los actores relevantes, una recomendación clave es la promoción de tecnologías de riego eficiente, como el riego por goteo y los sistemas de riego controlados por sensores, estas tecnologías permiten un uso más preciso y eficiente del agua, reduciendo el desperdicio y mejorando los rendimientos de los cultivos (Bhatnagar et al., 2021).

Otra estrategia importante es la implementación de programas de capacitación y educación para los agricultores sobre prácticas sostenibles de gestión del agua, es esencial que los agricultores comprendan la importancia de la conservación

del agua y estén equipados con las habilidades y conocimientos necesarios para implementar técnicas de riego eficiente y manejo sostenible del suelo (FAO, 2020), la extensión agrícola y los servicios de asesoría técnica pueden desempeñar un papel crucial en este proceso, proporcionando soporte continuo y personalizado a los agricultores, es necesario fortalecer las políticas y marcos regulatorios para la gestión del agua, esto incluye la creación de mecanismos efectivos de monitoreo y control del uso del agua, la promoción de la participación comunitaria en la toma de decisiones y el desarrollo de políticas integradas que consideren las necesidades de todos los usuarios del agua (OECD, 2019).

La cooperación internacional también puede ser beneficiosa, permitiendo el intercambio de experiencias y buenas prácticas entre países. Implementar estas recomendaciones puede ayudar a mejorar la sostenibilidad y eficiencia en la gestión del agua, asegurando que los recursos hídricos sean protegidos y utilizados de manera equitativa y sostenible.

México es un país con una tradición ganadera significativa, y varias regiones destacan por su producción de ganado bovino, porcino, avícola y caprino, las principales zonas ganaderas incluyen el norte del país, especialmente los estados de Chihuahua, Sonora y Coahuila, que son conocidos por la producción de carne de res de alta calidad (SIAP, 2020), en el centro del país, los estados de Jalisco y Guanajuato se destacan por su producción de leche y carne de cerdo, mientras que la región del sureste, particularmente Veracruz y Tabasco, es prominente en la producción de ganado bovino y avícola (INEGI, 2020).

La ganadería representa una parte importante de la economía mexicana, contribuyendo con alrededor del 7.6% del PIB del sector agropecuario y generando millones de empleos directos e indirectos (FAO, 2021), México es un exportador significativo de productos ganaderos, incluyendo carne de res, cerdo y pollo, lo que refuerza su importancia económica a nivel internacional, la modernización y expansión de la infraestructura ganadera, junto con el uso de

tecnologías avanzadas en la producción y manejo del ganado, han mejorado la eficiencia y productividad del sector en las últimas décadas (SIAP, 2020).

La gobernanza del agua en la ganadería mexicana enfrenta varios problemas actuales y desafíos futuros, uno de los problemas más críticos es la disponibilidad limitada de agua en muchas de las principales zonas ganaderas, especialmente en el norte del país, la sobreexplotación de acuíferos y la variabilidad climática, incluyendo sequías prolongadas, han reducido significativamente los recursos hídricos disponibles para la ganadería (CONAGUA, 2021).

Esto no solo afecta la cantidad de agua disponible para el consumo animal, sino también la producción de forraje y otros insumos esenciales, otro desafío importante es la contaminación del agua debido a las prácticas ganaderas, el manejo inadecuado de los desechos animales puede llevar a la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos con nutrientes, patógenos y productos químicos (Hamilton et al., 2013).

La falta de infraestructuras adecuadas para el tratamiento de aguas residuales en muchas explotaciones ganaderas agrava este problema, el cambio climático está exacerbando estos desafíos, con alteraciones en los patrones de precipitación y un aumento en la frecuencia de eventos extremos que complican aún más la gestión sostenible del agua en la ganadería (IPCC, 2019).

Uno de los modelos de gestión del agua exitosos en la ganadería es el sistema de manejo de residuos en Dinamarca, este país ha implementado un sistema de gestión de estiércol altamente eficiente que incluye el tratamiento y reutilización de desechos animales como fertilizante orgánico, esto no solo reduce la contaminación del agua, sino que también mejora la calidad del suelo y reduce la dependencia de fertilizantes químicos (Sommer et al., 2013), la implementación de tecnologías avanzadas para el tratamiento de residuos, como biodigestores y plantas de biogás, ha permitido convertir los desechos ganaderos

en energía y productos útiles, promoviendo la sostenibilidad y eficiencia del sector ganadero.

En México, la experiencia del Programa de Modernización de la Ganadería (PROMOGAN) en el estado de Jalisco es un ejemplo de buenas prácticas, PROMOGAN ha enfocado sus esfuerzos en la capacitación de ganaderos en técnicas de manejo sostenible del agua y la implementación de tecnologías de riego eficiente para la producción de forraje (SIAP, 2020), el programa también ha promovido el uso de sistemas de captura y almacenamiento de agua de lluvia, mejorando la disponibilidad de agua durante las temporadas secas, estos esfuerzos han resultado en una mayor eficiencia en el uso del agua y una reducción significativa en los costos operativos para los ganaderos.

Para mejorar la gobernanza del agua en el sector ganadero, es esencial promover la adopción de tecnologías sostenibles y eficientes en el uso del agua, una recomendación clave es la implementación de sistemas de riego tecnificados y el uso de sensores para monitorear el consumo de agua, estas tecnologías pueden optimizar el uso del agua y garantizar que los recursos hídricos se utilicen de manera eficiente y sostenible (Bhatnagar et al., 2021), la instalación de sistemas de captura y almacenamiento de agua de lluvia puede aumentar la disponibilidad de agua en regiones con baja precipitación.

Otra estrategia importante es fortalecer la capacitación y educación de los ganaderos en prácticas sostenibles de gestión del agua y manejo de residuos, programas de extensión agrícola que proporcionen capacitación y soporte técnico continuo pueden ayudar a los ganaderos a adoptar prácticas más sostenibles y mejorar la eficiencia de sus operaciones (FAO, 2020), es crucial desarrollar e implementar políticas públicas que promuevan la sostenibilidad y la conservación del agua en el sector ganadero, esto incluye la regulación estricta del manejo de desechos y la promoción de incentivos para la adopción de tecnologías sostenibles.

La Gobernanza digital se define como un enfoque avanzado en la gestión y toma de decisiones que integra tecnologías emergentes de la cuarta revolución industrial, como el IoT, la IA, el big data y el blockchain, para mejorar la eficiencia, transparencia y sostenibilidad en diversos sectores (Bibri & Krogstie, 2020), este concepto surge en respuesta a la necesidad de abordar los complejos desafíos contemporáneos en la gestión de recursos, incluyendo la escasez de agua, el cambio climático y la creciente demanda de eficiencia en la administración pública y privada.

El contexto de la Gobernanza digital está marcado por la transformación digital global, que está revolucionando la forma en que los datos son recopilados, analizados y utilizados para tomar decisiones informadas, en el ámbito de la gestión del agua, la Gobernanza digital permite una monitorización en tiempo real y una respuesta rápida a los cambios en las condiciones de los recursos hídricos, facilitando una gestión más precisa y adaptativa (Bolton et al., 2018).

Esta evolución tecnológica no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también aumenta la transparencia y la rendición de cuentas, elementos cruciales para una gobernanza efectiva y equitativa.

El IoT está transformando la gestión del agua mediante la implementación de sensores y dispositivos conectados que recopilan y transmiten datos en tiempo real sobre la calidad y cantidad del agua, permitiendo una monitorización continua y una gestión más precisa de los recursos hídricos (Ashton, 2017), la IA, por su parte, se utiliza para analizar grandes volúmenes de datos y desarrollar modelos predictivos que pueden anticipar cambios en la disponibilidad de agua y optimizar su uso en sistemas agrícolas y urbanos (Hassabis et al., 2017).

El big data facilita el análisis de tendencias y patrones a partir de grandes conjuntos de datos, mejorando la toma de decisiones y la planificación estratégica en la gestión del agua, la tecnología blockchain ofrece soluciones innovadoras para la gobernanza del agua al proporcionar registros seguros y

transparentes de las transacciones y el uso de los recursos hídricos, aumentando la transparencia y reduciendo el riesgo de corrupción y malversación (Zheng et al., 2018), estas tecnologías emergentes están revolucionando la forma en que se gestionan y administran los recursos hídricos, promoviendo una gobernanza más eficiente, sostenible y equitativa.

Un caso de estudio destacado en la implementación de la Gobernanza digital es el Proyecto SmartWater en Singapur, que utiliza una red de sensores IoT para monitorizar en tiempo real el suministro y la calidad del agua, este sistema ha permitido una reducción significativa en las pérdidas de agua y ha optimizado la distribución, garantizando una gestión más sostenible y eficiente (Choo, 2018), la inteligencia artificial se emplea para predecir demandas de agua y detectar posibles fugas antes de que se conviertan en problemas mayores, mejorando la resiliencia del sistema hídrico de la ciudad.

Otro ejemplo es el uso de blockchain en la gestión del agua en el estado de California, Estados Unidos, este proyecto piloto utiliza tecnología blockchain para crear registros transparentes y seguros de las transacciones de derechos de agua, facilitando un mercado más eficiente y justo (Batten, 2020), la implementación de estas tecnologías ha aumentado la confianza entre los usuarios y ha reducido las disputas sobre la asignación de recursos hídricos, demostrando el potencial de la Gobernanza digital para mejorar la equidad y la eficiencia en la gestión del agua.

La Gobernanza digital ofrece numerosas oportunidades para mejorar la gestión del agua, pero también presenta desafíos significativos, uno de los principales beneficios es la capacidad de realizar una monitorización en tiempo real y análisis predictivo, lo que permite una gestión más proactiva y eficiente de los recursos hídricos (Bibri & Krogstie, 2020), la transparencia y la trazabilidad mejoradas mediante tecnologías como blockchain pueden aumentar la confianza y reducir la corrupción en la administración del agua (Zheng et al., 2018), sin embargo, la implementación de estas tecnologías requiere una inversión significativa en

infraestructura y capacitación, lo cual puede ser una barrera para muchas regiones, especialmente en países en desarrollo.

Por otro lado, el manejo y la protección de grandes volúmenes de datos plantean preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad, la integración de sistemas IoT y la dependencia de tecnologías basadas en datos también exigen marcos regulatorios robustos para proteger los datos sensibles y asegurar su uso ético y responsable (Zhou et al., 2019), la adopción desigual de estas tecnologías puede aumentar la brecha digital, exacerbando las desigualdades existentes en el acceso y la gestión de los recursos hídricos, superar estos desafíos requiere un enfoque colaborativo y la creación de políticas inclusivas que promuevan la equidad y la sostenibilidad en la Gobernanza digital.

La investigación sobre la Gobernanza digital en la gestión del agua en contextos agrícolas y ganaderos ha revelado una serie de hallazgos importantes en relación con los objetivos y preguntas planteadas, los datos obtenidos sugieren que la implementación de tecnologías emergentes como IoT, IA y blockchain puede mejorar significativamente la eficiencia y sostenibilidad del uso del agua en estos sectores, las entrevistas y encuestas realizadas muestran un alto grado de aceptación y disposición a adoptar estas tecnologías entre los agricultores y ganaderos, siempre y cuando se ofrezcan capacitaciones y apoyo técnico adecuados (Bhatnagar et al., 2021).

Este hallazgo confirma la hipótesis de que la tecnología puede desempeñar un papel crucial en la modernización de la gestión del agua, pero también destaca la importancia de las políticas de apoyo y formación, la investigación ha identificado desafíos significativos en la gobernanza del agua, como la falta de infraestructura adecuada y la necesidad de un marco regulatorio más robusto y coordinado, los participantes señalaron que la fragmentación institucional y la falta de participación comunitaria son barreras importantes para la implementación efectiva de la Gobernanza digital (OECD, 2019).

Estos resultados subrayan la necesidad de un enfoque más integrado y colaborativo que involucre a todos los actores relevantes, desde los agricultores y ganaderos hasta las autoridades gubernamentales y las organizaciones no gubernamentales, los principales hallazgos de esta investigación destacan la importancia y el potencial de la Gobernanza digital para mejorar la gestión del agua en la agricultura y la ganadería, las tecnologías emergentes ofrecen soluciones efectivas para optimizar el uso del agua, reducir los desperdicios y mejorar la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas productivos (Bibri & Krogstie, 2020), la implementación exitosa de estas tecnologías requiere abordar desafíos críticos relacionados con la infraestructura, la capacitación y la coordinación institucional.

La investigación también revela que, aunque existe un interés considerable en adoptar tecnologías avanzadas, es fundamental proporcionar el apoyo necesario para superar las barreras existentes, esto incluye desarrollar políticas públicas que promuevan la inversión en infraestructura tecnológica y fomentar la educación y capacitación continua para los agricultores y ganaderos, los resultados de este estudio no solo son relevantes para México, sino que también pueden ser aplicables a otros países que enfrentan desafíos similares en la gestión del agua en contextos agrícolas y ganaderos (FAO, 2020).

Las implicaciones prácticas de los hallazgos de esta investigación son diversas y relevantes para diferentes sectores, en términos de políticas públicas, es esencial que los gobiernos desarrollen marcos regulatorios que promuevan la adopción de tecnologías digital en la gestión del agua, esto incluye incentivos fiscales y subsidios para la adquisición de equipos tecnológicos, así como la creación de programas de capacitación y asistencia técnica (OECD, 2019), las políticas deben fomentar la colaboración entre diferentes niveles de gobierno y sectores, asegurando una gestión integrada y eficiente de los recursos hídricos.

Para las prácticas agrícolas y ganaderas, la adopción de tecnologías como el IoT y la IA puede transformar significativamente la gestión del agua, mejorando la

eficiencia y reduciendo el impacto ambiental, es crucial que los productores reciban formación adecuada para utilizar estas tecnologías de manera efectiva y sostenible, las organizaciones agrícolas y ganaderas deben trabajar en estrecha colaboración con los gobiernos y las instituciones de investigación para desarrollar y difundir mejores prácticas y tecnologías que optimicen el uso del agua y promuevan la sostenibilidad a largo plazo (Bhatnagar et al., 2021).

2.2 Literatura citada

- Aguilar, I. (2005). *Sustentabilidad ambiental en la industria: Conceptos, tendencias internacionales y experiencias mexicanas*. Monterrey, México: ITESM.
- Aguilar, I. (2007). *Integración económica noreste de México-Texas: Diagnóstico y prospectiva*. Monterrey, México: ITESM.
- Aguilar, I., & Iza, A. (2009). *Gobernanza del agua en las Américas*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Ashton, K. (2017). That 'internet of things' thing. *RFID Journal*. <https://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- Banco Mundial. (2018). *La gestión del agua en América Latina y el Caribe: Desafíos y oportunidades*. Washington, DC: Banco Mundial.
- Batten, S. (2020). Blockchain technology in water rights management: Case study of California. *Journal of Environmental Management*, 254, 109741. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.109741>
- Bhatnagar, R., Sharma, D., & Saini, R. (2021). Smart irrigation system using IoT. *International Journal of Computer Applications*, 183(3), 27-33.
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2020). The emerging data-driven smart city and its innovative applied solutions for sustainability: The cases of London and Barcelona. *Energy Informatics*, 3(1), 1-24. <https://doi.org/10.1186/s42162-020-00110-0>
- Bolton, R., Hannon, M., & Huff, M. (2018). Governing sustainability transitions through business model innovation: Towards a systems understanding. *Research Policy*, 47(5), 780-793. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.02.008>

- Choo, R. (2018). Singapore's SmartWater Project: Leveraging IoT for water management. *Water Resources Management*, 32(12), 3899-3911. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2000-2>
- Comisión Nacional del Agua. (2021). *Estadísticas del agua en México*. <https://www.gob.mx/conagua>
- Comisión Nacional del Agua. (2019). *Sistema de Información de Agua Potable y Saneamiento Rural (SIAPSAR)*. México: CONAGUA.
- Comisión Nacional del Agua. (2021). *Estadísticas del agua en México*. <https://www.gob.mx/conagua>
- El País. (2024, 22 de noviembre). Menos concesiones, más infraestructura y el foco en el norte: el plan del Gobierno mexicano para garantizar el agua. *El País*. <https://elpais.com/mexico/2024-11-22/menos-concesiones-mas-infraestructura-y-el-foco-en-el-norte-el-plan-del-gobierno-mexicano-para-garantizar-el-agua.html>
- El País. (2024, 23 de agosto). En un México cada vez más sediento, tres ideas de emprendedores para enfrentar la crisis del agua. *El País*. <https://elpais.com/mexico/2024-08-23/en-un-mexico-cada-vez-mas-sediento-tres-ideas-de-emprendedores-para-enfrentar-la-crisis-del-agua.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). *Country Profile: Mexico*. <http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=MEX>
- Fereres, E., & Connor, D. (2020). Sustainable water management in agriculture: Challenges and solutions. *Agricultural Water Management*, 242, 106376. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106376>

- Flores, J. M., Pérez, L. A. & Torres, M. E. (2020). Agricultura de precisión: Tecnologías y aplicaciones en el manejo del agua. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 24(3), 45-60.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *The state of food and agriculture 2020: Overcoming water challenges in agriculture*. <https://www.fao.org/publications/sofa/2020/en/>
- García-Pérez, J. A., Martínez, R. H., & López, S. P. (2018). Uso de imágenes satelitales para la gestión del agua en la agricultura. *Revista de Geomática*, 12(2), 33-47.
- Global Water Partnership. (2000). *Integrated water resources management. TAC Background Papers*, No. 4. <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-english.pdf>
- Gómez, F. J., Hernández, M. T., & Sánchez, L. M. (2019). Programas de capacitación en el uso eficiente del agua para agricultores. *Revista de Educación Ambiental*, 15(1), 22-35.
- González, R., & Ramírez, P. (2021). Brecha digital en el sector agrícola mexicano: Un estudio de caso. *Análisis Económico*, 36(91), 123-140.
- Grafton, R. Q., Pittock, J., Williams, J., & Jiang, Q. (2019). The Murray-Darling Basin Plan: Rationale, implementation and evaluation. *Australasian Journal of Water Resources*, 23(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/13241583.2019.1579548>
- Hamilton, D. W., Moore, P. A., Haggard, B. E., & Edwards, D. R. (2013). Impact of land-applied poultry litter on nutrient concentrations in runoff from fescue plots. *Journal of Environmental Quality*, 42(4), 1082-1093. <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0344>

- Hassabis, D., Kumaran, D., Summerfield, C., & Botvinick, M. (2017). Neuroscience-inspired artificial intelligence. *Neuron*, 95(2), 245-258. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.011>
- Hernández, C. A., Martínez, J. L., & Pérez, D. F. (2017). Evaluación de políticas públicas en la gestión del agua en México. *Gestión y Política Pública*, 26(2), 345-370.
- Hernández-Santiago, C., López-Lara, E., & García-Torres, M. (2020). Uso de tecnologías de información y comunicación para la gestión del agua en el sector agrícola mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 567-579.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Anuario Estadístico y Geográfico de los Estados Unidos Mexicanos*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825298628>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Estadísticas sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares mexicanos*. México: INEGI.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23-37. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.037>
- Khan, S., & Shahbaz, M. (2020). Big data and predictive analytics for sustainable water management. *Journal of Hydrology*, 586, 124876.

