



Quivera. Revista de Estudios Territoriales

ISSN: 1405-8626

ISSN: 2594-102X

quivera@uaemex.mx

Universidad Autónoma del Estado de México

México

Cruz-Cervantes, Rosalía Ivonne; Adame-Martínez, Salvador  
**Fundamentación teórico referencial para la generación  
de un modelo de estrategias para la resiliencia hídrica**  
Quivera. Revista de Estudios Territoriales, vol. 23, núm. 2, 2021, Julio-, pp. 5-26  
Universidad Autónoma del Estado de México  
Toluca, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40168622001>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

**Artículos de investigación****Fundamentación teórico referencial para la generación de un modelo de estrategias para la resiliencia hídrica*****Theoretical Referential foundation for the generation of a model of strategies for water resilience***Rosalía Ivonne Cruz-Cervantes\*  
Salvador Adame-Martínez\*

Recibido: febrero 25 de 2021.

Aceptado: mayo 12 de 2021.

**Resumen**

El cambio o variabilidad climática es una realidad que afecta a todo el mundo; en México, especialmente, sus consecuencias se ven reflejadas en el recurso agua y en lo relacionado con su ciclo hidrológico. Este trabajo es una revisión teórico-referencial llevada a cabo para definir el rumbo de un modelo que genere estrategias para la resiliencia hídrica. Su objetivo fue contar con una fuerte base teórico-referencial que permitiera desarrollar el modelo. La metodología consistió en cinco puntos: la identificación del problema a abordar, la integración del análisis teórico-conceptual, la revisión de literatura relacionada con el cambio climático y el agua y con la resiliencia hídrica, y la definición del concepto teórico y el modelo en sus dimensiones. Los resultados obtenidos son: el ciclo de Holling como una teoría que sustenta la propuesta, la base teórica para el desarrollo del modelo y, principalmente, el modelo mismo y su subdivisión por dimensión. Asimismo, a partir de la revisión referencial, se identificó como hallazgo a los humedales artificiales, los cuales pueden ser utilizados en cualquier clima y tipo de asentamiento y funcionar como estrategia sustentable para el tratamiento de agua y conseguir una mejora en la resiliencia hídrica. Se concluye que esta revisión teórico referencial permitió obtener los datos requeridos para el desarrollo del modelo y la definición de sus dimensiones.

**Palabras clave:** cambio climático, agua, sustentabilidad, resiliencia.**Abstract**

Climate change or variability is a reality that affects everyone, especially in Mexico; its consequences are reflected in the water resource and what has to do with its hydrological cycle. This work is a theoretical-referential review that was carried out to define the direction of a model for the generation of strategies for water resilience. The objective of the work was to count a strong theoretical-referential base that allowed the development of this model. The methodology consisted of five points, which were the identification of the problems to be addressed; the integration of theoretical-conceptual analysis; the review of literature related to climate change and water, and with water resilience, finally, the definition of the theoretical concept and the model in its dimensions. As results were obtained to the Holling cycle as a theory that supports the proposal, the theoretical basis for the development of the model and mainly the model itself and its subdivision by dimension. Likewise, from the referential review, artificial wetlands were identified as a finding, which can be used in any climate and type of settlement and function as a sustainable strategy for water treatment and an improvement in water resilience. It is concluded that this referential theoretical review allowed to obtain the data required for the development of the model and the definition of its dimensions.

**Keywords:** climate change, water, sustainability, resilience.

\*Universidad Autónoma del Estado de México, México. Correos electrónicos: arq\_rcruz@live.com, adame\_ms@yahoo.com

## Introducción

El agua, recurso natural, es vital para la vida humana y el desarrollo de sus actividades. En este caso de estudio, se encontró que el problema hídrico es crítico y se debe a diversas situaciones; una de ellas es la variabilidad climática, también denominada cambio climático.

En México, más de la mitad del país son áreas áridas o semiáridas (Flores, 2011), aunado al carente tratamiento, a la contaminación de lagos y lagunas, a la escasez de agua potable en ciudades, a la sobreexplotación de mantos acuíferos, por lo cual el agua demanda una imprescindible atención efectiva en el país.

La variabilidad climática se observa en diferentes sectores económicos; por ello, en la Cumbre para el Desarrollo Sostenible de 2015, bajo las dimensiones de la sustentabilidad, se aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que incluye 17 objetivos con 169 metas integradas e indivisibles, los cuales, desde diferentes rubros, buscan direccionar a los países. Destacan el 6, el 11 y el 13, ya que garantizan agua limpia y su saneamiento, que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles; así como la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (ONU, 2015a). En este sentido, este trabajo realiza una propuesta que pretende intervenir en estos objetivos.

De igual forma, en la World Conference on Disaster Risk Reducción (Conferencia Mundial sobre la reducción de desastres), realizada en 2015 en Japón, se adoptó la Declaración y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, donde se establecieron formas de prepararse mejor frenar el impacto de los desastres y un marco de respuesta global actualizado. Se enfatizan cuatro aspectos: comprender el riesgo de desastres, fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionarlo, invertir en su reducción para aumentar la resiliencia, y mejorar la preparación para casos de desastre para una respuesta eficaz y “reconstruir mejor” en recuperación, rehabilitación y reconstrucción (Teja, 2015).

Por otra parte, ese mismo año en París, la COP 21 invitó a los países a formular y a presentar para 2020 estrategias de desarrollo a largo plazo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. El Acuerdo de París proporciona un marco para el apoyo financiero, técnico y de creación de capacidad a los países que lo necesitan. Como principal objetivo, se planteó mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con relación a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C con respecto a los niveles preindustriales, lo cual reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático. Asimismo, se planteó aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero (ONU, 2015b).

## Metodología

Este trabajo busca intervenir en la actual necesidad de las ciudades en relación a la resiliencia urbana e hídrica, para lo cual, los pasos desarrollados a partir de un método inductivo fueron los siguientes:

1. Integración de la descripción teórico-conceptual.
2. Revisión de literatura relacionada con el cambio climático y el agua.
3. Análisis de literatura sobre resiliencia hídrica.
4. Definición de una base conceptual y teórica para el modelo.
5. Establecimiento de las dimensiones generales del modelo y su desglose.

En primer lugar, se llevó a cabo la integración de la terminología requerida para la compresión del trabajo, como: cambio climático, sustentabilidad y resiliencia. Asimismo, se identificó el problema derivado del cambio climático en los sistemas socio-ecológicos, principalmente en lo relacionado al recurso agua. Después, se reconoció el ciclo de Holling como la base teórica, el cual habla del ciclo adaptativo de los sistemas socio-ecológicos, que es el escenario en donde se manifiesta nuestro problema reconocido como el estrés hídrico presente y futuro en las ciudades o asentamientos humanos derivado del cambio climático.

Posteriormente, se buscó literatura exhaustiva de investigaciones sobre el cambio climático y la resiliencia hídrica, a fin de identificar las dimensiones para el modelo propuesto y el posible alcance.

Por último, el seguimiento de estos pasos permitió el reconocimiento de la base teórico referencial para una futura propuesta de un modelo que genere estrategias sustentables para la resiliencia hídrica. Enseguida se muestra el desarrollo de los pasos anteriores.

### *Cambio climático*

El cambio climático es un suceso que representa la mayor amenaza ambiental para la humanidad y toda la vida en el planeta actualmente. La WWF (2018) señala que ha traído consigo adversidades que pueden haber surgido a partir de los cambios en la composición o comportamiento del clima terrestre, modificado por causas antrópicas y naturales.

