



**El Colegio
de la Frontera
Norte**



**LA GESTIÓN ADAPTATIVA DEL AGUA ANTE UN
CONTEXTO DE VARIABILIDAD Y CAMBIO
CLIMÁTICO: UN ENFOQUE OPERATIVO.**

Tesis presentada por

Aarón Eduardo Morales Santos

para obtener el grado de

**MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INTEGRAL
DEL AMBIENTE**

Tijuana, B. C., México
2012

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de Tesis:

Dr. Roberto Alejandro Sánchez Rodríguez

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. _____

2. _____

3. _____

A mis padres, a quienes debo todo lo que soy.
A mis hermanas, mi ejemplo y fortaleza para seguir adelante.
A mis sobrinos, quienes me motivan a superarme.

Agradecimientos

Son demasiadas las personas a las que debo expresar mi gratitud, pero no encuentro palabras suficientes para hacerlo. Sin embargo, trataré de realizarlo en un par de líneas.

En primer lugar agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por los recursos invertidos en mi formación y, a El Colegio de la Frontera Norte por la formación recibida y por el apoyo para realizar mis metas académicas y personales.

Mención especial merece el Dr. Roberto Alejandro Sánchez Rodríguez, por su apoyo incondicional para superar todos los obstáculos inherentes a la maestría. Su impulso para que realizara actividades extra académicas que potencian mi crecimiento personal fue el pilar que me hizo mantener la cordura en momentos difíciles. También agradezco su guía durante la elaboración de esta tesis, su dirección adecuada hicieron posible que terminará el producto que ahora presento.

Agradezco los comentarios oportunos recibidos de mis lectores externo, la Dra. Patricia Ávila García y del lector interno, el Dr. Rogelio Vázquez González. Sus observaciones atinadas fueron fundamentales para enriquecer esta investigación. Igualmente agradezco a la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana por facilitarme la información sobre ese organismo y concederme las entrevistas a algunos de sus funcionarios. Al mismo tiempo agradezco a los académicos que me concedieron entrevistas que enriquecieron mi entendimiento sobre la problemática hídrica y de cambio climático.

No pueden faltar en mis agradecimientos mis compañeros de la MAIA con los que he convido estos dos años de arduo trabajo. Particularmente a Karina Hernández, compañera incansable en las noches de trabajo, con ella siempre me sentí en familia. A Edgar Brunett, amigo y compañero de tantas aventuras. A todas las personas que trabajan en El Colef quienes facilitaron el proceso de aprendizaje durante mi estancia en la maestría. A Tijuana, ciudad mal comprendida, difícil, pero hospitalaria.

Al Mtro. Roberto Constantino Toto, quien es un ejemplo de constancia, dedicación y excelencia en las labores académicas y de investigación. Gracias por sus consejos, enseñanzas y regaños. A usted debo gran parte de mi crecimiento profesional.

A mis padres, hermanas y sobrinos, por quienes vale la pena luchar, superarse y seguir adelante. Agradezco a todos aquellos que directa e indirectamente han contribuido a la realización de esta tesis.

A todos ustedes, ¡gracias!

ÍNDICE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
I MARCO CONCEPTUAL	7
I.1 Avances en el conocimiento científico sobre los conceptos vulnerabilidad y adaptación.....	8
I.1.1 Adaptación.....	12
I.1.2 Vulnerabilidad	16
I.2 Regímenes de gestión del agua: evolución del pensamiento conceptual.	23
I.2.1 Gestión adaptativa del agua (AWM)	25
I.3 Estrategia metodológica	31
I.3.1 Recopilación de datos	31
I.3.2 Identificación de elementos de vulnerabilidad	33
II PERFIL ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS MÉXICO: EL CASO DE LA REGIÓN NORTE DEL PAÍS.....	37
II.1 Balance regional de la disponibilidad de agua.	39
II.2 Estado actual y posibles impactos del cambio climático.	47
II.3 Estructura de gobernanza del agua en México y su vínculo con la política de cambio climático.	51
III ALGUNOS ELEMENTOS DE LA VULNERABILIDAD EN EL SECTOR HÍDRICO FRENTE A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO: DEL ENFOQUE REGIONAL AL LOCAL.....	61
III.1 Diseño institucional contemporáneo del sector hídrico en Tijuana.	64
III.2 Escenarios climáticos para la región noroeste de México.	67
III.3 Fragilidad institucional en materia hídrica ante los posibles efectos de la variabilidad y el cambio climático: inundaciones y sequías.	70
IV DISCUSIÓN.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXO	i