- Koundouri, P. (2019). The ocean of tomorrow: An integrated approach to ocean and coastal sustainability. *Environmental Science & Policy*, 101, 109-119. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.08.005>
- Liu, J., You, L., Amini, M., Obersteiner, M., & Zehnder, A. J. (2017). A high-resolution assessment on global nitrogen flows in cropland. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(17), 8035-8040. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913658107>
- López, M. A., Torres, G. R., & Ramírez, E. (2016). Políticas públicas para el uso sostenible del agua en la agricultura mexicana. *Revista de Estudios Sociales*, 22(64), 89-105.
- Martínez, H. R., Gómez, A. L., & Sánchez, P. (2017). Participación comunitaria en la gestión del agua: Experiencias en México. *Revista Mexicana de Sociología*, 79(3), 521-544.
- Murillo, D., & Soares Moraes, D. (2013). El péndulo de la gobernabilidad y la gobernanza del agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4(3), 85-98.
- Narasimhan, B., Srinivasan, R., Arnold, J. G., & Di Luzio, M. (2017). Evaluation of long-term water quality impacts of land use change. *Journal of Environmental Management*, 206, 122-132. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.003>
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., & Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1-3), 57-69. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>

- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *OECD Studies on Water: Water Governance in Latin America and the Caribbean*. OECD Publishing.
- Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: Polycentric governance of complex economic systems. *American Economic Review*, 100(3), 641-672.
- Pahl-Wostl, C. (2007). The implications of complexity for integrated resources management. *Environmental Modelling & Software*, 22(5), 561-569. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.05.001>
- Pereira, H. M., Navarro, L. M., & Martins, I. S. (2020). Global trends in biodiversity and ecosystem services from 1900 to 2050. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(1), 48-58. <https://doi.org/10.1002/fee.2142>
- Pérez, L. M., Hernández, J. C., & Torres, M. E. (2018). Innovación tecnológica en la gestión del agua para la agricultura. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 9(4), 5-20.
- Perry, C., Steduto, P., Allen, R. G., & Burt, C. M. (2017). Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, 201, 211-219. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.05.014>
- Rodríguez, C. J. C. (2012). *Gobernanza del agua en México 1984-2014: Derecho humano al agua, relaciones intergubernamentales y la construcción de ciudadanía* [Tesis de maestría, Universidad de las Américas Puebla, México]. Repositorio Institucional.
- Rogers, P., & Hall, A. W. (2003). Effective water governance. *Global Water Partnership*.

<https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/technical-focus-papers/07-effective-water-governance-2003-english.pdf>

Sánchez, P., Martínez, H. R., & Gómez, A. L. (2018). Cooperación internacional en la gestión del agua: Lecciones para México. *Estudios Internacionales*, 50(188), 45-67.

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2020). *Atlas Agroalimentario*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Sommer, S. G., Petersen, S. O., & Møller, H. B. (2013). Algorithms for calculating methane and nitrous oxide emissions from manure management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 95(2), 279-291. <https://doi.org/10.1007/s10705-013-9563-7>

Thornton, P. K., Boone, R. B., & Ramirez-Villegas, J. (2014). Climate change impacts on livestock. *Climate Change*, 19(2), 129-145. <https://doi.org/10.1002/wcc.243>

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

World Water Assessment Programme. (2019). *The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352-375. <https://doi.org/10.1109/MNET.2018.1800218>

Zhou, W., Zhang, Y., Liu, P., & Xie, J. (2019). Security and privacy in the internet of things: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(1), 616-644. <https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2846768>

CAPÍTULO 3. LA GOBERNANZA DE AGUA, UNA OPORTUNIDAD DE MEJORA EN LA APLICACIÓN DEL CONCEPTO.¹

Enviado a la revista Geografía Agrícola.

Jessica Bonilla Bustamante¹

Dr. Ramón Valdivia Alcalá^{1*}

Dr. Juan Hernández Ortiz¹

Dra. Juanita Jhaphet Valdivia Cabral ¹

¹Posgrado de la División de Ciencias Económico – Administrativas – Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México -Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. Tel. 01(595) 9521500.

*Autor para correspondencia: ramvaldi@gmail.com.

¹ Enviado a la revista Geografía Agrícola, en proceso de revisión.

3.1 Resumen

Los problemas de escasez del agua han ido en incremento, debido a múltiples factores, como el crecimiento demográfico, el cambio climático, la contaminación, la sobre explotación de acuíferos, la falta de infraestructura y mantenimiento de las redes de distribución de agua, la deficiencia de gobernanza y la falta de participación, entre otros. Es por ello por lo que, esta investigación se centró en analizar el concepto de la gobernanza de agua y como este concepto se ha implementado en México, para dar solución a los diversos problemas de este recurso, llevando a cabo un análisis metodológico identificando las tendencias conceptuales y teóricas: gobernanza, gobernanza del agua, las variables fueron el concepto, la aplicación social, económica y administrativa, vs la empleabilidad de este concepto en la mejora de la regulación, contaminación y sobreexplotación de agua, esta revisión de literatura que permitió encontrar características similares entre investigaciones, se aterrizó con la teoría y se comenzó el análisis para casos en específico, los resultados obtenidos apuntan a que la mala gestión del agua y la escasez del recurso se debe a la aplicación incorrecta, nula o escasa de la gobernanza, en este sentido las investigaciones plantean propuestas para identificar y disminuir las brechas de gobernanza y lograr un equilibrio en el manejo y uso del recurso. Además, se halló que la gobernanza es un método eficiente de educación de usuarios, capacitación, gestión y administración pública adecuada para resolver problemas en las organizaciones e instituciones.

3.2 Palabras clave:

Gobernanza, agua, brechas, principios, método.

3.3 Summary

The problems of water scarcity have increased, owing to multiple factors, such as population growth, climate change, pollution, over-exploitation of aquifers, lack of infrastructure and maintenance of water distribution networks, poor governance

and lack of participation, among others. That is why, this research focused on analyzing the governance of water in Mexico to identify the main actors in its management, to analyze attributions and responsibilities, as well as findings and approaches on the subject. The methodology used was a review of literature that allowed to find similar characteristics between researches, landed with the theory and started to replicate methodology for specific cases, the results obtained point to the fact that the poor management of water and the scarcity of the resource is due to the incorrect, null or scarce application of governance, in this sense the researches put forward proposals to identify and reduce the gaps in governance and a balance in the management and use of resource. Furthermore, governance was found to be an efficient method of user education, training, management and appropriate public administration to solve problems in organizations and institutions.

3.4 Keywords:

Governance, water, gaps, principles, methods.

3.5 Introducción

La escasez de agua en México ha aumentado a lo largo de los años debido a varios factores, como el crecimiento de la población, el cambio climático y la contaminación. La desconfianza de los ciudadanos, la falta de calidad e ineficiencia en el manejo de este recurso ha provocado que la gobernanza de agua eficaz sea un tema de gran relevancia, es por ello que la toma de decisiones y organización del recurso presenta brechas (Shemer, H., Wald, S., Semiat, R. 2023).

En un esfuerzo por establecer una mejor gobernanza del agua, México creó la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en 1989, junto con otras instituciones destinadas a centralizar y regular la gestión del agua como organismos de cuenca, consejos de cuenca, secretaria del medio ambiente, sistemas de agua estatales, delegaciones municipales y ayuntamientos, entre otros, aunque aún persisten importantes desafíos en el sector. (Martínez, 2016).

En este sentido, Ostrom (1999) identificó los principios clave para una gestión eficaz de los recursos comunes, que incluyen tener reglas claras, la participación de los usuarios en la toma de decisiones y los mecanismos de monitoreo y sanción.

Un análisis comparativo de la gestión de los recursos hídricos en México, Chile y Brasil destaca los avances y desafíos para alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6.5.1, que se centra en la gestión integrada de los recursos hídricos y el papel de la gobernanza en este proceso (Madrado & Molinos, 2023). La revisión de la literatura sobre la gobernanza del agua en México identifica los principales desafíos, como la necesidad de regulaciones claras, la participación de las partes interesadas y sistemas de monitoreo efectivos, que son esenciales para mejorar la eficiencia de la gestión del agua en el país.

Comprender estos desafíos y los principios de una gobernanza eficaz puede ayudar a desarrollar estrategias para abordar la escasez de agua y mejorar la gestión general de los recursos hídricos en México.

3.6 Enfoque metodológico

Se realizó una revisión sistemática de 68 artículos científicos, extraídos de las bases de datos: Dialnet, Redalyc y Google académico. La selección del estudio se basó en la sistematización y exclusión como técnica exploratoria de recolección de información, la forma de análisis fue realizada en forma de línea de tiempo identificando cuáles son los argumentos más antiguos que dan pie a lo que ahora conocemos como la gobernanza del agua, posterior a ello se realizó una tabla categorizando los hallazgos de las investigaciones.

Por último, se estableció un cuadro en el que pueden visualizar las aplicaciones del concepto de gobernanza en la actualidad, con ello se podrá concluir si el concepto nos da pauta para una mejor aplicación de la gobernanza en el recurso hídrico. Por medio de una técnica comparativa con apoyo de tablas se organizaron las contribuciones, limitaciones y conclusiones del tema, tratando de identificar el punto de convergencia de la eficiencia que se presentan en torno a la gobernanza de agua en México.

3.6 Resultados y discusión

Evolución del concepto de gobernanza desde el primer enfoque de “organización del gobierno metropolitano” desarrollado por Ostrom

El término de la gobernanza ha ido evolucionando a lo largo de las décadas, reflejando cambios en las estructuras y atribuciones institucionales, en las políticas gubernamentales y en la participación social.

Ostrom *et al.* (1961), mostró una exploración de la gestión de los recursos en territorios en específico, entre sus hallazgos se encuentra que las personas encuentran una forma de organización, debido a la carencia de reglas que los hagan organizarse de manera eficiente. También, se han identificado supuestos como el establecimiento de reglas claras, participación de los usuarios en la toma de decisiones y mecanismos de monitoreo y sanción (Ostrom, 1999).

En la figura 1 se muestran los conceptos clave, para entender la investigación de Ostrom.

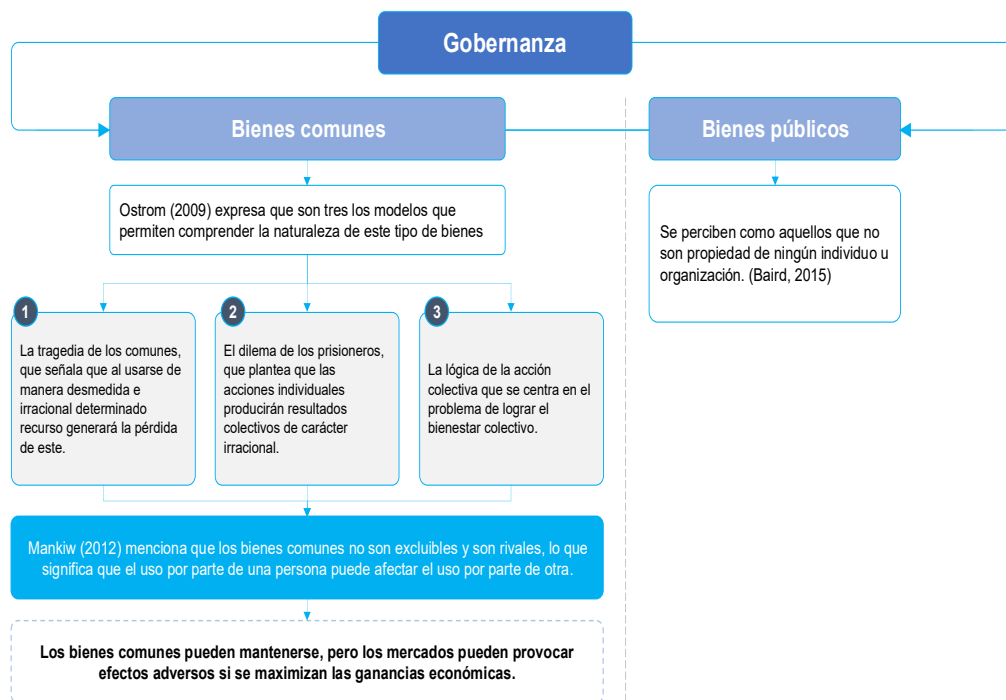


Figura 1 Marco normativo de la gobernanza del agua en México.

Fuente: Elaboración propia con datos de Ostrom (2009), Mankiw (2012) & Baird (2015).

Se planteo que existen niveles distintos de toma de decisiones, en los cuales es necesaria la comunicación, conocimiento de funciones y atribuciones, para que se pueda generar una organización adecuada (Ostrom, 2011). Las anteriores investigaciones dieron un panorama de las brechas que se tenían que subsanar para lograr que los recursos comunes fueran regidos con una normatividad y organización que permitieran la eficiencia y la eficacia para los usuarios comunes.

En la figura 2 se muestra la evolución del concepto de gobernanza, desde sus principios hasta contemplar una versión en la que se incluyen las instituciones, actores y participación ciudadana.

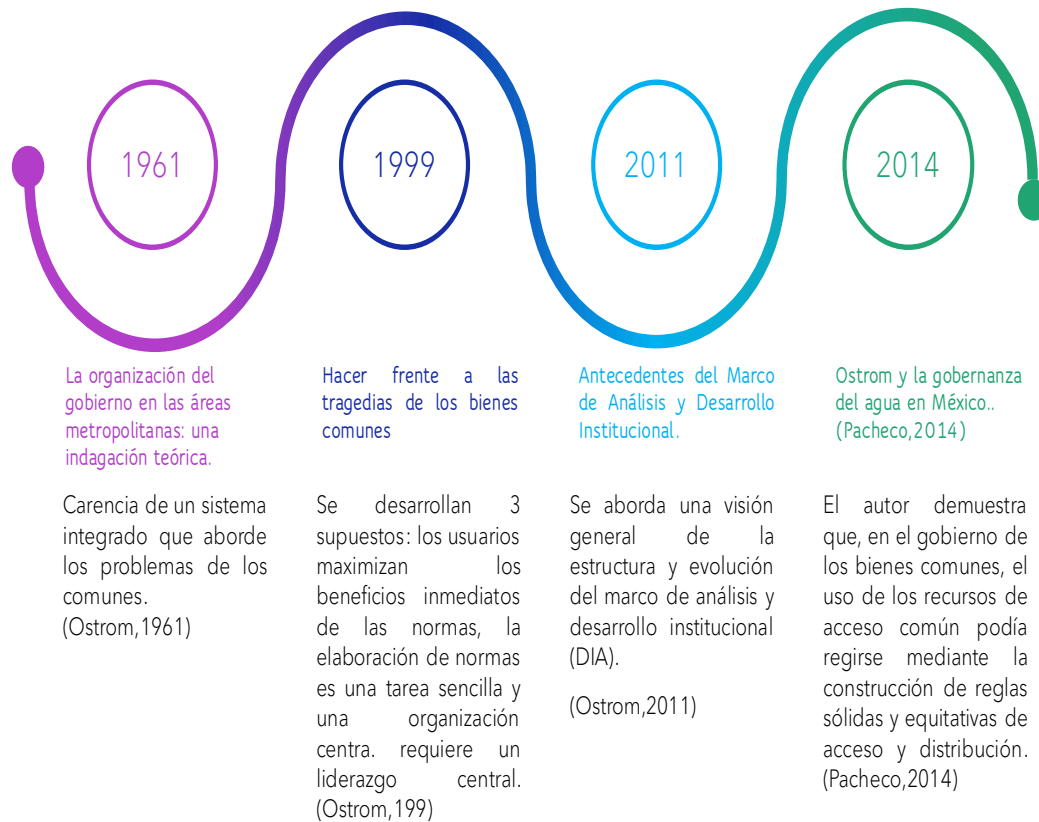


Figura 2 La evolución del concepto de gobernanza.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ostrom, 1961, 1999, 2011 & Pacheco 2014).

En la figura 3, se muestra el sustento normativo de la gobernanza de agua en México, partiendo de la carta magna y tomando en cuenta las leyes que permiten el manejo del agua, debido a que las normas en México son el filtro de actuación, por lo que es importante conocer que reglamentaciones permiten que se gestione y se gobierne el agua adecuadamente, de acuerdo con Romero (2016). La Constitución de 1917 llevó a la legislación sobre el agua en México y en 1992 la misma legislación, estableció los Consejos de Cuencas (consejos de cuenca).