En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el cambio climático se definió como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (Naciones Unidas, 1992: 3).

Por su parte, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) define al cambio climático como aquella variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo (IPCC, 2013:188).

De acuerdo con Duarte (2006), es un conjunto de cambios ambientales derivados de la actividad humana, con especial énfasis en los cambios en los procesos del funcionamiento del sistema biosfera; asimismo, considera al cambio climático derivado de este cambio global y establece que “se refiere al efecto de la actividad humana sobre el sistema climático global, que siendo consecuencia del cambio global afecta, a su vez, a otros procesos fundamentales del funcionamiento del sistema Tierra” (Duarte, 2006: 23).

Se puede observar que el cambio climático es aún una terminología en disputa; diversos autores plantean denominarlo cambio global, cambio climático o simplemente variabilidad climática. Algunas otras fuentes discuten si en verdad es tan significativa la actividad humana como para agilizar el cambio global que se produce en el clima y que ha sucedido en el planeta. Por tanto, para fines de este trabajo, se considera el término *cambio climático global* (CCG) como más adecuado, pues el clima es el factor primordial de este cambio que está sucediendo en todo el mundo.

#### *Complicaciones tangibles: consecuencias del cambio climático en el agua*

El agua es un recurso afectado en su ciclo y en la variabilidad en la que se encuentra en la tierra; el cambio de la temperatura afecta al agua y esto impacta y hace que se modifiquen los ecosistemas (Duarte, 2006). Esto se ha convertido en un problema actual para la vida y el desarrollo de los sistemas socio-ecológicos en el planeta. En este sentido, este trabajo presenta una base para el planteamiento de posibles estrategias.

Una gran cantidad de problemas, como la sequía y el aumento del nivel medio del mar, se relacionan con el agua y el cambio climático, y derivan en dificultades secundarias, como la desertificación del suelo y la afectación principal en las actividades: agricultura, salud y transporte (Zarza, 2017).

Distintos factores antrópicos como el crecimiento de la población, la migración, el desarrollo económico, la urbanización y la desigualdad son causa, en su mayoría, del estado del agua y al mismo tiempo son directamente afectados por la carencia de agua en el planeta (Noticias ONU, 2020). De aquí deriva la interrelación en un sistema socio-ecológico como son reconocidos los asentamientos humanos.

La realidad muestra que pocas ciudades están preparadas para responder y sobresalir de estas consecuencias climáticas que las atañen, sobre todo en los países en desarrollo. Los impactos negativos asociados al crecimiento urbano son de mayor magnitud debido, entre otros, a las condiciones socio-económicas de los gobiernos y de la población (poca inversión y planeación); se observa una variable directamente proporcional entre crecimiento urbano y consumo de recursos ambientales (Navarrete-Peñuela, 2017).

Se considera que transitar a una sustentabilidad urbana contribuiría a esta situación, ya que la urbanización y los métodos tradicionales para la conservación ambiental y el cuidado del agua tienen un manejo de recursos bastante endeble y, junto con los cambios climáticos, se acentúa más la carencia de los recursos como el agua. Se requiere de ciudades que sean más resilientes y puedan sobrellevar, reponerse y ayudar a mitigar el cambio climático.

#### *Alternativas: resiliencia y sustentabilidad*

*Resiliencia.* En términos urbano-ambientales, este trabajo considera que aquello que es resiliente y que puede reponerse ante situaciones adversas y a cambios también es sustentable; es decir, puede mantenerse activo o funcionando en el tiempo por sí mismo sin afectar al medio en el que se encuentra o que compone, sino manteniendo un equilibrio y recuperándose como un sistema.

El urbanismo y las ciencias ambientales han adaptado el término de resiliencia con el adjetivo “urbana” para referirse a la presencia de esta cualidad en las ciudades o zonas urbanas.

Una ciudad resiliente es aquella que evalúa, planea y actúa para preparar y responder a todo tipo de obstáculos, ya sean repentinos o lentos de origen, esperados o inesperados. De esta forma, las ciudades están mejor preparadas para proteger y mejorar la vida de sus habitantes, para asegurar avances en el desarrollo, para fomentar un entorno en el cual se pueda invertir, y promover el cambio positivo (ONU HABITAT, 2018).

Dentro de la conceptualización de la resiliencia urbana es ineludible esclarecer el término desastre, el cual se refiere principalmente a cualquier evento capaz de causar daños graves en la salud de la población o la muerte; también ocasiona daños físicos en los bienes, infraestructuras o en los sistemas urbanos y naturales de manera grave o repetida. Un desastre puede ser de origen natural, tecnológico, social o político; con frecuencia, al suceder uno, se ven involucrados varios de éstos.

La resiliencia se considera la respuesta inminente ante un desastre, por ello depende de qué tan preparada esté una sociedad para recuperarse anticipadamente; la velocidad de reacción resulta importante al momento de reaccionar (ONU HABITAT, 2016).

En este sentido, en la *Guía de resiliencia urbana*, desarrollada por ONU HABITAT (2016), consideran cuatro dimensiones de la resiliencia urbana: espacial; organizativa; física y funcional; y de tiempo.

La espacial se refiere a la definición geográfica y a las escalas territoriales y administrativas con las que el desastre podría tener influencia. La organizativa alude a los actores o agentes que estarían involucrados en los planes de acción, ya sean activos o pasivos y locales, estatales o nacionales. La dimensión física y funcional concierne a la identificación de las condiciones de infraestructura o servicios presentes en la ciudad o población(es) involucrada(s), su continuidad de funcionamiento y la presencia en el caso de sobredemanda por desastre; y la dimensión de tiempo considera la medición e del suceso en todos los periodos implicados.

Estas dimensiones permiten, además, realizar un diagnóstico de la ciudad a analizar e intervenir y, posteriormente, identifican las necesidades de la región para plantear un plan de acción; en este caso, el modelo urbano para la resiliencia hídrica. Se trata de una nueva perspectiva de la resiliencia revalorada en sentido de la intervención humana, su ingenio y a su capacidad tecnológica y previsora (Aurrekoetxea, 2018).

La resiliencia hídrica sería entonces comprendida como la capacidad del recurso hídrico que está en las ciudades de responder y reponerse ante sucesos de estrés o de cambios bruscos en su estado a partir de herramientas otorgadas por las personas, a partir de su uso adecuado, el cuidado de sus fuentes, su tratamiento, su accesibilidad, su adecuada infraestructura y otros sistemas de apoyo que permitan garantizar su presencia y calidad para un uso presente y futuro.

*Sustentabilidad.* El apogeo del término de *sustentabilidad* (usado comúnmente como sinónimo de *sostenibilidad*) se atribuye posterior al establecimiento del concepto de *desarrollo sostenible*, dado en la Asamblea General en 1987, donde se dio a conocer el informe generado para la ONU, titulado “Nuestro Futuro Común”, el cual es más conocido como Informe Brundtland, debido a que Gro Harlem Brundtland presidió la Comisión. El desarrollo sostenible fue definido como aquel “desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Naciones Unidas México, 2017).

Actualmente, existen definiciones que han sido desarrolladas para esclarecer los términos de sostenible y de sustentabilidad; para este trabajo, ambos se consideran con el mismo significado, pero se adopta el de sustentabilidad.