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1 Comparación entre las políticas de mitigación y adaptación.....	13
Tabla I.2 Comparación entre el régimen tradicional de gestión y uno adaptativo e integral.	27
Tabla I.3 Variables proxy para analizar algunos elementos de la vulnerabilidad de los recursos hídricos en Tijuana en un contexto de cambio climático	35
Tabla II.1 Foros y conferencias en los que se ha abordado la problemática del agua.	38
Tabla II.2 Alcances y obstáculos en las políticas hídricas y de cambio climático, según diversos planes y programas.	59
Tabla III.1 Evolución de la población en Tijuana, 1930-2010.	62
Tabla III.2 Ciudades según indicadores de desempeño, 2006 (porcentaje y pesos por m ³).	66
Tabla IV.1 Resumen de entrevistas según atributos del régimen de gestión adaptativa.	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración I.1 caracterización del enfoque sistémico para analizar cambio climático.	9
Ilustración I.3 resumen conceptual del documento.	29
Ilustración II.2 disponibilidad hídrica en distintas regiones de México, 2009.	43
Ilustración III.1 Crecimiento poblacional y urbano en Tijuana, 1930-2010.....	63
Ilustración III.2 escenario climático de aumento de temperatura a final de siglo.....	68
Ilustración III.3 Escenario climático de precipitación para finales de siglo.	68

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo de analizar los procesos y las prácticas de gestión de agua que no permiten reducir la vulnerabilidad del sector hídrico en Tijuana ante los impactos de la variabilidad y el cambio climático. Se utilizaron algunos elementos del concepto vulnerabilidad para explicar la fragilidad de los recursos hídricos ante un contexto de cambio climático. Además, se identificaron las principales barreras estructurales para la adaptación a través del análisis de dos procesos de política. Ambos abordan cuestiones prioritarias para la gestión del agua, tales como “hacer frente eventos extremos” y garantizar el “suministro de agua para las demandas urbana y ecológica”. Se analizó el PEACC-BC para incorporar la información climática regional y reconocer explícitamente el contexto de incertidumbre que enfrenta la toma de decisiones. Posteriormente, se analizaron los atributos del régimen de gestión tradicional en comparación con los regímenes de gestión adaptativa. Con ello, se identificaron los principales factores que obstaculizan o contribuyen a un manejo integral del agua. El estudio demuestra que la falta de articulación entre la política en materia de hídrica y la de cambio climático se debe en gran medida a la falta de coordinación real entre los distintos sectores y niveles administrativos, así como a limitantes institucionales que retrasan el proceso de adaptación y que no permiten incorporar las prácticas de manejo que han logrado que la CESPT sea un Organismo Operador con altos niveles de eficiencia a nivel nacional.

Palabras clave: Gestión adaptativa, capacidad adaptativa, cambio climático, vulnerabilidad, adaptación, Tijuana, CESPT

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the processes and practices of water management in Tijuana. These did not allow reducing the vulnerability of the water resources in the face of the climate variability and climate change effects. Some components of the vulnerability concept were applied to explain the fragility of the water resources within the climate change context. Additionally the main structural barriers to adaptation were identified through the analysis of two policy processes. Both of them refer to priority issues in the water management, as “to face the extreme events” and guarantee “the water supply according to urban and ecological demand”. The State of Baja California Climate Action Plan (PEACC-BC) was analyzed in order to include the regional climate data and acknowledge explicitly the uncertainty context of decision making. Subsequently the attributes of traditional management regime were analyzed comparatively to the adaptive management regime. That allowed identifying the main factors that hinder or foster a complex water management. The results of the study prove that the lack of real collaboration among water resource policies and climate change policies is due mostly to the lack of coordination among the different sectors and levels of the administration. There are also institutional constraints that slow down the adaptation process and do not allow adopting the management practice that makes it possible to the CESPT to be a highly efficient Operative Body on national level.

Keywords: Adaptive management, adaptive capacity, climate change, vulnerability, adaptation, Tijuana, CESPT.

INTRODUCCIÓN

La gestión de agua está enfrentando los mayores desafíos debido a la incertidumbre derivada del cambio climático y por asimetrías socioeconómicas—crecimiento poblacional, crecimiento económico, cambio tecnológico, instituciones político-económicas, actitudes y comportamiento de las sociedades (Pahl-Wostl, *et al.*, 2005; Pahl-Wostl y Sendzimir, 2005). Por esta razón, es clara la necesidad de facilitar el proceso de adaptación en el sector hídrico¹ en un marco de desarrollo sostenible² (Jones y Boyd, 2011).