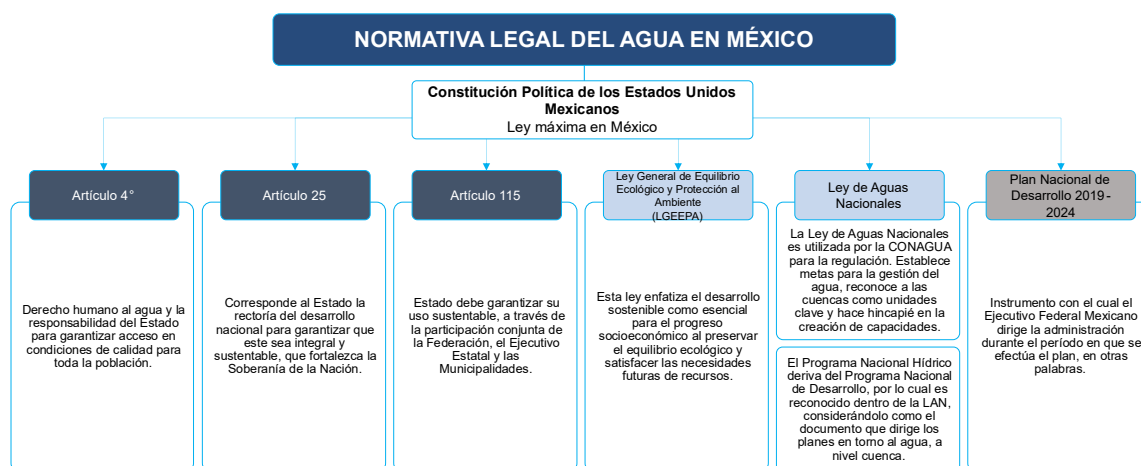


Figura 3 Normativa legal del agua en México.

Fuente: Elaboración propia con datos de Romero (2016).

Cuando hablamos de gobernanza es indispensable conocer la normatividad que permite conocer las funciones de las instituciones y usuarios del recurso, así como las responsabilidades de las autoridades.

Gobernanza del agua conceptos y hallazgos

De acuerdo con Pacheco (2014) México se podría catalogar como un país con problemáticas en la gobernanza del agua debido a que existe poca integración de actores y niveles de gobierno, el autor concluyó que el trabajo de Ostrom influyó en los estudios de la gobernanza de los recursos hídricos en México, así mismo exterioriza que los académicos aplicaron las teorías de Ostrom para estudiar las reglas de acceso y distribución.

La gobernanza del agua en México enfrenta desafíos multifacéticos, incluida la sobreexplotación de las aguas subterráneas, el tratamiento inadecuado de las aguas residuales y la participación pública insuficiente. La sobreexplotación de los acuíferos (157 de los 653 existentes en 2020 estaban sobreexplotados), de acuerdo con Velasco-Munoz *et al.* (2023) se encuentra en el fracaso de la

gobernanza del agua debido a la falta de voluntad política, la corrupción y la falta de proyectos integrales a largo plazo.

Esto establece que existen brechas que subsanar en la población, ya que por múltiples situaciones consideran que las políticas actuales no tienen la transparencia y rendición de cuentas que se debería.

De acuerdo con Casiano (2022) otra de las problemáticas en México son los manejos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, debido a que también sufren deficiencias de gobernanza, ya que los gobiernos subnacionales desempeñan un papel crucial en la implementación de las políticas, pero se enfrentan a importantes desafíos para lograr resultados efectivos, esto se debe a la falta de comunicación y organización.

El modelo de gobernanza en la región de la costa de Hermosillo se ve particularmente amenazado por el acceso a los recursos hídricos mediante concesiones y la falta de supervisión y control por parte de unas pocas partes interesadas (Universidad de Córdoba, 2022).

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) se ha propuesto como solución, pero su implementación en México, Chile y Brasil muestra una baja participación social, un financiamiento deficiente y la falta de mecanismos efectivos para la participación social (Tinoco *et al.*, 2022).

Durante los últimos 25 años, la gestión local del agua en regiones como Jalisco ha evolucionado para incluir la participación social, pero cuestiones como las descargas de aguas residuales no tratadas siguen prevaleciendo (Castañeda, 2020).

La participación social es indispensable ya que somos un país democrático, y por medio de esta logramos llegar a consensos, encontrar soluciones y lograr el bien común.

Es indispensable decir que el acceso al agua no solo es una normativa que existe en México si no que existen múltiples acuerdos a nivel internacional que estipulan normativas y mecanismos para el acceso al agua, tal está el caso de los ODS de la Agenda 2030, estos acuerdos globales buscan abordar procedimientos y soluciones para dar seguimiento y solucionar a desafíos globales, en México no

han impulsado de manera significativa las reformas de la gobernanza del agua en México, que están más influenciadas por los acontecimientos nacionales y la voluntad política (Breuer & Spring, 2020).

Lamentablemente la participación pública en la gestión del agua se ve obstaculizada por varios factores, como la falta de recursos, la asimetría de la información y la insuficiente influencia gubernamental (Villada *et al.*, 2019). Los sesgos de género también afectan a la gestión del agua, ya que las mujeres se enfrentan a obstáculos para lograr representación e influir en las políticas (Silva, 2019).

Por último, la complejidad de la gestión pública del suministro de agua en áreas metropolitanas en expansión como Aguascalientes subraya la necesidad de mejorar la gobernanza intermunicipal para satisfacer las crecientes demandas de la población (Pacheco-Vega, 2020).

3.7 Conclusiones

A lo largo de los años las investigaciones se han enfocado en encontrar cuales son las limitaciones que existen entorno a la buena gobernanza del agua, a lo largo de esta investigación se encontraron hallazgos importantes que en conjunto nos dieron pautas para el desarrollo de una propuesta de gobernanza eficiente en la cual se tengan que abordar temas de participación social, organización, transparencia, rendición de cuentas, infraestructura de buena calidad, coordinación entre instituciones, comunicación eficiente, democracia, solución de conflictos, instrumentos legales de actuación y sanción, entre otros.

Como resultado consideramos que la discusión del manuscrito nos hace pensar en una gobernanza democrática, partiendo de la participación social con un enfoque de compromiso crítico, en la cual cada uno de los actores entienda que está haciendo y para qué lo va a hacer, añadiendo responsabilidad, toma de decisiones asertivas y un enfoque de rendición de cuentas y transparencia, probablemente esto con ayuda de la tectología y las nuevas herramientas de información, en las que los usuarios conozcan en tiempo real que está pasando con la infraestructura, con el dinero recaudado, etc; al presentar propuestas en

las que la gobernanza sea adecuada las instituciones, los usuarios, y los hacedores de políticas públicas podrán lograr la comunicación, organización y transparencia necesaria para eliminar cada una de las limitaciones actuales, logrando eliminar brechas y dando soluciones a problemáticas actuales.

3.8 Referencias

- Aguirre, K. A., & Paredes, D. (2023). Water Safety and Water Governance: A Scientometric Review. *Sustainability*, 15(9), 7164. <https://doi.org/10.3390/su15097164>
- Alvarado, J., Siqueiros-García, J. M., Ramos-Fernández, G., García-Meneses, P. M., & Mazari-Hiriart, M. (2022). Barriers and bridges on water management in rural Mexico: from water-quality monitoring to water management at the community level. *Environmental monitoring and assessment*, 194(12), 912.
- Álvarez, R., & Pombo, Ó. A. (2013). La gobernación de lo público. El escenario del manejo público-privado del agua en México. *Revista legislativa de estudios sociales y de opinión pública*, 6(12), 101-129. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4741451>
- Ball, J., Hauck, J., Holland, R. A., Lovegrove, A., Snaddon, J., Taylor, G., & Peh, K. S. H. (2022). Improving governance outcomes for water quality: Insights from participatory social network analysis for chalk stream catchments in England. *People and Nature*, 4(5), 1352-1368. <https://doi.org/10.1002/pan3.10390>
- Breuer, A., & Oswald, U. (2020). The 2030 Agenda as agenda setting event for water governance? Evidence from the Cuautla River Basin in Morelos and Mexico. *Water*, 12(2), 314. . <https://doi.org/10.3390/w12020314>
- Casiano, C. (2023). Toward a contextualized research agenda: Governance challenges of the wastewater treatment policy in Mexico and the role of

subnational governments. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 10(1), e1617. <https://doi.org/10.1002/wat2.1617>

Castañeda, A. A. (2020). Management of water resources in a micro-basin of the western region of Mexico. *Full Length Research Paper*, 1(7), 1017 <https://doi.org/10.46266/njes.1017>

Hatch, G., Schmidt, S., & Carrillo, J. J. (2017). Elementos de análisis de la propuesta de Ley General de Aguas en México a partir del derecho humano al agua y sus repercusiones en el quehacer científico, docente y en la investigación. *Revista de El Colegio de San Luis*, 7(13), 30-61. <https://biblat.unam.mx/hevila/RevistadeelColegiodeSanLuis/2017/vol7/no13/2.pdf>

Shemer, H., Wald, S., Semiat, R. (2023). Desafíos y soluciones para la escasez mundial de agua. *Membranas*. <https://www.mdpi.com/2077-0375/10/5/107>

Homobono, T., Guimarães, M. H., Esgalhado, C., & Madureira, L. (2022). Water governance in mediterranean farming systems through the social-ecological systems framework—an empirical case in Southern Portugal. *Land*, 11(2), 178. <https://doi.org/10.3390/land11020178>

Kauffer, E. (2018). Un análisis de la gobernanza multinivel en las aguas transfronterizas de México con Guatemala y Belice. *Frontera norte*, 30(60), 31-56. <https://doi.org/10.17428/rfn.v30i60.1114>

Lee, S. G., Adelodun, B., Ahmad, M. J., & Choi, K. S. (2022). Multi-Level prioritization analysis of water governance components to improve agricultural water-Saving policy: A case study from Korea. *Sustainability*, 14(6), 3248. <https://doi.org/10.3390/su14063248>

[Madrazo](#), Molinos M. (2023) Quantifying Progress Made in Achieving Sustainable Development Goal 6 in Chile: A Holistic and Local Approach. *Sustainability*, 15(4125). <https://doi.org/10.3390/su15054125>

- Martínez, M. (2016). Gestión del agua en la Ciudad de México: Territorios, instituciones y actores, 2000-2010. *Agua y territorio*, 7(2962), 1-11. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/11/Gesti%C3%B3n-del-agua-en-la-Ciudad-de-M%C3%A9xico_Territorios-instituciones-y-actores.pdf
- Ostrom, E. (1999). Coping with tragedies of the commons. *Annual review of political science*, 2(1), 493-535. <https://doi.org/10.1146/annurev.polisci.2.1.4>
- Ostrom, E. (2011). Background on the institutional analysis and development framework. *Policy studies journal*, 39(1), 7-27. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2010.00394.x>
- Ostrom, V., Tiebout, C. M., & Warren, R. (1961). The organization of government in metropolitan areas: a theoretical inquiry. *American political science review*, 55(4), 831-842. <https://doi.org/10.2307/1952530>
- Oswald, U., & Breuer, A. (2021). Agenda 2030 y nexos entre seguridad de agua, energética y alimentaria: el caso de Huexca, Morelos. *Veredas*, (40), 60-93. <https://veredasojs.xoc.uam.mx/index.php/veredas/article/view/612>
- Pacheco-Vega, R. (2020). Intermunicipalidad como un arreglo institucional emergente: el caso del suministro de agua en la zona metropolitana de Aguascalientes, México. *Revista De Gestión Pública*, 3(2), 207–234. <https://doi.org/10.22370/rgp.2014.3.2.2241>
- Pacheco, R. (2014). Conflictos intratables por el agua en México: el caso de la disputa por la presa El Zapotillo entre Guanajuato y Jalisco. *Argumentos*, 27(74), 219-257.
- Romero-Navarrete, L. (2016). Participación y legislación sobre agua en México. Una aproximación histórica. *Agua y territorio= Water and Landscape*, (7), 22-34. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5725323>

- Santes-Álvarez, R. (2017). The Governance of Water Use in Northwest Mexico: a Qualitative and Quantitative Based Study. *European Scientific Journal*, 13(29), 68-90.
- Silva, J. A. (2016). Rural water supply in Mexico. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13(78), 123-141. <https://doi.org/10.11144/Javenana.cdr1378.rwsm>
- Silva, J. A. (2019). Gender and water governance in Mexico. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 30(4), 695-713. <https://doi.org/10.1108/MEQ-09-2018-0166>
- Tinoco, C., Julio, N., Meirelles, B., Pineda, R., Figueroa, R., Urrutia, R., & Parra, Ó. (2022). Water resources management in Mexico, Chile and Brazil: comparative analysis of their progress on SDG 6.5. 1 and the role of governance. *Sustainability*, 14(10), 5814. <https://doi.org/10.3390/su14105814>
- Universidad de Córdoba (19 de abril de 2022). A study of two wastewater treatment plants in Córdoba equipped with different technology evaluates their odorous impact. <https://www.uco.es/ucci/es/noticias-ingles/item/3784-a-study-of-two-wastewater-treatment-plants-in-cordoba-equipped-with-different-technology-evaluates-their-odorous-impact>
- Valencia, E. (2021). *Finding a Safe and Just Space for Water Use in Mexico City: An Evaluation of Mexico City's Water Public Policies with Doughnut Economic Sustainability Transitions Criteria* [University – University of Manchester – University of the Aegean – Central European University]. Repositorio Institucional.
- Vandewalle, E., & Jepson, W. (2015). Mediating water governance: point-of-use water filtration devices for low-income communities along the US–Mexico border. *Geo: Geography and Environment*, 2(2), 107-121. <https://doi.org/10.1002/geo2.9>

- Velasco-Munoz, J. F., Ochoa-Noriega, C. A., Roman-Sanchez, I. M., & Lopez-Felices, B. (2023). Evolution of water governance systems in agriculture in developing countries and proposals for improvement. The case of the Hermosillo Coast, Mexico. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 95(1), e20220823. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220823>
- Villada-Canela, M., Martínez-Segura, N., Daesslé, L. W., & Mendoza-Espinosa, L. (2019). Fundamentos, obstáculos y retos de la participación pública en la gestión del agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(3), 12-46. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-03-02>
- Wangechi, S. W., M'Ikiugu, M. H., & Kironchi, G. K. (2022). Community Water Governance In Lower Thiba Sub-Catchment, Kenya. *Journal of Sustainability, Environment and Peace*, 5(1), 109-118. <https://doi.org/10.53537/jsep.2023.06.001>
- Yu, R., van Rijswick, M., & Dai, L. (2022). Improving connectivity in water governance: the implementation of water cooperation mechanisms in disparate political and social contexts. *International Journal of Water Resources Development*, 38(4), 545-553. <https://doi.org/10.1080/07900627.2022.2071848>

CAPÍTULO 4. "TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA GOBERNANZA DEL AGUA: INNOVACIÓN Y DESAFÍOS EN LOS SECTORES AGRÍCOLA Y GANADERO EN MÉXICO"²

Enviado a la revista de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Jessica Bonilla Bustamante¹

Dr. Ramón Valdivia Alcalá^{1*}

Dr. Juan Hernández Ortiz¹

Dra. Juanita Jhaphet Valdivia Cabral ¹

¹Posgrado de la División de Ciencias Económico – Administrativas – Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México -Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. Tel. 01(595) 9521500.

*Autor para correspondencia: ramvaldi@gmail.com.

² Enviado a la revista de la Universidad Autónoma de Yucatán, en proceso de revisión.

4.1 Resumen

La presente revisión sistemática pretende analizar cómo la gobernanza digital o tecnificada puede servir como estrategia para subsanar las brechas estructurales y de articulación presentes en el marco de la gobernanza multinivel en México, para ello, se aplicó una metodología cualitativa con enfoque meta-narrativo, guiada por el protocolo RAMESES, que permitió identificar, clasificar y analizar un total de 33 estudios publicados entre 2011 y 2025 en bases de datos reconocidas como Scopus, Web of Science y Google Scholar, los resultados evidencian que, a pesar de los avances institucionales en digitalización, México aún enfrenta importantes desafíos relacionados con la interoperabilidad entre niveles de gobierno, la inclusión ciudadana en procesos digitales y la fragmentación normativa que limita una articulación efectiva, asimismo, se identificaron riesgos asociados al modelo tecnificado, tales como la concentración de poder digital, la extracción de datos, la vigilancia algorítmica y la manipulación emocional en entornos hiperconectados.

Se concluye que la gobernanza digital no debe entenderse como una simple modernización administrativa, sino como una transformación estructural que exige liderazgo institucional, marcos ético-normativos sólidos, fortalecimiento de capacidades locales y participación ciudadana activa para cerrar las brechas existentes y avanzar hacia una sociedad más equitativa e innovadora, entre las principales limitaciones del estudio se encuentra la escasa evidencia empírica disponible en el nivel municipal, así como la falta de métricas claras para evaluar el impacto real de las tecnologías en políticas públicas multinivel, la originalidad de este trabajo radica en su enfoque crítico y en la incorporación de propuestas emergentes, como el pacto digital global y la donación ética de datos, que permiten repensar la relación entre ciudadanía, tecnología y Estado.

4.2 Palabras clave:

Gobernanza digital, Gobernanza multinivel, Interoperabilidad, Participación ciudadana, Políticas públicas

4.3 Introducción

Dado que los gobiernos operan en entornos políticos con intereses contrapuestos y prioridades políticas cambiantes, es esencial contar con un marco de gobernanza sólido para garantizar la continuidad de la aplicación eficaz de las estrategias y la obtención de resultados sostenidos a largo plazo, en este caso es de suma importancia entender que el agua es un recurso limitado por lo que es indispensable contar con una gobernanza adecuada para la organización y calidad de la distribución y consumo, dado que las decisiones digitales se entrelazarán inevitablemente con las decisiones estratégicas y políticas de toda la organización, cada vez es más necesario contar con un espacio u organismo para la coordinación política de alto nivel y la orientación estratégica en materia digital.