Para Sánchez (2013), entre otros autores, la sustentabilidad es aquello “referido a un estado o sistema al que se le añade la necesidad de mantenerlo, que se lo esté alimentando o suministrando los medios de sobrevivencia y de persistencia, permitiéndole extender su acción en el tiempo y en el espacio, contribuyendo a satisfacer las necesidades de los seres humanos y del planeta” (Sánchez, 2013: 92).

La palabra “sustentable” se usa cuando se afirma que algún sujeto determinado se sostiene por sus propios medios indefinidamente y puede venir acompañado del prefijo *auto*, el cual hace una referencia a que se mantiene de una forma autónoma.

En la actualidad, aún se considera que la sustentabilidad se conforma de tres dimensiones: social, económica y ambiental, y ecológica, las cuales deberán estar presentes y equilibradamente interrelacionadas para dar paso a la sostenibilidad; éstas fueron mencionadas en el Informe de 1987 y reafirmadas en la Declaración de Río Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en 1992, que se conoce como Segunda Cumbre de la Tierra. Afirman que entre las tres dimensiones o partes deberá haber una coherencia, es decir, ser social y ecológicamente soportable, ecológica y económicamente viable y económica, y socialmente equitativo. En 2002, se realizó la tercera Cumbre de la Tierra en Johannesburgo, y, en 2012, se llevó a cabo la cuarta y última Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (Calvente, 2007).

*Sustentabilidad urbana.* Involucra aquel funcionamiento de las ciudades que trabaja en congruencia con el medio ambiente y los recursos que de éste provienen. De tal forma que siguen en funcionamiento, pero evitando en lo posible dañar el sistema natural e intervenir en menor cantidad en los ciclos naturales a través del tiempo. La sustentabilidad urbana es definida como:

la capacidad de un asentamiento de proporcionar en forma duradera y eficiente la energía y los recursos para cumplir con los objetivos que en el subsistema social (bienestar social), espacio físico urbano (calidad físico espacial), económico (productividad) y ecológico (preservación ecológica), que requerirán las generaciones presentes y futuras que habitarán la ciudad (López, 2004: 8).

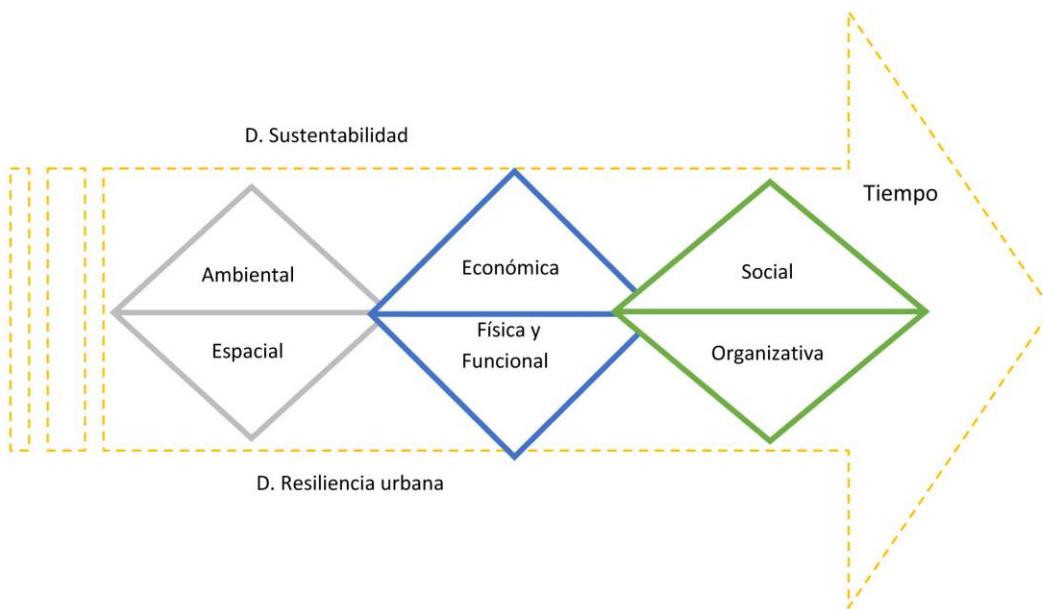
La sustentabilidad urbana engloba las dimensiones de ambiente, economía y sociedad en las ciudades, por lo cual una ciudad sustentable debería contar con sistemas que garanticen el adecuado manejo y conservación de los recursos con costos coherentes o mínimos y que sea accesible para todos en el presente y en el futuro.

En este sentido, en el recurso agua se basan las actividades y economías de los asentamientos humanos, independientemente si son urbanos o rurales, pues garantiza la supervivencia del hombre y la vida en el planeta, y, lamentablemente, es el recurso más afectado y modificado por las alteraciones de temperaturas derivadas del cambio climático.

En relación con el cambio climático, acorde al concepto de la sustentabilidad urbana, se podrían incorporar aspectos específicos para responder ante el agravante problema; por ejemplo, UN WATER (2019) plantea dos aspectos para mitigar el cambio climático, basados en la tecnología, a fin de reducir las emisiones de la infraestructura que tenga que ver con el manejo hídrico. El objetivo es mantener y conservar este recurso para su uso a un menor costo sin afectar el medio ambiente.

Al analizar las dimensiones de la resiliencia urbana y de la sustentabilidad, se identificó que existe también una relación entre ellas, la cual se representa en la figura 1:

Figura 1. Similitud entre dimensiones de la sustentabilidad y la resiliencia



Fuente: elaboración propia.

Como hallazgo, se identificó una concordancia entre las dimensiones; la espacial y la ambiental se refieren a las cuestiones sobre el entorno; la económica y la física-funcional aluden a las cuestiones materiales concebidas del aspecto monetario; la social y organizativa involucra a las personas o a los recursos humanos de los que se valen o los cuales se involucran. Todas ellas, a su vez, están inmersas en la dimensión tiempo que es donde se desarrollan y cambian.

Entonces, este trabajo considera que aquello que es resiliente y que puede reponerse ante situaciones adversas y de cambio es también sustentable, es decir que puede mantenerse activo o funcionando en el tiempo por sí mismo sin afectar al medio en el que se encuentra o que compone, sino manteniendo un equilibrio y recuperándose como un sistema.

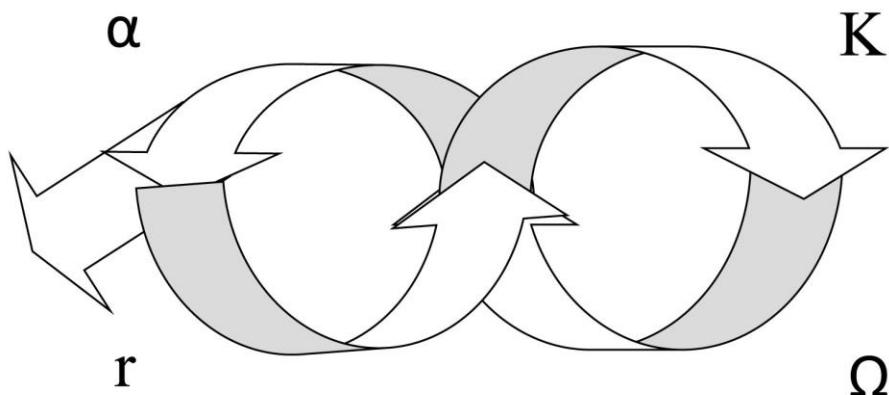
#### *Teoría: Ciclo adaptativo de sistemas socio-ecológicos*

Los resultados futuros son inseguros y no se tiene el control suficiente hasta el momento de enfrentar al cambio climático, por lo que la adaptación a éste es importante, aunque indudablemente debe acompañarse de la mitigación. Holling plantea un ciclo adaptativo, el cual incluye

cuatro fases que ocurren de manera común en los procesos de cambio de los sistemas complejos como resultado de su dinámica interna e influencia externa: crecimiento, conservación, liberación o destrucción creativa y reorganización. Muchos sistemas se mueven en estas cuatro fases, descritas como ciclo adaptativo, incluyendo los ecosistemas, sistemas sociales, sistemas institucionales y sistemas socio-ecológicos (Castillo y Velázquez, 2015).

La ciudad y las comunidades son concebidas como un sistema complejo socio-ecológico compuesto de estos dos subsistemas, la sociedad y el sistema ecológico. Estas poblaciones interactúan y dependen constantemente uno del otro, de tal modo que existe una realimentación mutua, aunque en la mayoría de los casos desequilibrada por la acción de la sobreexplotación de recursos por el hombre. Respecto a los ciclos adaptativos y de resiliencia, la secuencia de los sucesos dentro de este sistema se muestra en la figura 2:

**Figura 2. El ciclo adaptativo de Holling**



Fuente: elaboración propia con base en Holling y Gunderson (2002).

Donde:

**r** = Fase 1. De crecimiento y de disponibilidad de recursos, acumulación y alta resistencia.

**K** = Fase 2. De ralentización de la red, el sistema se vuelve más interconectado, menos flexible y más vulnerable a perturbaciones externas.

Fase 1 y 2 se refieren al desarrollo y conservación de los ecosistemas y sociedades.

**Ω** = Fase 3. De liberación: es un lanzamiento de situaciones o los recursos detenidos o acumulados por el sistema.

**α** = Fase 4. De reorganización: se refiere a la innovación y reestructuración del sistema; en este caso, de la sociedad y del sistema ecológico.

Fase 3 y 4 representan soltura del sistema y su reestructuración para un nuevo comienzo.

Se considera que los sistemas ecológicos en sus dinámicas y estructuras son similares a los sistemas sociales en su adaptación y renovación de ciclos en movimiento a través de un proceso de crecimiento, conservación, liberación y reorganización. De esta manera, con base en la afirmación de Holling y Gunderson (2002), el ciclo adaptativo hace referencia a una secuencia de sucesos que de forma predecible en un sistema socio-ecológico se repetirá con sus variaciones y ajustes de posible mejora o falla.

A partir de esta afirmación, se puede predecir que, al pertenecer y servir a un sistema socio-ecológico, la estrategia sustentable y basada en la naturaleza tendría este mismo comportamiento. Por tanto, sería posible mantener y contribuir a un ciclo donde se integrará con la comunidad y permitiera la resiliencia y la adaptación constante en el lugar. En este caso, una adecuada intervención directa en la fase  $\alpha$  o 3 garantizaría esta estabilidad y consistencia del sistema, lo cual es el objetivo principal de este trabajo.

Aunque Pendall, *et al.* (2007) hablan de la interrelación de los sistemas sociales y naturales, existe una relación entre sus diferentes escalas; para esta investigación, se hace mención en la escala última; es decir, la localidad, pequeña ciudad, población o comunidad.

#### *Revisión referencial: estudios relacionados con el cambio climático y el agua en las ciudades y resiliencia hídrica*

Se muestra una recopilación de estudios de los cuales se identificaron sus características representativas y sus propuestas respecto al cambio climático y al agua en las ciudades.

#### *Estudios internacionales referentes al cambio climático y agua en las ciudades*

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2020) realizó un informe en el que aborda la seguridad del agua en el contexto del cambio climático, el cual sugiere que sería necesario crear un entorno adecuado donde puedan producirse cambios efectivos dirigidos hacia propuestas factibles y asequibles. Se centra en los retos y en las respuestas al cambio climático relacionados con la mejora de la resiliencia (adaptación y mitigación), los cuales pueden abordarse con la optimización de la gestión de los recursos hídricos, aminorando los riesgos y mejorando el acceso al suministro de agua y al saneamiento para todos de una forma sostenible.

Como conclusión, el manejo adecuado del agua puede desempeñar un papel muy importante en la mitigación del cambio climático. Como se describe en este informe, las injerencias en el manejo, la protección y el cuidado del agua y otras soluciones basadas en la naturaleza pueden ayudar a capturar carbono en biomasa y suelos. Por otra parte, afirma que un tratamiento regenerado del agua residual puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y producir biogás para su posterior uso.

Por otra parte, Sánchez (2013) diagnostica y reflexiona sobre las políticas globales de mitigación y los efectos del diseño urbano, así como de las políticas locales de gestión para mejorar la calidad de vida de los habitantes de las ciudades y reducir los efectos de la urbanización sobre el clima. Asimismo, identifica la probabilidad de áreas afectadas por mayor frecuencia de sequías y principales impactos, como escasez de agua para los asentamientos, la industria y las sociedades; reducción del potencial de energía hidroeléctrica; causa de mitigaciones humanas. Considera el impacto del aumento de la demanda de agua y las diferentes afectaciones a la sociedad por el cambio climático y su abordaje a partir de las políticas públicas y el marco normativo de los países.

Fernández, González y Molina (2011) muestran elementos de reflexión sobre cómo está llegando la información relativa al cambio climático a un sector de la población española concreto, como los universitarios que cursan disciplinas de ciencias o bien se forman para ser futuros docentes. Ambos colectivos deberían ser bastante sensibles a las cuestiones ambientales debido al importante papel social que desarrollarán, ya sea como científicos o como docentes. Mencionan también que el cambio climático es conocido por la mayoría de la muestra de universitarios estudiados, coincidiendo con estudios previos que inciden sobre otros sectores de la población. Consideran el origen de este fenómeno como antrópico; idea que concuerda con la definición de Cambio climático acuñada en 1991 durante la Convención Marco de la Naciones Unidas, donde se atribuyó directa o indirectamente a la actividad humana.

En el estudio de las Naciones Unidas (Noticias ONU, 2020) destaca la opción del desarrollo de soluciones basadas en la naturaleza a fin de reducir considerablemente, entre otras cosas, el gasto energético derivado del uso de sistemas para la gestión y el tratamiento de aguas residuales. Algunos estudios sobre cambio climático cuentan con un análisis amplio del tema y su implicación en distintos sectores; otras investigaciones son específicas sobre el agua a raíz del cambio climático global.

#### *Estudios nacionales sobre cambio climático global y agua en ciudades*

Los estudios nacionales examinados se describen a continuación; permitieron identificar el nivel de conocimiento sobre el tema con el que se cuenta en el país y el tipo de propuestas realizadas al respecto.

Soto y Herrera (2009) desarrollaron un trabajo cuyo objetivo fue evaluar las repercusiones posibles que el cambio climático puede ocasionar en los recursos hídricos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). A partir de los resultados obtenidos, se pronostica, con una confiabilidad alta, que la demanda de agua aumentará, procedente del incremento de la temperatura promedio en el Valle de México, lo cual puede generar reducción en la disponibilidad, que en este momento ya presentan diversas delegaciones. Esto conllevaría, sobre todo en la época de caudal mínimo, a realizar recortes constantes y por largos períodos del servicio. Prevén que el cambio climático traerá consigo

nuevos costes derivados de la ampliación en la demanda de agua y asociados a la infraestructura de drenaje, y sugieren concebir una gestión integrada del recurso hídrico, con una perspectiva equilibrada de las estrategias a partir de técnicas que optimicen y aseguren la oferta y la demanda de la mejor manera posible.