Mantener un marco de gobernanza eficaz será crucial para evitar los contratiempos causados por la inacción, considerar la posibilidad de crear una “agencia” o dependencia que concentre todos los datos, organización, responsabilidades y facultades de cada organismo o institución que se encarga del recurso en México y para ello se piensa en un manejo de datos adecuado lo que hace necesario acompañar este procedimiento con la tecnología digital, para la transformación digital adscrita a una institución con la influencia política necesaria (por ejemplo, CONAGUA-Estados-municipios) al tiempo que se garantiza que cuente con la independencia, el mandato, el poder y los recursos adecuados para lograr un éxito sostenible y una continuidad a largo plazo.

Un gobierno sin fisuras reestructuraría significativamente el funcionamiento de la administración pública, incluso entre los distintos niveles de gobierno, para servir mejor a los ciudadanos y ser más ágil, la presente propuesta de gobernanza digital del agua se basa en la visión de una administración pública en la que el usuario solo tiene que proporcionar información una vez al sector público, al mismo tiempo las instituciones, organizaciones y ayuntamientos por medio de una plataforma enriquecerán estos datos con información fidedigna que permita tener los enfoques abiertos, colaborativos e inclusivos requieren un cambio

cultural en la administración, así como el liderazgo adecuado y el apoyo político para superar los legados institucionales.

El aprovechamiento efectivo de las tecnologías digitales es una oportunidad para economías en desarrollo como la de México, debido a que a través de su utilización y adaptación se puede estimular el desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas que hará frente a la condición de desigualdad social y de atraso económico, presente desde hace décadas, sin embargo, esta oportunidad a la vez representa un obstáculo su adopción efectiva de estas no se asume como una prioridad inevitable, debido a la acelerada evolución que atraviesan las tecnologías digitales, por consiguiente, los problemas estructurales agravados de las economías en desarrollo se agudizan, lo que causaría una dilatación de la brecha productiva, tecnológica y digital frente a las economías más avanzadas (Katembwe 2023).

El rol del Estado es fundamental para articular las acciones de los agentes económicos involucrados en la consolidación del ecosistema de la gobernanza digital mexicana el potencial de impacto en la economía de las tic, debido a que el gobierno y la sociedad no es lineal ni automático, se requiere otra serie de factores como inversión en infraestructura, mayor cobertura en las posibilidades de conectividad, financiamiento asequible, inclusión social, La marcha del paradigma digital y evoluciona hacia la búsqueda de nuevas soluciones para los problemas intrínsecos al desarrollo científico, tecnológico, industrial y socioeconómico en las sociedades modernas (Arellano 2020).

4.4 Marco teórico

Gobierno digital

Para Barros, Campero, y Cabello (2016) la gobernanza digital puede ser la mejor gestión de las operaciones del Estado, al hacer un uso intensivo de las TIC, produciendo una mejora en la productividad de los procesos, por otro lado Cruz (2018) expone que el Gobierno Digital implica una alta dependencia de TIC, esto no debe malinterpretarse como e-Gov, dado que, según el reporte de la Secretaría de Asuntos Jurídicos de la Organización de Estados Americanos

(OEA), el Gobierno Digital busca “agilizar los trámites que realizan los ciudadanos, coadyuvar a transparentar la función pública, elevar la calidad de los servicios gubernamentales y, en su caso, detectar con oportunidad prácticas de corrupción al interior de las instituciones públicas (Cruz 2018: 4)

Por tal motivo, se parte de la definición que hacen (Merino 2024) sobre gobernanza digital, definen que esta implica conjunto de estructuras y normativas presentes en un gobierno para conducir su política hacia una transformación digital a fin de mejorar su gestión y entrega de servicios a los ciudadanos y empresas, es decir, es la operativización de marcos referenciales con transparencia, relación en la agilización, calidad y con probidad del sector público, siguiendo el modelo presentado por Filgueiras (2021), el Gobierno Digital debe definirse como un conjunto de estándares y avances de las nuevas tecnología del Gobierno Electrónico y el valor colaborativo y participativo de su aplicación, el factor común que los liga fuertemente es la información, los datos conforman los sistemas que permiten la reutilización y su análisis.

Es difícil imaginar una función gubernamental o un proceso de gobernanza que no implique un uso extensivo de la información y la tecnología (Valenzuela, Collantes, y Durand 2020: 95).

La implementación de un Gobierno digital implica necesariamente rediseñar tanto la gestión pública como la cultura organizacional dentro del Gobierno, además, el Gobierno Digital busca “agilizar los trámites que realizan los ciudadanos, coadyuvar a transparentar la función pública, elevar la calidad de los servicios gubernamentales y, en su caso, detectar con oportunidad prácticas de corrupción al interior de las instituciones públicas” (Cruz 2018, p. 6), este enfoque tiene como objetivo no solo agilizar los trámites de la ciudadanía, sino también promover la transparencia en el sector público, incentivar una mejor organización institucional y servir como herramienta en la lucha contra la corrupción, asimismo, la atención se centra en la mejora de la prestación de servicios y la interacción entre los distintos niveles de la sociedad, el gobierno y la economía, todo ello sobre una estructura de canales optimizados para estos fines.

La integración de aplicaciones digitales desempeña un papel esencial en la promoción de la equidad y los principios democráticos en la sociedad, ya que contribuyen a optimizar los procesos organizacionales al alinear de manera continua sus operaciones en el entorno digital, aspecto fundamental para la gestión moderna (De la Mora Aguilera y Collado 2025), además, la implementación de servicios de big data y el manejo de archivos inteligentes facilita la creación de sistemas más eficientes para el almacenamiento, acceso, utilización y preservación de los recursos informativos gubernamentales, impulsando así una mayor eficacia en los servicios públicos (Santana y Jimbo-Santana 2021).

Otro aspecto relevante es que el rediseño de los modelos de gobernanza promueve la consolidación de la ciudadanía digital, permitiendo a la población interactuar de manera más activa y transparente con las instituciones, en el ámbito educativo, el uso de políticas basadas en datos digitales fortalece el monitoreo en tiempo real de las acciones estudiantiles y posibilita la intervención pedagógica oportuna (De la Mora Aguilera y Collado 2025), finalmente, se reconoce el potencial democratizador de la tecnología, la cual puede fortalecer mecanismos de gobernanza pública y abrir paso a formas de democracia directa habilitadas por soluciones digitales (Redondo 2024).

Gobernanza multinivel

El gobierno de nivel múltiple ha ganado una creciente literatura política notoria en los últimos años como un concepto utilizado para una descripción y análisis de la interdependencia vertical y horizontal en el proceso político de la Unión Europea (Morata 2011), un modelo alternativo es el control de varios niveles, que requieren la existencia de muchos miembros interdependientes con diferentes intereses y recursos, también podríamos llamarlo, en tal sentido, requiere la capacidad de coordinar y controlar las interacciones dobles: verticalmente entre el nivel gubernamental, desde las instalaciones hasta los europeos; y horizontal: no solo más administraciones o varias instituciones participan en la definición y el desarrollo de soluciones, pero tampoco actores públicos, privados y sociales,

la gerencia debe facilitar la agrupación de estos recursos y la gestión conjunta política, legal, económica, cognición, informativa (Morata 2004).

Un sistema de gobernanza multinivel, es un sistema político en el que coexisten elementos intergubernamentales y supraestatales, además de múltiples jurisdicciones territoriales, el modelo teórico de la gobernanza multinivel toma decisiones que están mutuamente interconectadas, existen y son significativas las relaciones bidireccionales directas entre actores regionales y locales, la gobernanza multinivel es más eficiente y normativamente superior al monopolio del Estado central. Marks, Hooghe y Black (1996, citado en Castro-Conde 2010) construyen dos tipos ideales que denominan tipo I y tipo II de gobernanza multinivel. el tipo I, que corresponde a estructuras estables y jerárquicas; y el tipo II, más flexibles y funcionales, adaptadas a políticas específicas. El tipo ideal I se corresponde con un modelo federal mientras que el tipo II considera jurisdicciones instrumentales superposición e interconexiones mutuas.

Para Liesbet y Gary (2003) la gobernanza multinivel se refiere a la dispersión de la autoridad hacia arriba, hacia abajo y lateralmente del Estado central. La gobernanza multinivel es el resultado de la reconfiguración del Estado que ha delegado funciones hacia entidades subnacionales y ha compartido competencias con instituciones supranacionales (Piattoni 2010). Este modelo no solo redistribuye poderes, sino que también transforma las interacciones entre las diferentes instancias gubernamentales y redefine la manera en que se ejerce el control político. La gobernanza multinivel sugiere una administración pública más colaborativa, enfocada en la responsabilidad compartida entre los diversos niveles de gobierno (Loughlin 2000).

Ha sido criticada por la falta de precisión en la elección del nombre del modelo pues los análisis rara vez trascienden el estudio del gobierno en sentido clásico. Resulta incoherente hablar de gobernanza y, al mismo tiempo, proponer la imagen de distintos niveles territoriales de poder superpuestos.

Gobierno electrónico

Se denomina gobierno electrónico al uso de las TICs para facilitar e intensificar la relación del gobierno con los ciudadanos, mejorar la gestión y los servicios, garantizar la transparencia y la participación cívica y facilitar el acceso a la información pública (Muñoz 2020). Las TIC ofrecen nuevas posibilidades a los gobiernos de distintos niveles para innovar en la prestación de servicios, intensificar las relaciones con los ciudadanos e integrar a actores externos en la coproducción de servicios públicos. Los objetivos principales no se limitan a las metas tradicionales del gobierno electrónico, sino que también incluyen mejorar la eficiencia y la transparencia del sector público.

La transformación digital es el proceso de integrar tecnologías y soluciones digitales en las actividades de una organización, ya sea pública o privada. Por tanto Katembwe (2023) afirma que se requiere un cambio cultural, organizativo y tecnológico en la forma en que las organizaciones del sector público operan y se relacionan con sus usuarios. Moser-Plautz y Schmidhuber (2023) Sostiene que la adopción generalizada y profunda de las tecnologías digitales en las democracias avanzadas está transformando fundamentalmente la administración pública en su esencia.

Se realizó una revisión sistemática de 68 artículos científicos, extraídos de las bases de datos: Dialnet, Redalyc y Google académico. La selección del estudio se basó en la sistematización y exclusión como técnica exploratoria de recolección de información, la forma de análisis fue realizada en forma de línea de tiempo identificando cuáles son los argumentos más antiguos que dan pie a lo que ahora conocemos como la gobernanza del agua, posterior a ello se realizó una tabla categorizando los hallazgos de las investigaciones.

Por último, se estableció un cuadro en el que pueden visualizar las aplicaciones del concepto de gobernanza en la actualidad, con ello se podrá concluir si el concepto nos da pauta para una mejor aplicación de la gobernanza en el recurso hídrico. Por medio de una técnica comparativa con apoyo de tablas se organizaron las contribuciones, limitaciones y conclusiones del tema, tratando de

identificar el punto de convergencia de la eficiencia que se presentan en torno a la gobernanza de agua en México.

4.5 Antecedentes

El trabajo de Santana y Jimbo-Santana (2021) concluye que la transformación digital en los gobiernos municipales de Ecuador ha impulsado mejoras en la gestión interna, la transparencia y la relación con la ciudadanía, aunque persisten retos en infraestructura y capacitación técnica. En Costa Rica, Cruz (2018) identifica avances en la institucionalización de políticas de gobernanza digital, aunque la fragmentación normativa y la débil articulación intergubernamental limitan su desarrollo sostenible, también plantea la necesidad de un pacto digital global basado en principios multiactor, como la inclusión, la conectividad y el uso ético de tecnologías emergentes, en respuesta a la fragmentación de la gobernanza de Internet.

Por su parte, Redondo (2024) observa que la transformación digital en la administración pública peruana fue acelerada por la pandemia, pero enfrenta carencias de infraestructura, conectividad y competencias digitales ciudadanas; además, la cultura organizacional y los recursos humanos digitales resultan insuficientes para consolidar una ciudadanía digital robusta. El análisis de Huamán y Medina (2022) aborda la ambigüedad funcional en la adopción de sistemas de inteligencia artificial (IA) en el sector público, señalando riesgos asociados a la opacidad y ausencia de accountability, así como la falta de marcos éticos y normativos claros. Filgueiras (2021) expone que, durante la pandemia por COVID-19, la gobernanza educativa se reconfiguró de manera híbrida, con un protagonismo creciente de empresas tecnológicas que condicionaron los procesos educativos y generaron dependencia tecnológica, pérdida de soberanía digital y nuevos desafíos para el Estado.

Gutiérrez (2021) sostiene que la IA y el big data han transformado la comunicación política y la gestión pública, favoreciendo la personalización de mensajes y la segmentación de audiencias, aunque también aumentando el riesgo de desinformación y polarización en ausencia de regulaciones adecuadas.

Gómez (2024) ofrece un enfoque fenomenológico-hermenéutico, concluyendo que el régimen de la información, sustentado en la cultura digital y la hiperconectividad, impone nuevas formas de vigilancia y manipulación emocional, desplazando la razón comunicativa por la razón digital e instaurando un orden político basado en el control y la vigilancia.

Villalobos-Antúnez et al. (2023) examina la gobernanza digital en Guatemala, mostrando que la digitalización requiere transformaciones estructurales para incrementar la eficiencia, la participación y la rendición de cuentas. Palma (2024) evidencia que la gobernanza digital en Panamá, tras la pandemia, todavía enfrenta brechas estructurales, especialmente en infraestructura y formación en competencias digitales, lo que limita el impacto de los sistemas de información en materia de recuperación social y económica. En Perú, Graell (2022) sugiere que la participación ciudadana a través de medios digitales se ve restringida por limitaciones en infraestructura, acceso a internet y alfabetización digital, por lo que propone un modelo basado en gobierno abierto y tecnologías de la información para fortalecer la transparencia y la toma de decisiones colaborativa. E. Herrera (2021) destacan la donación de datos como alternativa ética en la recolección de macrodatos, subrayando su potencial para conciliar la privacidad ciudadana y la eficacia estatal.

Rodríguez (2020) analiza la emergencia del filantropocapitalismo digital en la educación, impulsado por grandes corporaciones tecnológicas y organismos internacionales, estableciendo nuevas formas de gobernanza educativa global basadas en big data y análisis predictivo. Saura (2020) enfatiza que el compliance digital debe vincular aspectos jurídicos, éticos y tecnológicos, siendo indispensable una regulación clara y una cultura digital responsable para asegurar la protección de datos personales y la validez legal de la información electrónica. de Moura (2024) reporta que en Argentina existen avances en conectividad y acceso a dispositivos tecnológicos en las escuelas, aunque persisten desafíos en la cobertura y el uso pedagógico efectivo. Cabello et al. (2021) advierte sobre la débil articulación entre los planes departamentales y la

agenda internacional, identificando la necesidad de fortalecer la convergencia entre políticas nacionales y locales para optimizar la gobernanza digital.

CELLI et al. (2019) reconoce un desarrollo desigual de la gobernanza digital en Iberoamérica, con avances en digitalización de servicios e infraestructura, pero con limitaciones en participación, transparencia y ciberseguridad. Alcudia y Venancio-Flores (2024) sistematizan los enfoques conceptuales de la gobernanza territorial, resaltando la importancia de la participación ciudadana y la gestión en red. Rosas-Ferrusca, Calderón-Maya, y Campos-Alanís (2012) sostienen que la biblioteca pública puede ser un espacio clave para fortalecer la ciudadanía participativa dentro del gobierno abierto, facilitando el acceso democrático a la información, la transparencia y la rendición de cuentas. Ramos (2017) identifica que, aunque existen resistencias culturales en México, la integración estratégica de TIC favorece la inclusión social y el desarrollo local, validando modelos como el Gobierno de Gestión Visible y otros que promueven transparencia y participación.

VERDUGO (2011) enfatiza la gobernanza metropolitana como clave para ciudades sostenibles y resilientes, destacando beneficios como la integración territorial y la equidad, mientras que Gómez-Álvarez et al. (2019) advierten sobre la fragmentación institucional y la falta de coordinación en modelos horizontales de gobernanza urbana. Subirats (2019) estudia la gobernanza multinivel del lito en Argentina, señalando tensiones entre actores provinciales y federales, así como la carencia de un modelo productivo nacional definido.

Juste y Rubiolo (2023) identifican que la implementación de proyectos de innovación en gobernanza multinivel depende de mecanismos de comando, persuasión e intercambio, aunque la articulación efectiva entre actores públicos y privados sigue siendo limitada. Marquina y Álvarez (2021) argumentan que la gobernanza multinivel permite una gestión más contextualizada y eficiente de los servicios de información, especialmente en espacios como las bibliotecas. H. Ramos (2021) señala un crecimiento sostenido en la digitalización de trámites en México, impulsado por la pandemia, aunque la presencialidad sigue predominando en más de la mitad de los procedimientos. Valdivia y Corpus

(2025) identifican tensiones entre modelos de gobernanza digital, la centralización excesiva y la falta de participación social como retos a superar en el contexto mexicano. Calderón (2024) destaca que la pandemia no generó un crecimiento extraordinario en el acceso a internet ni en la calidad de los programas de educación a distancia, debido a la falta de coordinación interinstitucional y el estancamiento en la inversión.