De acuerdo con Delgado (2014), hay un uso energético importante en transporte y gestión del agua, por lo cual debería planificarse, ser eficiente y valerse de energía renovable para su funcionamiento. Las aguas residuales en su mayor parte no son tratadas en la Ciudad de México, por lo que se requiere implementar acciones crecientes en dicho rubro. Concluye que la generación de nuevos ideales para el manejo sostenible del agua y para su implementación inmediata o futura exige una organización y desarrollo certero en donde se involucren todas las organizaciones, tanto civiles como gubernamentales y no gubernamentales del lugar a gestionar. La transición es posible, aunque indisputablemente lenta debido al actual manejo del agua, pues se usa un sistema convencional y antiguo. Por ello, la gestión ciudadana –más allá de la participación ciudadana– debe defender de modo permanente la garantía del derecho humano al agua.

En el estudio de PNUMA y GEF (2019) se parte de un análisis integral (cuantitativo y cualitativo) de los municipios para diagnosticar los peligros actuales ante eventos naturales, el grado de exposición de sus habitantes, de los ecosistemas y las actividades productivas; también se identifica e integra la sensibilidad socioeconómica y la valoración ecosistémica, así como las capacidades locales de adaptación para determinar el nivel de vulnerabilidad actual.

Consideran que la evaluación de la vulnerabilidad ante el cambio climático se puede plantear a partir de la vulnerabilidad actual, de tal manera que la adaptación a las amenazas presentes sea la tarea más inmediata. Obtuvieron la evaluación y resultados de los peligros ante eventos climáticos: derrumbes, deslizamientos y deslaves, inundación, erosión, y la frecuencia de intensidad de sequías en Xalapa y Tlalnelhuayocan. También consiguieron datos sobre la sensibilidad socioeconómica y capacidad adaptativa basada en ecosistemas, como la identificación de áreas relevantes en la provisión de servicios ambientales y la provisión superficial del agua.

Es un proyecto de tipo internacional que se lleva a cabo en conjunto con los gobiernos locales; pretende incorporar un humedal en la localidad para el tratamiento. Por tal motivo, se analiza la efectividad de los humedales artificiales como herramienta para el cuidado, el tratamiento y la conservación del agua en este trabajo.

De todos estos trabajos derivan las perspectivas que mencionan la intervención a partir de fomentar a la resiliencia hídrica como principal característica para la respuesta de las ciudades ante el problema ambiental pronosticado.

*Estudios sobre resiliencia hídrica*

La finalidad es conocer qué propuestas específicas se realizaron para lograr la resiliencia en cada ciudad abordada; se analiza tanto nacional como internacionalmente.

*Estudios nacionales relacionados a la resiliencia hídrica*

El Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALC, 2019) desarrolló un trabajo que tiene como objetivo generar resiliencia en dos ciudades de la Cuenca del Río La Villa del Arco Seco de Panamá, hacia los efectos derivados del cambio climático en los recursos hídricos. Sus cuatro puntos principales son:

Identificar los riesgos presentes y futuros asociados a la oferta y demanda de agua frente a la variabilidad del clima y al cambio climático en las ciudades de Chitré y La Villa de Los Santos. Evaluar la viabilidad de las inversiones en infraestructura de agua y diseñar los mecanismos financieros innovadores de proyectos de resiliencia hídrica. Formular planes municipales que contribuyan a la resiliencia de la seguridad hídrica de las ciudades de Chitré y La Villa de Los Santos, permitiendo de esta manera la formulación de políticas para la reducción de la vulnerabilidad frente a las amenazas del cambio climático (CATHALC, 2019: 37).

Este estudio pretende ser tomado como referencia, pero aún no se ha demostrado su efectividad y no hace énfasis en el uso de infraestructura que disminuya el impacto ambiental.

Por su parte, el City Water Resilience Approach (Enfoque de resiliencia del agua de la ciudad) de CWRA Project Team (2019) se desarrolló con el objetivo de ayudar a las ciudades a conseguir recursos hídricos más seguros y a proteger a los ciudadanos y los bienes frente a las perturbaciones y tensiones relacionadas con el agua. Pretende ayudar a las ciudades a aumentar su capacidad de proporcionar recursos hídricos de calidad para todos, protegerlos de los peligros relacionados con el agua, y conectarlos a través redes de transporte para el agua (“proporcionar, proteger, conectar”).

Asimismo, proporciona un enfoque robusto basado en evidencias de la evaluación de la resiliencia y el desarrollo de un plan de acción. Con base en las cuatro dimensiones (liderazgo y estrategia, planeación y financiación, infraestructura y sistemas, y salud y bienestar), se propone el plan de acción de la ciudad, de la cual previamente se habrá de recopilar los antecedentes, analizar y evaluar, así como su resiliencia e identificación de interesados en el plan y el establecimiento de prioridades. Se propone una medición y seguimiento del plan de acción y posibles cambios del contexto. Depende de cada ciudad el abordaje específico.

De aquí se derivan propuestas particulares, como el London City Resilience Strategy (Mayor of London, 2020), cuyo objetivo es la resiliencia de la ciudad, al considerar los riesgos inmediatos y una gama más amplia de choques y tensiones para determinar la mejor manera de responder a ellos. Propone intervenir mediante las siguientes acciones propuestas:

- A2. Gestionar el calor extremo, establecer una red de puntos fríos para ayudar a los londinenses con las temperaturas durante las olas de calor de verano.
- A3. Usar agua sustentablemente, promover formas de reducir el desperdicio de agua.
- B1. Mejorar los sistemas hídricos subyacentes de Londres para aumentar el reciclaje de agua.
- B5. Innovación de uso de datos para infraestructura.
- B6. Infraestructura resiliente y cero carbonos; identificar los pasos para su alcance.
- B7. Viviendas y edificios resilientes y seguros; transformar nuestras viviendas existentes para priorizar la seguridad.
- B8. Negocios resilientes; comprenderlos y promoverlos.
- C1. Desarrollar una gobernanza ágil para apoyar la adaptación, políticas inclusivas y sostenibles.
- C2. Ampliar el modelo ágil de gobernanza de la ciudad para el enfoque de la resiliencia.
- C4. Abordar el riesgo a largo plazo.
- C5. Cuantificar costo de la distracción.
- C6. Usar previsiones para mejorar resiliencia.
- C7. Prepararse para una sociedad sin efectivo.

El Equipo Buenos Aires Resiliente (2018) sugiere trabajar a partir de tres fases: diagnóstico, desarrollo e implementación en la ciudad de iniciativas determinadas en la estrategia. Parte de los siguientes ejes transversales: participación ciudadana, datos y tecnología y visión metropolitana. La Estrategia de Resiliencia de Buenos Aires se divide en cinco pilares: diversidad, innovación, ambiente, integración social y seguridad, y gestión. Específicamente, los pilares 3, 4 y 5 hacen una intervención directa en relación con el agua; a saber:

3. Ambiente y sustentabilidad.
  - 3.1. Desarrollar un sistema integrado de infraestructura verde.
  - 3.2. Promover la sustentabilidad energética de la Ciudad.
  - 3.3. Implementar una política de gestión integral de residuos.
4. Integración social y urbana.
  - 4.1. Mejorar el acceso a viviendas de calidad para todos los vecinos de la ciudad.

- 4.2. Promover la movilidad sostenible y la intermodalidad metropolitana.
- 4.3. Diseñar una ciudad para las personas que promueva la convivencia y el disfrute.
5. Seguridad y gestión de riesgos.
  - 5.1. Promover una ciudadanía informada, preparada y consciente frente a sus desafíos.
  - 5.2. Preparar a la ciudad para hacer frente a los impactos del cambio climático.
    - 5.2.1. Plan hidráulico.
  - 5.3. Potenciar la innovación y la tecnología para construir espacios más seguros.

El proyecto Sydney resiliente, del Metropolitan Councils of Sydney (2018) pretende direccionar hacia una ciudad próspera, de comunidades conectadas y cohesionadas, con la resiliencia en su corazón. Las conexiones y las colaboraciones serán fuertes dentro y entre los gobiernos, las empresas y las comunidades a partir de cinco líneas de abordaje, de las cuales se destacan:

Dirección 2. bajar el objetivo de calor 2 grados Celsius. La gente debe tener acceso a un aire y agua limpios, ambiente y tecnología adaptativa a través de la ciudad para un confort climático seguro, conexiones de la ciudad y salud.

Dirección 3. Reducción del calor en las zonas urbanas -política y acción para enfriar hogares y calles. Colaboración para hacer frente a nuestro mayor impacto en las zonas más calientes de nuestra ciudad. Apoyar a un ciclo del agua más flexible y resiliente.

De los estudios anteriores, el primero menciona una intervención basada en la evaluación de la viabilidad y un posterior diseño de un plan municipal para la intervención, por lo que puede considerar una propuesta de tipo político-administrativa más cerca del nivel estudio que de un nivel de implementación e integración social.

La mayoría de los ejemplos descritos forman parte del programa 100 ciudades resilientes, creado en 2013 por la fundación Rockefeller, el cual se dedica a ayudar a las ciudades de todo el mundo a ser más resistentes a los desafíos físicos, sociales y económicos. En su definición de resiliencia no sólo incluye los shocks, sino también las tensiones que debilitan el tejido de una ciudad de forma cotidiana o cíclica. Estos trabajos tienen un abordaje general de la resiliencia en el que el tema del agua es un subtema interrelacionado con los otros para su logro.

### *Estudios nacionales relacionados a la resiliencia hídrica*

Sobre las intervenciones relacionadas con la resiliencia hídrica en el país, se identificaron los instrumentos que se mencionan a continuación; de los cuales, independientemente de los resultados obtenidos con su implementación, se buscó conocer sus diferentes visiones.

CONAGUA (2017) realizó una actualización cuyo objetivo es mejorar la capacidad y la seguridad del Sistema Cutzamala para suministrar agua a las zonas metropolitanas de Toluca y del Valle de México. Contiene informes anualizados sobre aguas subterráneas que serían utilizados para tomar medidas y desarrollar un plan para recargar artificialmente el acuífero en explotación. Sus acciones propuestas son:

- 1.1. Fortalecer la red de recopilación de datos para sustentar la información de apoyo para determinar decisiones para el manejo de los recursos hídricos en las cuencas del Sistema Cutzamala.
- 1.2. Diseño e ingeniería de una línea reversible a presión para trasladar agua al vaso de Villa Victoria, así como el diseño para la rehabilitación de las presas del Sistema Cutzamala y la implementación de eficiencia energética.
- 2.1. Operación y diseño del Observatorio del Acuífero del Valle de México y el financiamiento del diagnóstico de la cantidad y calidad del agua de los acuíferos; actualización de datos de los usos y usuarios de agua de los pozos del Valle de México.
- 2.2. Generación y preparación para la mejora de las plantas de tratamiento existentes, construcción de pozos de recarga artificial y la construcción de infraestructura de transporte de las plantas de tratamiento hacia esos pozos.

Por su parte, la Estrategia de resiliencia CDMX (Oficina de Resiliencia CDMX, 2016) propone la intervención a partir de cinco ejes: direccionar hacia la resiliencia hídrica; dirigir hacia la resiliencia territorial y urbana; transformar la movilidad a un sistema sustentable, seguro e integrado; consolidar la coordinación regional; y generar capacidad adaptativa e innovación.

Sus acciones específicas son: instalar sistemas de captación de agua de lluvia en viviendas con pobreza hídrica para reducir la presión sobre el acuífero y a su vez mejorar el abastecimiento en viviendas que lo requieran; crear un fondo de recursos que sean utilizados de manera sistematizada para el manejo del agua a fin de respaldar labores en zonas estratégicas para la conservación y el cuidado del adecuado funcionamiento del ciclo hidrológico; y crear infraestructura para la mitigación de inundaciones y la captación de agua.

Colima resiliente (Oficina de Resiliencia del Municipio de Colima, 2019) propone, a partir del diagnóstico de los principales retos de resiliencia de la ciudad, establecer criterios de acción para aumentar su capacidad de resiliencia. Se obtuvo una agenda específica conformada por cuatro ejes direccionalizados: Colima preparada ante riesgos antropogénicos o naturales; Colima integrada urbanísticamente; Colima económica y socialmente próspera; y Colima sostenible ambientalmente.

Destaca el punto 4.3 de manejo de agua, pues considera realizar, con apoyo de especialistas locales e internacionales, un análisis integrado del sistema hídrico local, a fin de diseñar, colectivamente, un mapa que identifique aspectos para implementar políticas públicas que promuevan lo necesario para asegurar agua de calidad a largo plazo; así como contribuir al financiamiento de proyectos sustentables productivos y de conservación de la biodiversidad, adecuados a las condiciones de las comunidades que habitan en la Reserva de la Biosfera de Manantlán, a partir de la promoción y del fomento a la participación ciudadana para asegurar el mantenimiento a largo plazo de los servicios ambientales hidrológicos.

El estudio Juárez resiliente (Equipo de Juárez Resiliente, 2018) considera crear un modelo resiliente manteniendo las funciones esenciales en la ciudad con acciones encaminadas a adquirir mayor capacidad de respuesta ante contingencias ambientales, sociales y económicas. Destaca el punto 4.3, el cual habla del manejo integral del agua.

Esta iniciativa realiza una cartera de proyectos que incorporen componentes para la implementación de iniciativas que resuelvan los problemas de inundación con una alta efectividad y un elevado valor positivo de costo-beneficio. Asimismo, involucra mejoras integrales del sistema de drenaje que aborden los requisitos legales y las reglamentaciones para el desarrollo, la planificación a largo plazo, las instalaciones y las capacidades existentes y la especificación de proyectos y su mantenimiento.

También considera la implementación de infraestructura verde en espacios públicos, la cual se define como una estructura multifuncional de sistemas naturales para proveer servicios sociales, económicos, culturales y ambientales para mejorar la calidad ambiental. La infraestructura verde se emplea como componente de un sistema para el manejo y el aprovechamiento sustentable de agua que considera capacitar a servidores públicos, diseñadores urbanos y asociaciones civiles.