Lürén (2022) advierte la carencia de un directorio digital actualizado de sitios web municipales en México, así como la alta heterogeneidad en su funcionamiento, y propone estrategias para automatizar la recopilación y análisis de estos portales. Finalmente, Coria y García-García (2022) concluyen que la transformación digital tiene efectos positivos en la gobernabilidad de América Latina, siempre que se fortalezcan el liderazgo institucional, la cultura digital y las competencias de los actores públicos. Sangama (2024) por su parte, destaca factores estructurales, sociales y políticos que obstaculizan la ciudadanía digital en México, subrayando la persistencia de la desigualdad y la importancia del ciberactivismo. Alva (2020) identifica que el éxito de la digitalización gubernamental en América Latina depende de la integración de la ciberseguridad, la existencia de plataformas integradas y el impulso de la digitalización como política de Estado; sin embargo, persisten retos en la participación ciudadana y la cobertura normativa en ciberseguridad, lo que limita el alcance y la equidad de estos procesos a nivel regional.

4.6 Metodología

La presente revisión sistemática de literatura adopta un enfoque cualitativo, dada su naturaleza de proporcionar una respuesta comprensiva y su capacidad para explorar fenómenos complejos (Creswell y Clark, 2017; Neuman, 2014; Taylor y Bodgan, 1987). Este enfoque permitió comprender las percepciones, dinámicas y experiencias empíricas, desde los principales hallazgos, relevancia para el estudio y observaciones desarrolladas por la comunidad científica en torno al uso de la Gobernanza digital o tecnificada, es como estrategia para subsanar las brechas del marco de gobernanza multinivel en México.

El análisis de contenido se orientó a identificar el objetivo del estudio, metodología utilizada, principales hallazgos y relevancia para el estudio y limitaciones, sobre cómo las tecnologías digitales, gobernanza multinivel, gobernanza digital y tecnificada y los mecanismos de coordinación institucional inciden en la eficacia y articulación del gobierno en distintos niveles. Por su parte, se empleó un análisis meta-narrativo (Snyder, 2019; Wong et al., 2013), esto facilitó la sistematización de la información y comprensión desde una visión estructurada y coherente del estado actual de la gobernanza digital multinivel.

Cuadro 1. Protocolo RAMESES para revisiones de literatura

	Ítem	Descripción
Introducción	1	Título que refleja la revisión sobre Gobernanza digital o tecnificada como estrategia para subsanar las brechas del marco de gobernanza multinivel en México.
	2	Justificación del estudio basada en la necesidad de comprender cómo la digitalización puede cerrar brechas institucionales en sistemas multinivel.
	3	Objetivos claramente definidos: Analizar enfoques, hallazgos y propuestas sobre gobernanza digital en contextos multinivel, con énfasis en México.
	4	Relevancia del estudio para la política pública y para fortalecer la articulación entre niveles de gobierno mediante herramientas digitales.
Método	5	Uso del enfoque cualitativo y meta-narrativo para mapear tradiciones teóricas y evolución conceptual del tema.
	6	Inclusión de diversas perspectivas teóricas y contextuales, aplicando pluralismo metodológico.

	7	Consideración de evidencia contrastante (impugnación) para enriquecer el análisis y evitar sesgos.
	8	Reflexividad: se declara la postura investigativa centrada en el análisis crítico de las políticas tecnológicas y de gobernanza en México.
	9	Revisión por pares: evaluación y retroalimentación de los hallazgos por expertos en gobernanza digital y políticas públicas.
	10	Estrategia de búsqueda clara: artículos en bases como Scopus, Redalyc y SciELO entre 2013-2024; idioma español e inglés; temas de gobernanza digital y multinivel.
	11	Criterios de inclusión: estudios que aborden gobernanza digital en sistemas federales o multinivel, con enfoque institucional o técnico.
	12	Criterios de exclusión: artículos meramente técnicos sin enfoque en política pública; estudios fuera del periodo o no centrados en Latinoamérica o México.
Resultados	13	Presentación estructurada de resultados por categorías: interoperabilidad, articulación intergubernamental, diseño institucional, etc.
	14	Inclusión de citas textuales clave y esquemas comparativos entre enfoques (OCDE, academia, gobierno).
	15	Inclusión de mapas conceptuales o narrativas para mostrar la evolución de ideas o vacíos en la literatura.

Discusión	16	Análisis crítico de las implicaciones de los hallazgos en el contexto mexicano.
	17	Identificación de tensiones entre enfoques tecnocráticos vs. inclusivos de gobernanza digital.
	18	Reflexión sobre brechas persistentes en la coordinación multinivel a pesar de avances tecnológicos.
	19	Limitaciones del estudio: falta de estudios empíricos en municipios y escasez de medición del impacto de tecnologías en políticas multinivel.
Otros	20	Declaración de conflicto de intereses: no aplica. Se usaron fuentes académicas y documentos de política pública reconocidos.

Nota: basada en aportes del protocolo RAMESES de Wong et al. 2013

El protocolo RAMESES, según Wong et al (2013), ofrece pautas detalladas para realizar y reportar estudios cualitativos de la investigación social, asegurando transparencia, replicabilidad y validez. Sus directrices abarcan veinte ítems del protocolo RAMESES (figura 4), herramienta diseñada para evaluar la calidad de revisiones sistemáticas cualitativas, el diseño, la recolección y el análisis de datos, así como la presentación rigurosa de los hallazgos. Aplicarlo mejora la calidad y credibilidad de este tipo de investigaciones, lo que permitió construir el contexto bibliográfico y obtener la línea histórica de evolución de las plantas de personal no uniformado. Los procedimientos metodológicos fueron estructurados bajo los principios de pragmatismo y pluralismo (consideración de diversas perspectivas), historicidad e impugnación (incorporación de datos que pueden contrastar entre sí), reflexividad (reconocimiento de la postura del investigador) y revisión por pares (validación por expertos en la temática) (ítems 6 y 7).

La localización de documentos se realizó en función de los ítems 5, 8 y 9 del protocolo de revisión. La búsqueda de literatura se llevó a cabo en tres momentos, considerando bases de datos reconocidas por su relevancia en investigación académica, tal como se presenta en la figura 4. Se utilizaron Google Scholar, Scopus y Web of Science (WoS), seleccionadas por su amplia indexación de estudios en gobernanza, transformación digital y políticas públicas.

Cuadro 2. Criterios de inclusión

	1	2	3
Bases de datos	Google Scholar	Scopus	Web of Science
Idioma	Español, inglés y portugués	Español, inglés y portugués	Inglés
Ecuación de búsqueda	("Gobernanza digital" OR "Gobierno electrónico") AND ("Gobernanza multinivel" OR "Coordinación intergubernamental" OR "Interoperabilidad") AND México	TITLE-ABS-KEY("digital governance" OR "e-government") AND TITLE-ABS-KEY("multilevel governance" OR "intergovernmental coordination") AND TITLE-ABS-KEY("Mexico")	TS=("digital governance" OR "e-government") AND TS=("multilevel governance" OR "intergovernmental coordination") AND TS=("Mexico")
Resultados	Estudios sobre estrategias digitales aplicadas a distintos niveles de gobierno	Estudios centrados en el uso de tecnologías digitales para mejorar	Investigaciones que abordan el impacto de la gobernanza digital en

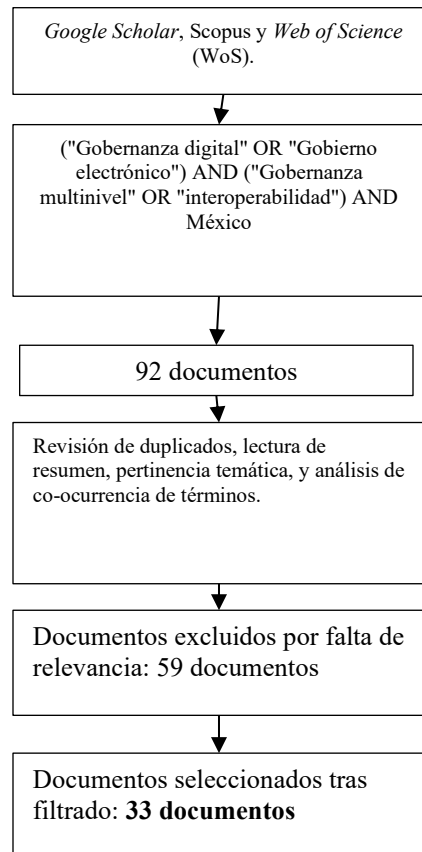
en México y América Latina.	la articulación intergubernamental.	contextos federales o descentralizados.
-----------------------------	-------------------------------------	---

Fuente: elaboración propia

Scopus, como una de las bases de datos multidisciplinarias más influyentes (Arencibia-Jorge y Peralta, 2020; Gómez-Núñez et al., 2013), permitió ejecutar ecuaciones de búsqueda estructuradas con términos clave como *digital governance*, e-government, *multilevel governance*, *interoperability* y *public sector innovation*, asegurando un enfoque claro en el tema estudiado. De igual forma, *Google Scholar* y *Web of Science* fueron utilizadas para ampliar la cobertura de documentos en diferentes idiomas, asegurando la inclusión de estudios en español, inglés y portugués.

Las ecuaciones de búsqueda fueron diseñadas para garantizar la profundidad conceptual sin distorsionar los términos clave, facilitando la identificación de estudios relevantes sobre gobernanza digital, coordinación intergubernamental, inclusión tecnológica e interoperabilidad institucional en contextos multinivel, con énfasis en el caso mexicano.

Figura 4 Diagrama de selección de los documentos de la revisión



Fuente propia, basado en el proceso de búsqueda, filtrado y validación del protocolo RAMESES. Wong et al. 2013.

Criterios de inclusión y exclusión

En este apartado se detalla el proceso de selección y evaluación de los documentos incluidos en la revisión (ítem 10). En primera instancia, los criterios de inclusión se aplicaron directamente en las bases de datos *Google Scholar*, *Scopus* y *Web of Science (WoS)*, mediante una lectura preliminar de títulos, resúmenes y palabras clave, con el fin de verificar que los estudios abordaran de manera explícita la relación entre gobernanza digital, coordinación intergubernamental e innovación pública en contextos multinivel. Se incluyeron artículos publicados en revistas indexadas con revisión por pares, en español, inglés y portugués, que trataran sobre políticas públicas digitales, transformación tecnológica del Estado, interoperabilidad institucional o estrategias de

gobernanza digital en América Latina, con énfasis en México, publicados entre 2011 y 2025. Por otro lado, los criterios de exclusión se enfocaron en descartar estudios duplicados, documentos sin acceso al texto completo o con debilidades metodológicas, así como investigaciones centradas exclusivamente en contextos corporativos, de ciberseguridad, educación o salud, sin vinculación con el ámbito público y multinivel.

4.7 Resultados

Los principales resultados (ítems 15 y 16) obtenidos a partir del análisis de publicaciones mediante Excel evidenciaron 4 características generales del grupo de documentos seleccionados.

Cuadro 3 Estudios Seleccionados por base de datos

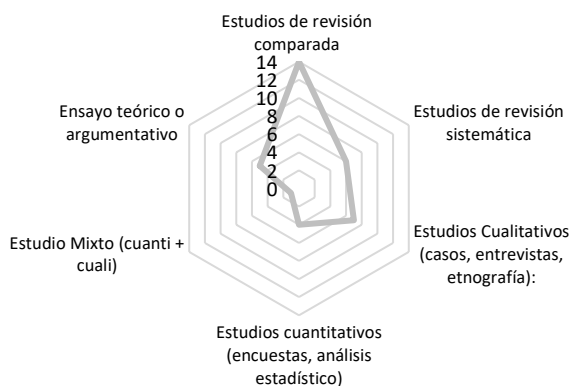
Database	Gobernanza digital	Gobernanza multinivel	Interoperabilidad	Inclusión digital	Total
Google Scholar	4	4	0	5	13
Scopus	2	3	2	4	11
Web of Science	0	3	6	0	9
Total	6	10	8	9	33

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 3 muestra que la mayoría de los estudios provienen de Google Scholar con 13 documentos, seguida de Scopus (11 documentos) y Web of Science (9 documentos). En términos de enfoque, la inclusión digital fue el tema más recurrente, con 9 estudios, mientras que la interoperabilidad tuvo 8 estudios, seguida de la gobernanza multinivel con 10 estudios y la gobernanza digital 6 estudios. Esto refleja una mayor atención en la literatura hacia iniciativas que

buscan cerrar brechas digitales, así como en el desarrollo de sistemas interoperables dentro del marco de gobernanza.

Figura 5 Tipo de estudio



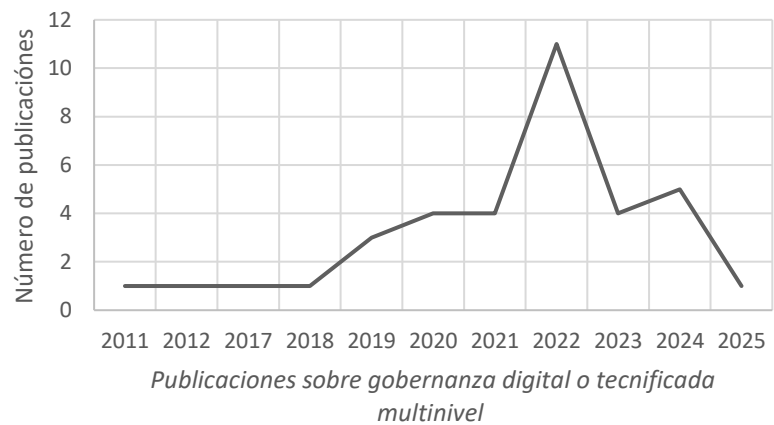
Fuente: elaboración propia con base a estudios seleccionados

Se destaca que la mayoría de los estudios analizados corresponde a enfoques basados en análisis documental, teórico o conceptual, 14 estudios, seguidos por estudios cualitativos que incluyen entrevistas, estudios de caso y enfoques etnográficos están 7 estudios. Las revisiones sistemáticas y bibliográficas representan una parte significativa con 6 documentos, mientras que los ensayos teóricos o argumentativos suman 5 estudios. Los enfoques cuantitativos, centrados en encuestas y análisis estadístico, alcanzan 4 estudios, y finalmente, solo un documento integró una metodología mixta. Estos resultados evidencian una clara predominancia de metodologías teóricas y analíticas en el estudio de la gobernanza digital y multinivel en el contexto mexicano.

México lidera la representación con 16 estudios, evidenciando un fuerte interés investigativo en torno a la gobernanza digital y multinivel en ese país. Le siguen Colombia con 3 estudios, y Argentina, Brasil, Costa Rica, Panamá, Perú y España

con 2 estudios cada uno. Otros países como Chile, Ecuador, Guatemala y Venezuela cuentan con una sola publicación. Esta distribución refleja una clara predominancia de investigaciones provenientes de América Latina, con énfasis particular en el contexto mexicano, y una presencia menor pero significativa en otras regiones del mundo.

Figura 6 Publicaciones por año



Fuente: elaboración propia con base en los artículos seleccionados

Se observa una concentración significativa de estudios en el año 2022 (11 publicaciones), seguido de un comportamiento sostenido durante 2020–2024, lo que evidencia un creciente interés en la temática en la última década. En contraste, entre 2011 y 2018 la producción fue escasa, con solo una publicación por año. Esta distribución temporal refleja un auge reciente de la investigación en torno a la gobernanza digital y su impacto en los marcos de gobernanza multinivel en América Latina.

Cuadro 4. Estudios seleccionados: Objetivos y principales hallazgos

Autor	Objetivo del estudio
(Valenzuela, Collantes, y	Analizar el proceso de tecnificación de la gobernanza a través del uso de plataformas digitales, plataformas de control y vigilancia social.

Durand 2020)	
(Santana y Jimbo- Santana 2021)	Analizar la influencia de la transformación digital en la gestión pública local y su relación con la gobernanza electrónica en los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales.
(Cruz 2018)	Analizar las principales propuestas de gobernanza digital impulsadas en Costa Rica entre 2018 y 2022, así como sus alcances y limitaciones dentro de la gestión pública.
(Redondo 2024)	Proponer principios y estructuras para una gobernanza digital global mediante un nuevo pacto digital basado en valores comunes, inclusión y participación multiactor
(Huamán y Medina 2022)	Analizar la transformación digital en la administración pública peruana, sus desafíos y su relación con una gobernanza activa y eficaz
(Filgueiras 2021)	Discutir los factores de ambigüedad en la elección de sistemas de inteligencia artificial en el sector público, y cómo estos influyen en los desafíos de gobernanza digital
(Gutiérrez 2021)	Analizar los cambios en la gobernanza educativa durante la pandemia por Covid-19, examinando el papel de las empresas tecnológicas en la digitalización forzada del derecho a la educación
(Gómez 2024)	Identificar el impacto de la IA y el big data en la comunicación gubernamental, campañas políticas y la gestión pública en la era digital
(Villalobos- Antúnez et al. 2023)	Analizar el régimen de la información como consecuencia del imperio del mundo digital, desde un enfoque fenomenológico-hermenéutico centrado en la gobernabilidad política.

(Palma 2024)	Establecer los efectos que ha tenido la gobernanza en la era digital, centrado en el gobierno electrónico en Guatemala.
(Graell 2022)	Analizar la respuesta en materia de gobernanza digital en Panamá post COVID-19, a partir del uso de sistemas de información para la recuperación económica y social.
(K. Herrera y Gallardo 2025)	Proponer un modelo de gobernanza digital para fortalecer la participación ciudadana en la Municipalidad Distrital de Castilla, en la región Piura, Perú.
(Rodríguez 2020)	Analizar la utilidad de la donación de datos como modelo alternativo de recolección de macrodatos para una gobernanza digital más efectiva y ética en contextos de crisis.
(Saura 2020)	Analizar nuevas formas de filantropocapitalismo digital en la política educativa global surgidas a raíz de la pandemia de la COVID-19.
(de Moura 2024)	Analizar el compliance digital como una herramienta jurídica, técnica y ética, así como su conexión con la gobernanza y la gestión de riesgos en el entorno digital
(Cabello et al. 2021)	Analizar políticas, planes y buenas prácticas en Iberoamérica para la integración de tecnologías digitales en educación escolar, con enfoque en liderazgo y gobernanza digital.
(CELLI et al. 2019)	Definir recomendaciones de política para que el MinTIC contribuya tanto a las agendas internacionales TIC como a las necesidades departamentales, como insumo para los planes de desarrollo
(Alcudia y Venancio-Flores 2024)	Analizar el estado de la gobernanza digital en Iberoamérica, reconociendo avances, brechas y desafíos, y proponer una agenda para el fortalecimiento de procesos democráticos digitales
(Rosas, Calderón, y	Identificar la evolución de los enfoques conceptuales de la gobernanza territorial a partir de una revisión crítica de autores e instituciones oficiales.

Campos 2012)	
(A. Ramos 2017)	Analizar la importancia de la información para una ciudadanía participativa en el marco del gobierno abierto y el papel de la biblioteca pública en dicho contexto.
(VERDUGO 2011)	Analizar la influencia de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el desempeño de los gobiernos locales en México, mediante el estudio de casos municipales y la aplicación de indicadores de democracia local.
(Gómez-Álvarez et al. 2019)	Presentar un marco conceptual y práctico de la gobernanza metropolitana como clave para lograr ciudades sostenibles, resilientes y equitativas, en consonancia con los ODS y la Nueva Agenda Urbana.
(Subirats, 2019)	Analizar los dilemas clave que enfrentan las metrópolis en la implementación de modelos de gobernanza más horizontales, cooperativos y centrados en la coproducción de políticas.
(Juste y Rubiolo 2023)	Analizar la gobernanza multinivel del litio en Argentina y el rol de las provincias argentinas, enfocando los vínculos con China como socio externo
(Marquina y Álvarez 2021)	Analizar la implementación del proyecto CITTA y los mecanismos de gobernanza multinivel que influyeron en su formación y operación
(H. Ramos 2021)	Proponer la gobernanza multinivel como enfoque teórico-práctico para mejorar la participación ciudadana y la gestión de servicios de información.
(Valdivia y Corpus 2025)	Analizar el avance del gobierno electrónico en México tras la pandemia, identificar brechas y proyectar su crecimiento hacia 2031

(Calderón 2024)	Analizar el ejercicio de la soberanía en el espacio digital mexicano y proponer una teoría de gobernanza digital adaptada al contexto político-institucional del país
(Lürén 2022)	Investigar cómo la pandemia por COVID-19 impactó en la construcción del gobierno electrónico (e-governance) en México, bajo el marco de las teorías de dependencia de trayectoria y coyuntura crítica.
(Coria y García-García 2022)	Analizar la necesidad y viabilidad tecnológica de automatizar la creación, indexación y análisis de un repositorio digital con réplicas de sitios web municipales oficiales en México
(Sangama 2024)	Determinar en qué medida la transformación digital influye en la gobernabilidad de América Latina, evaluando modelos explicativos, variables asociadas y tendencias científicas
(Alva 2020)	Analizar el panorama incipiente de la ciudadanía digital en México en el contexto de la reestructuración capitalista y el tránsito democrático.
(Merino 2024)	Determinar qué factores inciden en la digitalización de gobiernos locales y cómo se manifiestan en tres casos representativos de América Latina.

Fuente: elaboración propia con información recolectada

Entre los principales hallazgos de los artículos seleccionados se encuentra el trabajo de Valenzuela, Collantes, y Durand (2020), que señala que la gobernanza tecnificada impulsa un régimen de poder relacionado con la gestión de datos. Según este estudio, las plataformas optimizan procesos y también concentran control sociopolítico. El autor asocia este fenómeno con el capitalismo de vigilancia y el extractivismo de datos, planteando posibles implicaciones para los derechos ciudadanos. La investigación indica que la transformación digital en los GAD municipales contribuye a la mejora de la gestión interna, la transparencia y la relación con la ciudadanía. Se observan avances en la digitalización de procesos administrativos y en el acceso a la información; sin embargo, persisten algunas limitaciones en infraestructura y capacitación del personal. En este

contexto, la gobernanza electrónica facilita la participación ciudadana, la rendición de cuentas y la eficiencia en los servicios.

Santana y Jimbo-Santana (2021) observan una institucionalización progresiva de las políticas de gobernanza digital en Costa Rica, evidenciada por iniciativas como el Programa de Gobierno Digital y el fortalecimiento de la Dirección de Gobernanza Digital. No obstante, se identifican fragmentación en la implementación, limitaciones en los marcos normativos y baja articulación con gobiernos locales. La participación ciudadana es limitada y las estrategias tecnológicas presentan un enfoque multinivel poco desarrollado. El artículo señala la importancia de fortalecer el ecosistema institucional y fomentar una visión integral y continua de la digitalización estatal.

Por su parte, Cruz (2018) propone una transición desde la gobernanza técnica de Internet hacia una gobernanza digital global, más inclusiva, basada en el principio multistakeholder (Gobiernos, empresas, sociedad civil). Aboga por un nuevo pacto digital que garantice conectividad, derechos digitales, uso ético de IA, estándares globales de interoperabilidad y gobernanza de datos. Destaca la fragmentación actual de Internet como una amenaza. La ONU ha propuesto un borrador de pacto digital global estructurado en 5 ejes: cierre de brechas, inclusión, derechos humanos, gobernanza responsable de datos y desarrollo de tecnologías emergentes.

En cambio Redondo (2024) expone que la transformación digital en Perú fue impulsada por la pandemia, pero enfrenta serias limitaciones estructurales. El ecosistema digital peruano presenta brechas significativas en infraestructura, conectividad y habilidades digitales ciudadanas. Se evidenció que, aunque existen avances normativos y estructurales, no se ha logrado aún consolidar un sistema robusto de medición de impacto. Además, la ciudadanía digital está en proceso de construcción y existe dependencia tecnológica del extranjero. La SGTD lideró iniciativas como la Agenda Digital al Bicentenario, sin embargo, la implementación aún carece de una cultura organizacional adecuada y recursos humanos digitales suficientes.

Huamán y Medina (2022) plantean que la adopción de sistemas de IA en la administración pública está marcada por una ambigüedad funcional, ya que las decisiones no siempre responden a criterios técnicos, sino a factores como presión política, modas tecnológicas y desconocimiento institucional. Esta ambigüedad genera riesgos como opacidad, falta de *accountability* y debilitamiento del control democrático. Además, se identifica que no existe una gobernanza digital institucionalizada que regule la implementación de estos sistemas con estándares éticos y normativos claros. El estudio propone que la IA no debe ser solo una herramienta tecnológica, sino parte de un proceso deliberativo en la formulación de políticas públicas.

De acuerdo con Filgueiras (2021) durante la pandemia, la gobernanza educativa pasó a ser híbrida, con una fuerte intervención del capitalismo de plataformas a través de empresas EdTech que operaron como actores fundamentales. Estas corporaciones (como Google, Microsoft, Zoom) impusieron infraestructuras tecnológicas que condicionaron los procesos educativos, lo que generó dependencia, concentración de datos personales y pérdida de soberanía digital. Se evidenció una “normalización de la excepción” donde la educación digital dejó de ser apoyo para convertirse en modelo hegemónico, invisibilizando el papel del Estado como garante del derecho a la educación. Se denunció la “colonización algorítmica” que homogeneiza prácticas educativas y pedagogías, subordinándolas a lógicas mercantiles.

Gutiérrez (2021) afirma que la IA y el big data han influenciado profundamente la comunicación política, tanto en campañas como en la gestión pública, su estudio evidencia el uso estratégico de datos para segmentar audiencias y personalizar mensajes (ej. Obama, Modi, Trudeau, Macron). Aporta una tipología de paradigmas de gestión pública, desde lo tradicional hasta la gobernanza inteligente, donde se destaca el papel de la IA. Finalmente, advierte de los riesgos como la desinformación, uso indebido de datos (ej. *Cambridge Analytica*) y la ausencia de marcos regulatorios. En otras palabras la IA puede aumentar la transparencia, pero también acentuar la polarización si no se regula.

Según Gómez (2024) la cultura del dispositivo impone un régimen de la información que, bajo la apariencia de promover la libertad, en realidad la anula al controlar la voluntad y las emociones de las personas, quienes se convierten en “ciudadanos ilusos”. En este contexto, la razón comunicativa es reemplazada por la razón digital, instaurándose una gobernanza digital caracterizada por la vigilancia invisible, la hiperconectividad y la manipulación emocional. Así, surge un nuevo orden político fundamentado en el capitalismo de las emociones y la vigilancia.

Por otro lado, Villalobos-Antúnez et al. (2023) sostienen que la gobernanza digital exige una transformación estructural del Estado, ya que las tecnologías de la información y la comunicación han modificado profundamente la relación entre gobierno y ciudadanía. Entre las variables clave para una gobernanza digital exitosa se encuentran la eficiencia, la participación, la rendición de cuentas, la equidad, la innovación, la administración, la capacidad de respuesta y la interacción. Los casos de Canadá, Noruega y Singapur ilustran prácticas exitosas en este ámbito, mientras que Guatemala apenas inicia la implementación de herramientas digitales. De acuerdo con el análisis, la gobernanza debe ser transformadora, accesible, unificada, segura, eficiente y centrada en el beneficio de la ciudadanía.

En el caso panameño, Palma (2024) destaca que la gobernanza digital durante la pandemia no fue eficiente, aunque el sistema R.O.S.A. reveló el potencial de los sistemas de información en el ámbito de la salud. Sin embargo, otras áreas como el empleo, la seguridad social y la administración pública solo ofrecieron respuestas informativas, sin avanzar en soluciones integrales. Como recomendación, se subraya la importancia de fortalecer la infraestructura digital, la formación en competencias, la seguridad de los datos y la armonización institucional, ya que persiste una brecha digital estructural significativa. Por su parte, Graell (2022) resalta que la participación ciudadana digital se mantiene en un nivel medio debido a limitaciones en infraestructura tecnológica, acceso a internet y alfabetización digital. El modelo analizado se apoya en tres

dimensiones fundamentales: gobierno abierto, gestión institucional y tecnologías de información. Graell concluye que una mayor interacción digital robustece la transparencia, la rendición de cuentas y fomenta la toma de decisiones colaborativa.

Herrera y Gallardo (2025) proponen la donación de datos como una tercera vía legítima y ética frente a la adquisición de bases de datos por terceros o la recopilación directa. Esta estrategia permite resolver tensiones entre la privacidad y la eficacia estatal, asegurando el consentimiento, incentivando la empatía social y promoviendo la participación ciudadana. Además, ayuda a reducir sesgos algorítmicos y puede contribuir a la creación de bancos de datos europeos. El ejemplo de Taiwán demuestra que la colaboración ciudadana en tiempo real es clave para evitar crisis logísticas y para fortalecer la respuesta estatal. Del mismo modo, Rodríguez (2020) sostiene que se están consolidando nuevas formas de gobernanza educativa protagonizadas por empresas tecnológicas como Google, Facebook y Microsoft, que impulsan plataformas digitales a través de donaciones filantrópicas. Estas alianzas, promovidas por la UNESCO, articulan políticas educativas apoyadas en big data, inteligencia artificial y análisis predictivo, lo que genera lógicas de control algorítmico y una gobernanza global privatizada centrada en la captura de datos como nuevo capital.

En el ámbito normativo, Saura (2020) argumenta que el cumplimiento digital trasciende lo jurídico al involucrar ética, gobernanza y tecnología. Subraya la necesidad de regulación clara para evitar abusos, proteger derechos de autor y datos personales, y destaca que la falta de conciencia digital genera comportamientos irresponsables. A través de una revisión histórica de casos emblemáticos, muestra que la gobernanza digital requiere operar con códigos éticos robustos y una estructura de riesgos definida. de Moura (2024) presenta la situación argentina, donde el 86% de la población utiliza internet y el 88% teléfonos móviles, aunque solo el 63.8% de los hogares dispone de computadora. El acceso a computadoras en las escuelas resulta insuficiente, especialmente en

primaria, donde solo el 45.3% de las escuelas cuentan con computadoras para docentes. El programa “Conectar Igualdad” entregó más de 4.5 millones de netbooks, logrando un impacto positivo principalmente cuantitativo, mientras otros programas como Primaria Digital y Aulas Digitales Móviles también se destacan. Del mismo modo, en Colombia, Cabello et al. (2021) observan una débil articulación entre los planes de desarrollo departamentales y la agenda internacional eLAC, con solo el 61% de los indicadores alineados a eLAC2015. Las categorías con mayor convergencia fueron gobierno electrónico y acceso, aunque se evidenció poca diversidad temática. Además, las estrategias impulsadas desde el MinTIC y el DNP resultaron insuficientes y poco oportunas.

CELLI et al. (2019) reconocen un desarrollo desigual de la gobernanza digital, con avances en infraestructura y digitalización, pero con grandes brechas en participación ciudadana, transparencia y ciberseguridad. La orientación ha sido más técnica que social o política, con debilidades institucionales y poca inclusión. Por ello, proponen un enfoque basado en derechos digitales y en la participación social efectiva. Alcudia y Venancio-Flores (2024) sistematizan los conceptos de gobernabilidad, gobierno y gobernanza, destacando esta última como un proceso relacional, cooperativo y descentralizado. Analizan vertientes de gobernanza y subrayan la importancia de la participación ciudadana, la coordinación intergubernamental y el rol de actores no estatales, especialmente en ciudades, que se convierten en escenarios clave para políticas públicas inclusivas y sostenibles.

Rosas-Ferrusca, Calderón-Maya, y Campos-Alanís (2012) sostienen que la biblioteca pública puede convertirse en un espacio clave para la construcción de ciudadanía en el modelo de gobierno abierto, al facilitar el acceso democrático a la información y promover la transparencia, la participación y la diversidad informativa. A. Ramos (2017) argumenta que las TIC son herramientas de inclusión social y desarrollo local cuando están integradas en estrategias democráticas. Resalta el papel de la web 2.0 para una gobernanza en red y la relevancia de la participación ciudadana, aunque advierte que la tecnología por

sí sola no la garantiza. Menciona modelos como el Gobierno de Gestión Visible y destaca avances en municipios mexicanos que aplican TIC.

Según VERDUGO (2011), la gobernanza metropolitana es esencial para enfrentar desafíos urbanos como la fragmentación territorial y la desigualdad, aunque también enfrenta obstáculos políticos e institucionales. Resalta beneficios como productividad, integración del transporte y mayor equidad. Asimismo, Gómez-Álvarez et al. (2019) identifican tensiones entre modelos jerárquicos y horizontales, señalando que la coproducción y las redes de actores son clave para aumentar la legitimidad y eficacia, aunque la desigualdad territorial y la falta de mecanismos de coordinación siguen siendo retos. Por otro lado, Subirats (2019) analiza la paradiplomacia de provincias litíferas en la política exterior hacia China, advirtiendo tensiones con el Estado federal y la falta de un modelo productivo definido.

Juste y Rubiolo (2023) encuentran que predominan mecanismos de gobernanza tipo comando, persuasivo e intercambio monetizado, destacando la flexibilidad de la estructura organizativa del CITTA, pero también la débil institucionalización y tensiones interinstitucionales. Marquina y Álvarez (2021) consideran que la gobernanza multinivel permite superar los límites de la gobernanza tradicional, facilitando una gestión eficiente y contextualizada de servicios de información, especialmente en bibliotecas.

Análogamente, H. Ramos (2021) y Valdivia y Corpus (2025) reporta un crecimiento del 15% en trámites por internet en una década, con un impulso notable durante la pandemia, aunque el 52% de los trámites sigue siendo presencial. Se observa heterogeneidad estatal en el uso del gobierno digital y se proyecta que para 2031 el 28.3% de los trámites será digital e identifican una tensión entre modelos liberales y soberanistas de gobernanza digital, en un contexto de democracia frágil y militarización del ciberespacio. Señalan fallas en el marco normativo, baja participación social y excesiva centralización en el poder ejecutivo, proponiendo una teoría basada en cuatro variables causales. Por otro lado, Calderón (2024) señala que no hubo un crecimiento extraordinario en el

acceso a internet durante la pandemia, debido al estancamiento de la infraestructura y falta de coordinación nacional. En educación, programas como Aprende en Casa tuvieron alcance y calidad limitados, especialmente en zonas rurales.