Por lo tanto, la primera referencia encontrada se trata de una iniciativa de la Comisión Nacional de Agua que busca la mejora y el monitoreo del sistema Cutzamala y la recarga acuífera; está más centrada en la seguridad de la infraestructura que en la resiliencia del recurso. Las siguientes tres son parte del proyecto de 100 ciudades resilientes de la Fundación Rockefeller, del cual forman parte las ciudades mexicanas de Colima, Ciudad de México y Ciudad Juárez y por lo que han realizado estos instrumentos (Oficina de Resiliencia CDMX, 2016).

El análisis de estas propuestas permitió identificar que se rigen por el involucramiento de temas inmersos en las dimensiones de la resiliencia urbana definidas por la ONU; por ejemplo, la definición de los aspectos legales, la planificación a largo plazo, el establecimiento de los proyectos y su mantenimiento. Asimismo, algunas tienen un enfoque más ambiental y otras más social; sin embargo, la propuesta de este trabajo deberá intervenir de manera holística, lo cual se lograría al involucrar las diferentes dimensiones de la resiliencia.

Se identificaron algunos aspectos, como infraestructura, medio ambiente, economía, sociedad (participación), bienestar, liderazgo (organización), salud y estrategia, que repetidamente toman relevancia dentro de los trabajos revisados, por lo cual se verifica que se encuentren implícitos en los criterios de las dimensiones consideradas para el planteamiento del trabajo.

## Resultados y discusión

Como principal resultado, se tiene la base del modelo para la generación de estrategias hídricas, el cual se ha desprendido de la revisión teórico-referencial desarrollada y que tiene como sustento la intervención y el reforzamiento en el ciclo de Holling y se desarrolló acorde a las dimensiones de la resiliencia-sustentabilidad. Esa guía se observa en la tabla 1:

**Tabla 1. División general del modelo para estrategias hídricas**

<b>1 Dimensión espacial</b>
<b>1.1 Delimitación del territorio</b>
<b>1.2 Identificación de los principales efectos (problemas) del cambio climático en el sitio</b>
<b>1.3 Procesamiento de datos socio-territoriales</b>
<b>2 Dimensión organizacional</b>
<b>2.1 Recopilación de material de apoyo institucional y social</b>
<b>2.2 Caracterización de actores involucrados</b>
<b>2.3 Consideración de la participación ciudadana</b>
<b>3 Dimensión físico-funcional</b>
<b>3.1 Identificación de infraestructura de servicios (las o la que aplique)</b>
<b>3.2 Análisis de los recursos financieros y materiales</b>
<b>3.2 Tipificación de potencialidades y oportunidades sustentables de la región</b>
<b>4 Dimensión tiempo</b>
<b>4.1 Recopilación de sucesos negativos previos para su previsión</b>
<b>4.2 Seguimiento (progreso) de estrategias y registro de beneficios a la salud y ambiente</b>
<b>4.3 Criterios para valuación del tipo de estrategia o medida y temporalidad de implementación</b>
<b>5 Propuesta de las estrategias dirigidas hacia la resiliencia hídrica</b>
<b>5.1 Selección de herramienta, sistema, programa o medios a implementar como estrategia.</b>
<b>5.2 Definición del tipo y temporalidad de la medida a implementar</b>
<b>5.3 Descripción de estrategias para la resiliencia hídrica</b>

Fuente: elaboración propia.

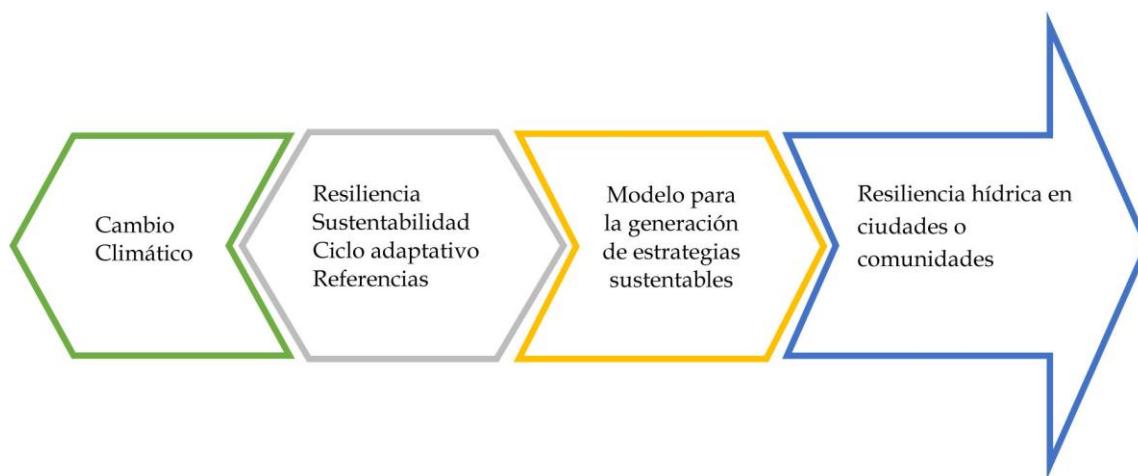
La revisión conceptual mostró que cuando se habla de cambio climático se consideran los términos de vulnerabilidad, adaptación y mitigación. Por lo tanto, la resiliencia permite abordar dichas temáticas, pues considera que una ciudad resiliente deberá estar preparada para responder ante alguna situación a la que está propensa a vivir, pero a la cual, mediante una acción de mitigación del daño ambiental, podrá adaptarse.

Respecto a la descripción de conceptos, se logró definir la base conceptual del modelo y sus futuras dimensiones al identificar la concordancia entre las dimensiones de la sustentabilidad y de la resiliencia. Con esta similitud, se logra asegurar que el modelo tendría una guía basada en la sustentabilidad, aunque las dimensiones que se usarían para desarrollarlo serían las de la resiliencia.

Puntualmente, en el planteamiento sobre el ciclo de Holling, se identificó que al implementar este modelo para la generación de estrategias sustentables para la resiliencia hídrica se intervendría en la Fase 4 (α) de reorganización, en la cual se hace referencia a la innovación y la reestructuración del sistema; en este caso de la sociedad y del sistema ecológico. Ésta es una fase fundamental para el nuevo comienzo del ciclo; de alguna manera, su planificación y adecuado manejo garantizaría la prosperidad continua del sistema.

A partir de ello, se definió la base conceptual y teórica para el diseño del modelo para la generación de estrategias sustentables para la resiliencia hídrica. En la figura 3 se muestra la secuencia del razonamiento que se rige por la base teórico-conceptual descrita.

**Figura 3. Secuencia del razonamiento para el funcionamiento del modelo**



Fuente: elaboración propia

Respecto al análisis de las referencias, resultaron tres aspectos característicos a considerar en el trabajo objetivo de esta investigación. En primer lugar, se realizan soluciones basadas en la naturaleza; se ha decidido llevar a cabo al momento de proponer el modelo a fin de adaptarse al bioclima del sitio, como sugiere Higueras (2006).

En segundo término, se identificaron a los humedales artificiales como una alternativa que podría ser utilizada para el tratamiento y la conservación del agua en cualquier zona geográfica, debido a que su implementación es posible en todos los tipos de clima y funciona de una manera mucho más económica que los sistemas de tratamiento actual, por lo cual sería completamente funcional como base tecnológica.

El último punto se relaciona con la integración de las partes sociedad y medio ambiente, ya que un 90% de los proyectos o estudios analizados muestra que no sólo se debe considerar a las instituciones o gobiernos, sino a la población, ya que ésta es quien vive en el lugar y enfrenta día a día los problemas ambientales.