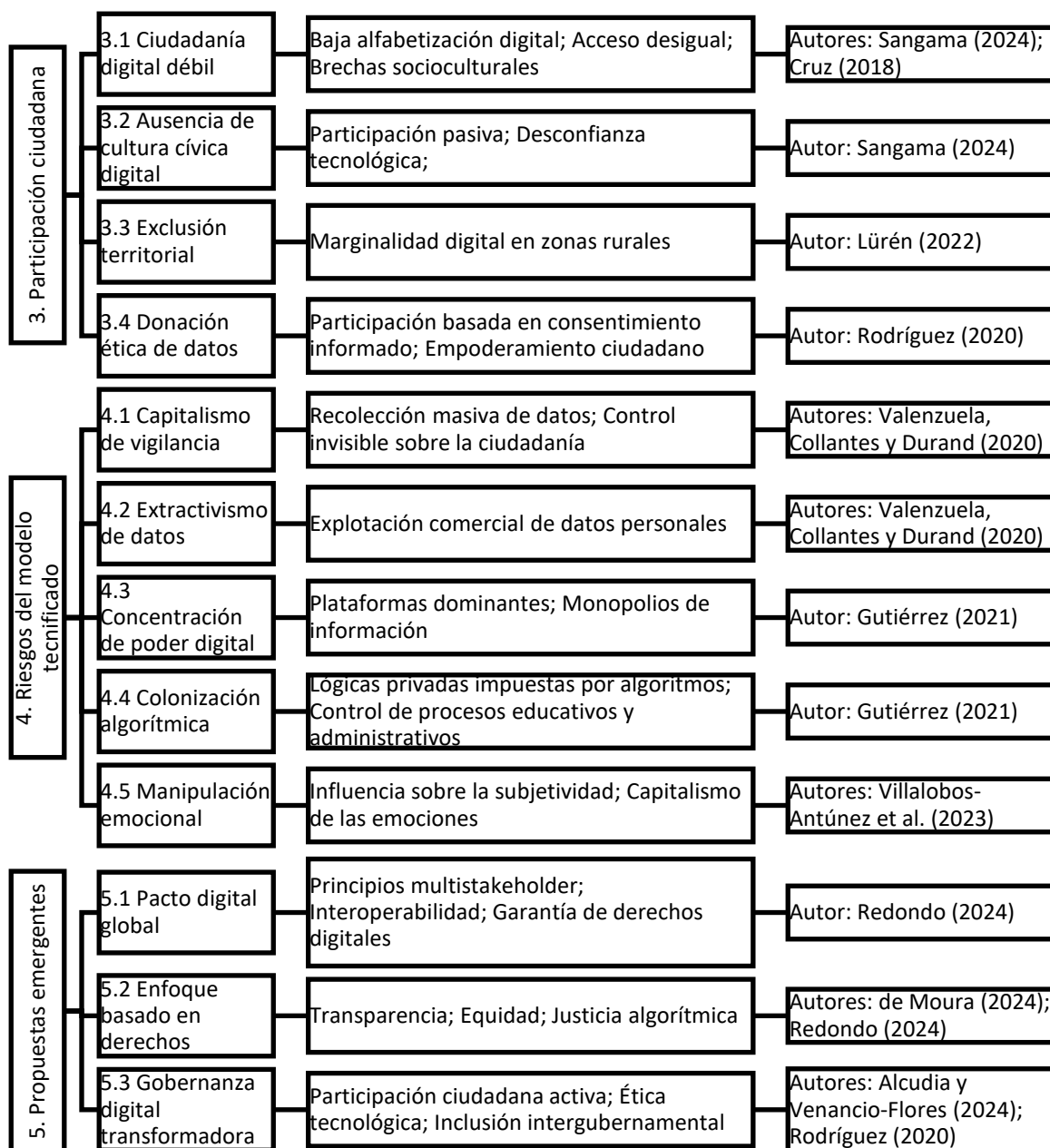
Lürén (2022) documenta la falta de un directorio actualizado de sitios web municipales en México y la heterogeneidad en sus contenidos y desarrollo. Propone una clasificación evolutiva de los sitios y especifica requerimientos funcionales para su análisis automatizado. Coria y Garcia-Garcia (2022) sostienen que la transformación digital favorece la gobernabilidad gracias a liderazgo institucional, metodologías ágiles y competencias digitales, lo que impacta positivamente en la atención pública y la participación ciudadana. Sangama (2024) identifica factores que obstaculizan la ciudadanía digital, como la desigualdad estructural, la escasa apropiación tecnológica y brechas legales. Destaca casos de ciberactivismo con impacto social en México. Finalmente, Merino (2024) resalta que el éxito en gobernanza digital depende de su adopción como política de Estado, de la ciberseguridad y de plataformas integradas; menciona los avances de CDMX, Buenos Aires y Santiago, aunque cada ciudad enfrenta desafíos particulares en participación ciudadana y seguridad normativa.

Palma (2024) subraya la importancia de fortalecer la infraestructura digital, mejorar la formación en competencias y garantizar la seguridad de los datos, ya que persiste una significativa brecha digital estructural. Asimismo, la literatura destaca la necesidad de armonizar instituciones y marcos normativos para que la digitalización no solo represente un cambio técnico, sino también político y social (CELLI et al., 2019; Coria y Garcia-Garcia, 2022). La participación ciudadana cobra relevancia, pues una mayor interacción digital fortalece la transparencia, la rendición de cuentas y fomenta la toma colaborativa de decisiones (Graell, 2022).

Varios autores coinciden en que el diseño de políticas públicas digitales debe orientarse a la reducción de las desigualdades y a la inclusión de actores no estatales en los procesos de gobernanza (Alcudia y Venancio-Flores, 2024). La

donación ética y voluntaria de datos se plantea como una alternativa legítima frente a modelos autoritarios de recopilación, permitiendo fortalecer la colaboración entre ciudadanía y Estado, al tiempo que promueve la protección de derechos y la seguridad algorítmica (Herrera y Gallardo, 2025). Por otro lado, la experiencia internacional, como el caso de Taiwán, demuestra que la colaboración ciudadana en tiempo real puede ser clave para mejorar la respuesta estatal ante crisis y consolidar una gobernanza digital efectiva. En el ámbito educativo, la consolidación de plataformas tecnológicas impulsadas por alianzas público-privadas ha generado nuevas formas de gobernanza centradas en el control algorítmico, lo que exige un análisis crítico sobre los impactos en la equidad y la soberanía pedagógica (Rodríguez, 2020; Filgueiras, 2021).

Figura 7 Sistema categorial apriorístico



Fuente: elaboración propia con información datos recolectados

La categoría de infraestructura y capacidades refleja que el éxito de cualquier proceso de digitalización gubernamental depende en gran medida de las condiciones técnicas y humanas que sustentan su implementación. Como señalan Santana y Jimbo-Santana (2021), los gobiernos subnacionales suelen enfrentar importantes deficiencias en conectividad, plataformas tecnológicas y formación del personal. A esto se suma, según Huamán y Medina (2022), la falta

de una cultura organizacional orientada al uso estratégico de tecnologías, así como la ausencia de indicadores claros para evaluar el impacto de las transformaciones digitales. Estos factores limitan no solo la adopción de tecnologías, sino también la posibilidad de generar evidencia para mejorar la toma de decisiones. La debilidad en capacidades e infraestructura, especialmente en los niveles municipal y estatal, perpetúa la fragmentación institucional y limita la operatividad del modelo multinivel, agudizando desigualdades entre territorios.

Por su parte, la categoría de normativa y articulación institucional hace referencia al marco legal y organizativo que regula la implementación de las tecnologías en la administración pública. Cruz (2018) y de Moura (2024) coinciden en que uno de los principales obstáculos para consolidar una gobernanza digital efectiva es la fragmentación normativa y la debilidad de los marcos legales vigentes. En el caso mexicano, Calderón (2024) identifica una concentración excesiva del poder decisional en el Ejecutivo federal y una escasa articulación con los niveles subnacionales. Esta situación genera descoordinación en las estrategias digitales, impide una planificación integral y, en muchos casos, deriva en iniciativas aisladas o inconsistentes. Además, como advierte Filgueiras (2021), la ambigüedad funcional en el uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial también pone en riesgo la transparencia y el control democrático si no existe una regulación clara y éticamente fundamentada. Por tanto, una gobernanza digital sin base normativa sólida y sin mecanismos de articulación intergubernamental contribuye a reproducir los mismos vacíos del modelo multinivel que busca remediar.

Del mismo modo, la categoría de participación ciudadana representa uno de los pilares fundamentales para que la digitalización no se limite a una modernización administrativa, sino que se constituya como una vía para profundizar la democracia. Sin embargo, los estudios de Sangama (2024) y Cruz (2018) muestran que aún existen profundas brechas en la inclusión digital, así como una baja apropiación de tecnologías por parte de la ciudadanía. Este

problema no se limita al acceso a internet o dispositivos, sino también a la ausencia de una cultura digital crítica y participativa. En muchos casos, como señala Lürén (2022), las poblaciones rurales o en situación de vulnerabilidad quedan excluidas de los procesos de consulta, deliberación o control público en entornos digitales. Esta exclusión también debilita la legitimidad de las políticas tecnológicas, al estar desconectadas de las demandas reales de la sociedad. Así, la ciudadanía digital se encuentra todavía en una fase incipiente, lo que impide una apropiación social de las herramientas digitales como canales de expresión política y vigilancia ciudadana.

Una dimensión crítica dentro del análisis de la gobernanza digital es la relacionada con los riesgos inherentes al modelo tecnificado. Esta categoría expone las consecuencias adversas de adoptar tecnologías sin marcos regulatorios sólidos ni principios éticos que orienten su implementación. En este sentido, Valenzuela, Collantes y Durand (2020) advierten que el auge de la tecnificación estatal ha fortalecido un régimen de poder basado en el control y la vigilancia de los datos ciudadanos, consolidando lo que denominan un “capitalismo de vigilancia”. Esta lógica no solo convierte al ciudadano en una fuente de extracción de datos, sino que consolida plataformas que operan por fuera del escrutinio democrático. A ello se suma lo que Gutiérrez (2021) denomina “colonización algorítmica”, donde las grandes corporaciones imponen infraestructuras tecnológicas que no solo determinan los contenidos educativos o administrativos, sino también homogeneizan prácticas institucionales, subordinándolas a lógicas comerciales.

Otro elemento crítico es la manipulación emocional derivada de la hiperconectividad, fenómeno que Villalobos-Antúnez et al. (2023) describen como parte del “capitalismo de las emociones”. Bajo esta lógica, la libertad del ciudadano se ve reducida a través del control de sus emociones y decisiones, alimentadas por dispositivos que actúan desde una vigilancia invisible. La ausencia de regulación clara sobre el uso de inteligencia artificial, como advierte Filgueiras (2021), incrementa estos riesgos, ya que muchas decisiones

automatizadas no responden a criterios técnicos ni deliberativos, sino a presiones políticas o intereses privados. En suma, sin estándares éticos y sin mecanismos de control democrático, la digitalización puede profundizar las desigualdades, reducir la soberanía estatal y debilitar la confianza ciudadana en las instituciones públicas.

Frente a estos riesgos, diversos autores han propuesto enfoques emergentes y alternativas éticas para repensar la gobernanza digital. Uno de los planteamientos más estructurados proviene de Redondo (2024), quien aboga por un pacto digital global, basado en principios como la inclusión, la interoperabilidad, la garantía de derechos digitales y la participación multistakeholder. Esta visión busca contrarrestar la fragmentación actual del ecosistema digital y propone un modelo cooperativo donde gobiernos, empresas y sociedad civil compartan responsabilidades en el diseño de políticas tecnológicas. De manera complementaria, Rodríguez (2020) introduce la idea de la “donación ética de datos”, que supone una vía legítima y voluntaria de colaboración ciudadana con el Estado, respetando el consentimiento y fomentando la empatía social. Este modelo se distancia del extractivismo digital y plantea una alternativa centrada en la confianza y la co-construcción del conocimiento público.

Asimismo, otros estudios como los de Alcudia y Venancio-Flores (2024) y de Moura (2024) coinciden en que la gobernanza digital debe transitar hacia modelos transformadores que prioricen la equidad, la accesibilidad y la participación activa. Esto implica transversalizar la transformación digital en todas las áreas del Estado, no solo en términos técnicos, sino también sociales y normativos. Solo así será posible construir una gobernanza tecnificada que no reproduzca lógicas autoritarias o mercantiles, sino que sirva como plataforma para fortalecer la democracia, cerrar brechas territoriales y empoderar a la ciudadanía.

Ahora bien, el avance de la digitalización, sin una estrategia nacional sólida y equitativa, corre el riesgo de reproducir desigualdades preexistentes,

especialmente entre zonas urbanas y rurales (Calderón, 2024). Por ello, es imprescindible que la gobernanza digital se desarrolle como política de Estado, capaz de integrar plataformas, garantizar la ciberseguridad y promover mecanismos efectivos de participación social (Merino, 2024). La evidencia muestra que la madurez digital institucional depende no solo de la disponibilidad de infraestructura y acceso a internet, sino también de la coordinación estatal, el financiamiento adecuado y la capacitación permanente del personal (Villalobos-Antúnez et al., 2023; de Moura, 2024). En México, la falta de articulación entre los planes de desarrollo regionales y las agendas internacionales ha limitado el impacto de las estrategias digitales, evidenciando la necesidad de un enfoque multinivel que conecte los distintos niveles de gobierno y actores sociales (Cabello et al., 2021). La adopción de metodologías ágiles y el liderazgo institucional resultan fundamentales para avanzar hacia una transformación digital inclusiva y sostenible (Coria y García-García, 2022).

Por último, la gobernanza digital debe operar con códigos éticos robustos y una estructura de riesgos bien definida, pues el cumplimiento digital trasciende lo jurídico y requiere una cultura digital basada en valores éticos (Saura, 2020). La transformación digital puede cerrar brechas solo si se acompaña de mecanismos de transparencia, control democrático y políticas públicas inclusivas, que respondan tanto a los desafíos tecnológicos como a las demandas sociales (Sangama, 2024). Así, la gobernanza digital, concebida como una estrategia integral y multinivel, constituye una vía ineludible para subsanar las brechas en el marco de gobernanza en México y avanzar hacia una sociedad más equitativa, transparente e innovadora.

4.8 Discusión

Valenzuela, Collantes y Durand (2020), quienes subrayan que la digitalización ha incrementado la eficiencia institucional, pero al mismo tiempo ha propiciado una concentración del poder tecnocrático. Este enfoque, conocido como “gobernanza tecnificada”, plantea una paradoja: si bien promueve la agilización de trámites y

la optimización de recursos, también refuerza estructuras centralizadas que debilitan la coordinación entre niveles de gobierno. En el caso mexicano, donde las competencias federales, estatales y municipales están profundamente entrelazadas, estas tensiones se hacen particularmente evidentes y requieren una solución integral.

Desde una perspectiva regional, el estudio de Santana y Jimbo-Santana (2021) sobre Costa Rica evidencia problemas comunes con México: la falta de articulación entre las políticas digitales y la institucionalidad existente. Los autores sostienen que, pese a la institucionalización incipiente de la gobernanza digital, las políticas suelen implementarse de manera fragmentada y con escasa vinculación con los marcos legales tradicionales. Esta situación se traduce en un déficit de coordinación intergubernamental, uno de los principales vacíos del modelo de gobernanza multinivel mexicano. En este contexto, la gobernanza digital puede convertirse en una herramienta de articulación, siempre que se diseñen políticas públicas basadas en principios de interoperabilidad, soberanía digital y participación ciudadana, en lugar de limitarse a una modernización administrativa superficial.

Cruz Romero (2018), en su propuesta de principios y estructuras para una gobernanza digital global, hace un llamado a transitar desde modelos tecnocráticos hacia una arquitectura más democrática e inclusiva. Esta visión resulta relevante para el caso mexicano, donde el sistema federal ha sido históricamente criticado por su falta de coordinación vertical y horizontal. Cruz propone el diseño de infraestructuras digitales compartidas que operen como plataformas neutrales, capaces de conectar los distintos niveles de gobierno y garantizar la transparencia y trazabilidad de los procesos administrativos. En este sentido, la gobernanza tecnificada no debe entenderse como la simple incorporación de tecnologías, sino como una transformación estructural del aparato estatal hacia formas de gestión más colaborativas y abiertas.

Uno de los ejemplos más ilustrativos de esta tensión entre modernización tecnológica y fragmentación institucional lo ofrece Redondo (2024), al analizar el caso de Perú. El autor destaca que, aunque el Estado impulsó diversas iniciativas

de digitalización para mejorar la eficiencia administrativa, estas no lograron cerrar las brechas de acceso a los servicios ni integrar plenamente a todos los actores del sistema. Esta experiencia es extrapolable al contexto mexicano, donde los esfuerzos de digitalización suelen estar limitados a ciertas dependencias federales, mientras que los gobiernos locales carecen de infraestructura, financiamiento y personal capacitado para adoptarlas. Este desequilibrio reproduce una forma de exclusión digital institucional que refuerza las brechas territoriales y sociales ya existentes.

La incorporación de inteligencia artificial (IA) en la administración pública, como lo señalan Huamán y Medina (2022), añade una capa de complejidad a la discusión sobre gobernanza digital. Estos autores advierten que la ambigüedad en la adopción de sistemas inteligentes puede conducir a decisiones opacas y poco controladas, especialmente cuando se carece de marcos regulatorios adecuados. En el caso de México, esta advertencia es crucial, dado que múltiples dependencias han comenzado a utilizar algoritmos para asignar recursos, gestionar expedientes o identificar riesgos, sin que exista una legislación clara sobre su funcionamiento, supervisión o rendición de cuentas. La gobernanza digital, en este contexto, corre el riesgo de convertirse en una “caja negra” que concentre poder sin mecanismos de escrutinio democrático.

Por ello, es indispensable avanzar hacia una gobernanza algorítmica con legitimidad democrática, como sugieren Muñiz y Franco (2022), quienes destacan que las plataformas digitales no solo distribuyen información, sino que también modelan comportamientos sociales, regulan flujos de datos y determinan quién accede a qué servicios. Estas plataformas, al operar bajo reglas privadas, están desplazando a los marcos regulatorios estatales y plantean un reto directo al modelo de gobernanza multinivel. En México, donde el Estado ha delegado a veces funciones estratégicas a plataformas tecnológicas privadas (como en el caso de los servicios financieros digitales o plataformas de movilidad), se hace urgente establecer límites claros al poder algorítmico y garantizar que las decisiones automatizadas respeten principios constitucionales.

El concepto de soberanía digital adquiere entonces un lugar central. Tal como lo plantea Cruz Romero (2018), para que la gobernanza digital sea efectiva y legítima, debe sustentarse en marcos normativos nacionales que permitan a cada nivel de gobierno ejercer control sobre sus infraestructuras y datos. Esta perspectiva es especialmente relevante en el contexto mexicano, donde los gobiernos locales dependen tecnológicamente del nivel federal o incluso de empresas extranjeras para gestionar sus sistemas. Romper con esta dependencia no implica aislarse digitalmente, sino diseñar plataformas soberanas e interoperables que respeten la autonomía municipal y estatal, promoviendo una gobernanza multinivel más equitativa.