Sin duda, deben ser propuestas integrales donde se refuerce con cursos de educación ambiental y haya un enfoque respecto a las cuatro dimensiones de la resiliencia y de la sustentabilidad, las cuales se puede deducir que hacen referencia a un mismo sentido.

El resultado fue concluyente, ya que se logró generar la base del modelo con una estrategia base (un sistema de humedales artificiales) para la intervención en el tratamiento y en el cuidado del recurso agua, con lo que se podría generar una mejora en la resiliencia hídrica del lugar a intervenir.

## Conclusiones

Por naturaleza, el ser humano es consumidor de recursos, por lo cual el análisis detallado de las fases del ciclo adaptativo de los sistemas socio-ecológicos y la intervención planificada en éstas es indispensable para el éxito y la prosperidad de los sistemas, sobre todo, en estos momentos de cambios climáticos, donde existe una necesidad de resiliencia social respecto al sistema natural y viceversa, es decir, una resiliencia de la naturaleza hacia la intervención social.

La variabilidad climática actual ha causado y causará numerosos cambios a las diversas zonas geográficas del mundo. En el caso de México, se está viendo afectado por esta situación en distintos aspectos, pero, sobre todo, respecto al agua, ya que el cambio de temperatura le afecta directamente, lo cual se acentúa al tener un mal manejo del recurso, como sucede en muchas poblaciones del país. Además de la mitigación, que en lo posible está siendo organizada por los gobiernos, el adaptarse a las nuevas condiciones es imperante en las poblaciones.

La propuesta de intervención en la fase  $\alpha$ , descrita en el ciclo de Holling mediante un modelo que permita el análisis de un lugar con la resiliencia y la sustentabilidad como guía y con base en humedales artificiales como principal estrategia, sería a incentivar y a fortalecer a fin de contar, en un escenario ideal, con una ciudad resiliente respecto al recurso hídrico y a sus cambios ante los efectos del cambio climático.

Este trabajo logró desarrollar la estructura del modelo para la resiliencia hídrica, el cual puede implementarse en cualquier localidad o población del país; se considera que podrá, además de mejorar el estado del agua, mitigar otros aspectos negativos ambientales del sitio; por lo tanto, se cumpliría con la hipótesis planteada.

## Referencias

- Aurrekoetxea, M. (2018). Deconstruyendo la resiliencia urbana. OBETS, *Revista de Ciencias Sociales*. 13(Extra 1), 229-255. España: Universidad de Alicante
- Castillo, L. y Velázquez, D. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socio-ecológicos y resiliencia, *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 17(2). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México
- Calvente, A. (2007). *El concepto moderno de sustentabilidad*. Buenos Aires: Universidad Abierta Interamericana.
- CATHALC (2019). *Fortalecimiento de la Resiliencia de los recursos hídricos frente al cambio climático en dos ciudades de la Cuenca del Río la Villa del Arco seco de Panamá*. Panamá: Ministerio de Ambiente.
- CONAGUA (2017). *Marco de Planificación para Pueblos Indígenas del Proyecto "Seguridad Hídrica y Resiliencia para el Valle de México"*. México: Gobierno de México
- CWRA project team (2019). *City Water Resilience Approach*. Londres: Arup Global Water.
- Delgado, G. (2014). Ciudad, agua y cambio climático: una aproximación desde el metabolismo urbano. *Medio Ambiente y Urbanización*, 80(1), 95-123.
- Duarte, C. (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: Consejo superior de investigaciones científicas.
- Fernández, G., González, F., & Molina, J. (2011). El cambio climático y el agua: lo que piensan los Universitarios. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(3), 427- 438. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/247901>
- Flores, M. (2011). *Las zonas áridas y semiáridas de México, las menos exploradas*. Recuperado de: [https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2011\\_763.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2011_763.html)
- Equipo Buenos Aires Resiliente (2018) *Buenos Aires Resiliente*. Argentina: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
- Equipo de Juárez Resiliente, (2018). *Juárez resiliente. Estrategia de resiliencia*. Ciudad Juárez: Carmona Impresores
- Holling, C.S. y Gunderson, L. (2002). Resilience and Adaptive Cycles. En: Gunderson, Lance y C.S. Holling (Eds.). *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems* (25- 62), EE. UU.: Island Press.
- IPCC (2013). Glosario. En T. Q.-K. Stocker (Ed.), *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (págs. 185-204). Reino Unido y Nueva York: Planton, S.
- López, O. (2004). La sustentabilidad urbana. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 8-14. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Mayor of London (2020). *London City Resilience Strategy 2020*. Londres: Greater London Authority
- Metropolitan Councils of Sydney (2018). *Resilient Sydney: A strategy for city resilience*. Australia: City of Sydney
- Naciones Unidas (1992). *ConvenCIÓN del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas México (2017). *Naciones Unidas México*. Recuperado de: <https://www.onu.org.mx/que-es-el-desarrollo-sostenible-y-por-que-es-importante/>

- Navarrete-Peñuela M. (2017). Desarrollo urbano sustentable: el gran desafío para América Latina y los preparativos para Hábitat III. *Revista Luna Azul*, 45, Colombia: Universidad de Caldas
- Noticias ONU (2020). *El agua, parte del problema, pero también de la solución ante el cambio climático* Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2020/03/1471492>
- Oficina de Resiliencia CDMX (2016). *Estrategia de resiliencia CDMX*. Ciudad de México: Gobierno de la CDMX
- Oficina de resiliencia del Municipio de Colima (2019). *Colima resiliente. Estrategia de resiliencia*. Colima: Style Publicidad
- ONU (2015a). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopt-a-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- ONU (2015b). *Acuerdo de París*. París, Francia: Organización de las Naciones Unidas
- ONU HABITAT (2018). *Ciudades resilientes. Resiliencia urbana*. Recuperado de: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/ciudades-resilientes>
- ONU HABITAT (2016). *Guía de resiliencia urbana*. México: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
- Pendall, R., Foster, K. y Cowell, M. (2007). *Resilience and Regions: Building understanding of the metaphor*, Berkeley: Working paper of The Institute of Urban and Regional Development.
- PNUMA y GEF (2019). *Construcción de resiliencia climática en Sistemas Urbanos mediante la adaptación basada en ecosistemas Abe, en América Latina y el Caribe*. México: City Adapt.
- Sánchez, R. (2013) (editor). *Respuestas urbanas al cambio climático*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Soto, G., & Herrera, M. (2009). *Estudio sobre el impacto del cambio climático en el servicio de abasto de agua de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana.
- Teja, J. (2015). Third world conference on risk of disaster reduction. *Approval of the Sendai Frame*, 11(21):93, Cuba: INFODIR.
- UN WATER. (2019). *Informe de políticas de ONU-AGUA*. Suiza: UN-Water Technical Advisory Unit.
- UNESCO (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020*. París, Francia: UNESCO 2020.
- WWF (2018). *Informe Planeta Vivo - 2018: Apuntando más alto*. Grooten, M. y Almond, R.E.A. (Eds). Gland: Suiza: WWF
- Zarza, L. (2017). *Desertificación y sequía, la otra cara del agua*. iagua.com. Recuperado de: <https://www.iagua.es/blogs/laura-f-zarza/desertificacion-y-sequia-otra-cara-agua>