Además, la participación ciudadana debe ocupar un rol protagónico en la construcción de una gobernanza digital robusta. Como afirman Valenzuela, Collantes y Durand (2020), la tecnificación de los procesos gubernamentales puede llevar a una desconexión con la ciudadanía si no se acompaña de mecanismos efectivos de inclusión digital. En el caso mexicano, aún existe una importante brecha de alfabetización digital, especialmente en zonas rurales e indígenas, lo que limita la capacidad de los ciudadanos para incidir en las decisiones públicas a través de medios digitales. En este sentido, la gobernanza tecnificada debe ir de la mano de políticas de inclusión digital y participación abierta, bajo el principio de que ningún ciudadano puede ser excluido del proceso democrático por su falta de acceso a tecnologías.

Finalmente, cabe señalar que la gobernanza digital no es una solución mágica a los problemas del modelo multinivel, pero sí representa una oportunidad estratégica para repensar las relaciones entre niveles de gobierno, sociedad civil y sector privado. Para que esta transformación sea efectiva, México debe avanzar hacia una legislación integral sobre gobernanza digital que articule estándares técnicos, principios éticos y mecanismos de fiscalización, y que considere la heterogeneidad territorial y cultural del país. La transición hacia una gobernanza tecnificada con enfoque multinivel no puede limitarse a la adopción de nuevas tecnologías, sino que debe construirse sobre una nueva cultura institucional que valore la transparencia, la equidad y la colaboración.

4.9 Conclusiones

La presente revisión sistemática permitió constatar que la gobernanza digital en México enfrenta desafíos estructurales que limitan su consolidación como estrategia efectiva para subsanar las brechas del modelo multinivel. A pesar de avances normativos y tecnológicos, persiste una marcada fragmentación institucional, especialmente entre los niveles federal, estatal y municipal. La falta de articulación entre agendas locales e internacionales, sumada a una baja capacidad técnica en muchos municipios, perpetúa la desigualdad territorial en el acceso a tecnologías, infraestructura y participación digital. Esta situación impide que la transformación digital opere como una verdadera palanca para mejorar la coordinación gubernamental, limitar la centralización del poder y ampliar la inclusión ciudadana.

Otro hallazgo relevante fue la identificación de los riesgos asociados al modelo tecnificado de gobernanza, donde el uso intensivo de plataformas digitales y algoritmos puede generar dinámicas de control, extractivismo de datos y vigilancia ciudadana. En este sentido, diversos autores coinciden en la necesidad de establecer marcos éticos robustos y regulaciones claras que limiten la concentración de poder en actores privados o estructuras centralizadas. La llamada “colonización algorítmica” y la manipulación emocional derivada de la hiperconectividad representan amenazas latentes a la soberanía digital y a la calidad democrática. Por tanto, la digitalización debe acompañarse de políticas públicas incluyentes, transparencia institucional y mecanismos participativos eficaces.

Finalmente, se resalta la importancia de transitar hacia modelos de gobernanza digital transformadora, sustentados en principios de equidad, accesibilidad, interoperabilidad y participación multiactor. Propuestas como el pacto digital global, la donación ética de datos y el fortalecimiento de capacidades locales ofrecen alternativas para una digitalización más justa y democrática. La evidencia sugiere que el éxito de estas estrategias dependerá de la voluntad política para asumir la transformación digital como política de Estado, integrando plataformas seguras, fomentando la cultura digital y consolidando liderazgos institucionales

capaces de garantizar el acceso equitativo a los beneficios de la tecnología. Solo así será posible reducir las brechas del marco de gobernanza multinivel en México.

4.9 Referencias

Alcudia, D, y A Venancio-Flores. 2024. «Aproximación a la gobernanza digital en Iberoamérica, 2023». *16 1* (365-392). <https://doi.org/10.12957/rdc.2024.82997>.

Alva, A. 2020. «Escenarios y desafíos de la ciudadanía digital en México». *Revista mexicana de ciencias políticas y sociales* 65 (238): 81-105. <https://doi.org/10.22201/fcpys.2448492xe.2020.238.68337>.

Arellano, M. 2020. «Las brechas digitales en México: un balance pertinente.» *El trimestre económico* 87 (346): 367-402. <https://doi.org/10.20430/ete.v87i346.974>.

Arencibia-Jorge, R, y M Peralta. 2020. «Recomendaciones sobre el uso de Scopus para el estudio de las Ciencias de la Información en América Latina.» *Iberoam J Sci Measur Comm* 1 (1).

Barros, A, T Campero, y P Cabello. 2016. «Estudio para una gobernanza digital en Chile». Santiago, Ministerio de Hacienda/Ministerio Secretaría General de la Presidencia. <https://www.alejandrobarrros.com/wp-content/uploads/2016/06/Informe-Final-Gobernanza-Digital.pdf>.

Cabello, P, J Celis, G Donoso, L Godoy, y M Claro. 2021. «Comparative review of policies, plans, programs and good practices in Latin America, for the integration of digital technologies in school education, leadership and digital governance». Chile: Centro de Investigaciones avanzada en educación universidad de Chile. <https://n9.cl/qj8gx>.

Calderón, P. 2024. «¿Quién “manda” en el espacio virtual en México? Soberanía, Democracia y Gobernanza Digital.» Northeastern University. <https://nul.repository.guildhe.ac.uk/id/eprint/1893/>.

Castro-Conde, C. 2010. «A vueltas con la gobernanza multinive». *Revista española de ciencia política* 22:119-33.

Celli, Duque, Fernández, Monsalvo, Pinzón, y Rodríguez. 2019. "Gobernanza multinivel de la agenda digital elac a nivel departamental en colombia". doctoral, colombia: universidad exterando de colombia. https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-103475_recurso_1.pdf.

Coria, S, y L Garcia-Garcia. 2022. «Digital divide among the States of Mexico: a comparison 2010-2020». *arxiv.org* 2. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.00073>.

Creswell, J, y V Clark. 2017. *Designing and conducting mixed methods research*. Sage publications.

Cruz, R. 2018. «Gobernanza digital: Un análisis de propuestas para Costa Rica.» *E-Ciencias de la Información* 8 (1): 101-18. <http://dx.doi.org/10.15517/eci.v8i1.29808>.

De la Mora Aguilera, R, y Collado. 2025. «La Gobernanza en la era digital: Retos y Problemas para su implementación en México.» *Espacios Públicos* 26 (64): 154-69. <https://doi.org/10.36677/espaciospublicos.v26i64.24954>.

Filgueiras, F. 2021. «Inteligencia Artificial en la administración pública: ambigüedad y elección de sistemas de IA y desafíos de gobernanza digital.» *Revista del CLAD Reforma y Democracia* 7 (9): 22. <https://doi.org/10.69733/clad.ryd.n79.a221>.

Gómez, C. 2024. «Inteligencia artificial y big data: nuevos paradigmas de la Comunicación Política y la Gobernanza Digital». *Revista Más Poder Local* 56 (9): 26. <https://doi.org/10.56151/maspoderlocal.214>.

Gómez-Álvarez, D, R Rajack, E López-Moreno, y G Lanfranchi. 2019. «Gobernanza Metropolitana: El gobierno de las metrópolis para el desarrollo

urbano sostenible». Washington: BID.
<https://re.public.polimi.it/bitstream/11311/1130304>.

Gómez-Núñez, A, B Vargas-Quesada, T Muñoz-Écija, y F Moya Anegón. 2013. «Visualización y análisis de la estructura de la base de datos Scopus.» *DIGITAL.CSIC Humanidades y Ciencias Sociales* 7 (2).
<http://hdl.handle.net/10261/100214>.

Graell, R. 2022. «Sistemas de información en la gobernanza digital de Panamá y sus desafíos post pandemia del COVID-19.» *Revista Científica Guacamaya* 7 (1): 73-88.

Gutiérrez, E. 2021. «Gobernanza híbrida digital y Capitalismo EdTech: la crisis del COVID-19 como amenaza.» *Foro de Educación* 19 (1): 105-33.
<https://doi.org/doi>: <http://dx.doi.org/10.14516/fde.860>.

Herrera, E. 2021. «Implementación de herramienta m-learning para el aprendizaje de adición de números enteros en tiempos de pandemia.» *Revista Universidad y Sociedad* 13 (6): 99-108.

Herrera, K, y J Gallardo. 2025. «Modelo de gobernanza digital para la participación ciudadana en una municipalidad de Piura.» *Revista InveCom* 5 (3).
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14484269>.

Huamán, C, y C Medina. 2022. «Transformación digital en la administración pública: desafíos para una gobernanza activa en el Perú.» *Comuni@cción* 13 (2): 93-105. <https://doi.org/10.33595/2226-1478.13.2.594>.

Juste, S, y F Rubiolo. 2023. «Litio y desarrollo en Argentina: los desafíos del sistema de gobernanza multinivel y el vínculo con China.» *Si Somos Americanos* 2 (3). <http://dx.doi.org/10.4067/s0719-09482023000100210>.

Katembwe, J. 2023. «Assessing the Technological Landscape: ICT Tools and Technologies for Citizen-Government Communication and Their Level of

Maturity». <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1820419&dswid=3325>.

Liesbet, H, y M Gary,. 2003. «Unraveling the central state, but how? Types of multi-level governance.» *American political science review*, 2, 97 (2): 233-43.

Loughlin, J. 2000. «Regional autonomy and state paradigm shifts in Western Europe.» *Regional & Federal Studies* 10 (2): 10-34. <https://doi.org/10.1080/13597560008421118>.

Lürén, D. 2022. «E-governance diffusion: COVID-19 as a critical juncture for developmental path dependency; the case of Mexico.» Lund University Libraries. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9096965>.

Marquina, L, y L Álvarez. 2021. «Multilevel governance in the integration of the automotive innovation and technology transfer consortia of Aguascalientes, Mexico.» *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento* 9 (23). <https://doi.org/DOI: 10.22201/enesl.20078064e.2021.23.79608>.

Merino, M. 2024. «Factores de éxito en la digitalización de los gobiernos locales de América Latina: Los casos de Ciudad de México, Buenos Aires y Santiago de Chile.» *Revista Contacto* 4 (2): 157-78. <https://doi.org/10.48204/contacto.v4n2.6680>.

Morata, F. 2004. *Gobernanza multinivel en la Unión Europea*. Tirant lo Blanch. <https://n9.cl/hjmv1>.

Moser-Plautz, B, y L Schmidhuber. 2023. «Digital government transformation as an organizational response to the COVID-19». *Government Information Quarterly* 40 (3): 101. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101815>.

Moura, J de. 2024. «Compliance Digital y Gobernanza: El Diálogo Interdisciplinario en la Era Digital.» *Juris Studia* 1 (2): 145-58. <https://doi.org/10.52428/30074320.v1i2.940>.

Muñoz, R. 2020. «Las TICS en la Administración pública. La inteligencia artificial ante una perspectiva de derechos* Por Ricardo Muñoz». *Editorial Astrea* 2 (4). https://perso.unifr.ch/derechopenal/assets/files/articulos/a_20200708_05.pdf.

Neuman, W. 2014. *Social research methods: Qualitative and quantitative approaches*. Pearson Education Inc.

Palma, W. 2024. «La gobernanza en la transformación digital». *CUNZAC: Revista Académica* 7 (1): 37-52. <https://doi.org/10.46780/cunzac.v7i1.115>.

Piattoni, S. 2010. «The theory of multi-level governance: Conceptual, empirical, and normative challenges.» *Oxford University Press, USA*. 7 (4).

Ramos, A. 2017. «Información y participación ciudadana en el contexto del gobierno abierto: las potencialidades de la biblioteca pública». *Biblios* 68 (34): 47.

Ramos, H. 2021. «La gobernanza multinivel en la gestión de servicios de información para la ciudadanía.» UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
https://ru.iibi.unam.mx/jspui/bitstream/IIBI_UNAM/174/1/02_07_brecha_investigacion_practica_Alejandro_Ramos.pdf.

Redondo, J. 2024. «El camino hacia una gobernanza digital global: Un nuevo pacto digital.» *Telos: Cuadernos de comunicación e innovación* 1 (25): 10-16.

Rodríguez, A. 2020. «La donación de datos como herramienta para la gobernanza digital.» *bie3: Boletín IEEE* 18:739-47.

Rosas-Ferrusca, F, J Calderón-Maya, y H Campos-Alanís. 2012. «Elementos conceptuales para el análisis de la gobernanza territorial.» *Revista de Estudios Territoriales* 14 (2): 113-35.

Sangama, E. 2024. «Transformación Digital en la Gobernabilidad de América Latina». *Universidad César Vallejo* 5 (5): 49. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2774>.

Santana, M, y P Jimbo-Santana. 2021. «Gobernanza digital: desarrollo de las tecnopolíticas en los países de América Latina: una revisión sistemática de la Literatura.» *Economía y Negocios* 12 (1): 51-56. <https://doi.org/10.29017/eyn.v12i1.907>.

Saura, G. 2020. «Filantropocapitalismo digital en educación: COVID-19, UNESCO, Google, Facebook y Microsoft». *Teknokultura: Revista de Cultura Digital y Movimientos Sociales* 17 (2): 159-68. <https://dx.doi.org/10.5209/TEKN.69547>.

Subirats, J. 2019. «Dilemas: gobierno multinivel, gobernanza en red y coproducción de políticas». Doctoral, Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. <https://n9.cl/ypqyp>.

Taylor, S, y J Bodgan. 1987. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación La búsqueda de significados*. Vol. 1.

Valdivia, N, y N Corpus. 2025. «Gobierno electrónico en México. ¿Cómo vamos después de la pandemia por covid-19?» *RC RENDICION DE CUENTAS*. <https://doi.org/10.32870/rc.vi5.86>.

Valenzuela, L, Z Collantes, y E Durand. 2020. «Sobre la gobernanza digital, política digital y educación.» *Revista eleuthera* 22 (2): 88-103. <https://doi.org/10.17151/eleu.2020.22.2.6>.

Verdugo, 2011. «Gobernanza urbana y utilización de tic. Indicadores la democracia local en méxico». Doctoral, México: Universidad Autónoma de Sinaloa, México. <https://old.voxlocalis.net/revistas/num44/doc/Mercedes%20Verdugo.pdf>.

Villalobos-Antúnez, J, J Guerrero-Lobo, A Martin-Fiorino, y J Ynfante. 2023. «Cultura digital y el régimen de la información: Gobernabilidad política en tiempos de crisis del sistema democrático». *TECHNO REVIEW. International Technology, Science and Society Review/Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad* 13 (4): 1-17. <https://doi.org/10.37467/revtechno.v13.4817>.

Wong, G, T Greenhalgh, G Westhorp, J Buckingham, y R Pawson. 2013.
«RAMESES publication standards: Meta-narrative reviews.» *Journal of Advanced
Nursing* 69 (5): 987-1004. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-20>.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES

La transformación digital se presenta como una herramienta crucial para la mejora de la gobernanza del agua en México, la integración de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el big data puede optimizar el uso del agua, reduciendo el desperdicio y mejorando la eficiencia en su gestión, sin embargo, esta tecnología debe ser implementada de manera cuidadosa y estratégica, considerando las particularidades de cada región y sector, la investigación ha evidenciado que, a pesar de la disposición de los actores involucrados para adoptar estas tecnologías, existen barreras significativas, como la falta de infraestructura, costos elevados y la necesidad urgente de capacitación y educación en el uso de herramientas digitales.

En cuanto a la gobernanza del agua, se ha encontrado que todavía persisten deficiencias estructurales en la gestión del recurso hídrico, las autoridades y los organismos gubernamentales deben trabajar en la construcción de un marco normativo más robusto que fomente la equidad en el acceso y uso del agua, así como en la promoción de una participación activa de las comunidades locales en la toma de decisiones, la implementación de un enfoque multisectorial y multinivel podría ser la clave para abordar la fragmentación institucional y la falta de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno.

Otro aspecto destacado en la investigación es la necesidad de políticas públicas que respalden la inversión en infraestructura tecnológica y programas de capacitación, en este sentido se recomienda que las autoridades implementen incentivos para facilitar la adopción de tecnologías de gestión del agua, equilibrando así las necesidades de desarrollo económico y uso sostenible del recurso, los actuales modelos de gobernanza deben evolucionar hacia un enfoque más inclusivo, donde la transparencia y la rendición de cuentas sean principios fundamentales que permitan a los ciudadanos confiar en las instituciones encargadas de la gestión del agua.

Asimismo, el estudio ha puesto de manifiesto la relevancia de ejemplos exitosos a nivel internacional, casos como el uso de sistemas de riego tecnificados en Singapur y la implementación de blockchain en California demuestran que es posible mejorar la gobernanza del agua a través de la innovación y la colaboración. México puede beneficiarse enormemente de adaptar estas experiencias a su contexto local, considerando las singularidades de su territorio y sus comunidades, en este sentido, es clave fomentar el aprendizaje a partir de experiencias exitosas, lo cual puede servir como modelo para la implementación de soluciones innovadoras en la gestión del agua.

La investigación también ha señalado la importancia de la educación y sensibilización en el uso eficiente del agua, los agricultores y ganaderos deben ser capacitados no solo en el uso de tecnologías digitales, sino también en prácticas sostenibles que promuevan la conservación del agua, las instituciones educativas y de investigación tienen un papel vital en esta tarea, formando a futuros líderes y profesionales que puedan enfrentar los retos que surgen en la gestión hídrica.

Finalmente, la intersección entre tecnología y gobernanza debe estar enmarcada en un contexto ético y social, es imprescindible establecer políticas que regulen el uso de datos en la gestión del agua, evitando situaciones de abuso o vulneración de derechos por parte de empresas o actores privados que busquen maximizar sus intereses a costa de la ciudadanía.