Adaptación implica el manejo de los riesgos creados por el cambio climático, incluyendo la variabilidad climática. La identificación y caracterización de la manera en que los sistemas humano y ambiental son sensibles al clima se convierte en información fundamental para la orientación, formulación y evaluación de las políticas de adaptación (Brooks y Adger, 2005; Downing y Patwardhan, 2005), particularmente cuando se trata de un recurso como el agua, ya que es vital para el sostenimiento de la vida y para la realización de las funciones productivas de las sociedades.

La interacción entre los sistemas social y ambiental determinan el grado exposición y la sensibilidad a la variabilidad y el cambio climático, mientras que los diversos componentes sociales, culturales, políticos y económicos constituyen la capacidad de adaptación (Smit y Wandel, 2006). Así, las medidas tomadas para adaptarse al cambio y la variabilidad climática se conforman por la superposición de los procesos sociales que rigen las medidas de adaptación (Jones y Boyd, 2011).

¹ El sector hídrico “se compone de todos los medios y actividades dedicadas a la creación de valor agregado neto a partir de los recursos hídricos disponibles en un territorio determinado... opera en la compleja interacción entre los recursos hídricos, el sistema socioeconómico, y ambiental en un país determinado. Se compone de dos segmentos principales: 1) Actividades de recursos, las cuales influyen en la distribución espacio-temporal o en la calidad de los recursos hídricos con el fin de gestionar el recurso como un activo; 2) Actividades de uso, las cuales utilizan agua en los procesos de transformación para usos sociales, económicos y ambientales.” (UN, S.F.:11)

² Entendido como “un proceso de cambio que armoniza la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional, y que acrecienta las posibilidades actuales y futuras de satisfacer las necesidades y aspiraciones de los seres humanos” (IPCC, 2007:79)

A pesar de los avances en la agenda ambiental y de cambio climático en México, un tema trascendental al que se le ha puesto poca atención son las acciones concretas de adaptación para lidiar con el cambio climático en el sector hídrico³. Consiente de dicha omisión, el Gobierno Federal de México, a través de la Comisión Nacional del Agua (Conagua o CNA), desarrolló una iniciativa llamada “Diálogos por el Agua y el Cambio Climático”, con el objetivo de incluir los recursos hídricos en las consideraciones acerca de cambio climático⁴. No obstante, la literatura en el tema aún es incipiente.

Si bien, el interés por mejorar la administración de los recursos hídricos ante el cambio y la variabilidad climática es el nexo conductor entre las instituciones encargadas de la gestión del agua y las de cambio climático, en México, sus acciones no están adecuadamente integradas. Esta investigación puede convertirse en una herramienta útil para los tomadores de decisiones en materia hídrica ya que pretende identificar algunos elementos de la vulnerabilidad en el sector hídrico de Tijuana ante el cambio climático. También pretende analizar la capacidad de adaptación del sector hídrico, así como establecer las bases para transitar hacia un modelo de gestión adaptativa del agua para enfrentar el cambio y la variabilidad climática.

Por gestión adaptativa del agua nos referimos a un “proceso sistemático para mejorar las políticas y las prácticas de gestión mediante el aprendizaje resultado de las estrategias de gestión implementadas” (Pahl-Wostl, 2008: 3). El objetivo principal de la gestión adaptativa es aumentar la capacidad de adaptación del sistema agua en una cuenca hídrica a partir de una comprensión amplia de los determinantes de la vulnerabilidad y la resiliencia en la cuenca (Huntjens, *et al.*, 2007).

Son variadas las razones por las que el estudio se sitúa geográficamente en Tijuana, Baja California. Primero, para caracterizar los impactos de la variabilidad y el cambio climático a una escala local (Tijuana), en función de un recurso específico (agua), a partir de fuentes de información confiables como lo son investigaciones, artículos, reportes, estadísticas del

³ Entre las consecuencias potenciales del cambio climático sobre los recursos hídricos están: incremento del nivel del mar, provocando inundaciones y destrucción de algunas zonas costeras; el cambio en el régimen de lluvia, lo cual agudiza la escasez de agua en los meses de verano y aumenta las inundaciones y otras anomalías en invierno; incremento del número y la intensidad de tormentas tropicales, huracanes, ciclones, el niño-oscilación del sur (IPCC, 2001; 2007; Stern, 2006; Stern, *et al.*, 1992).

⁴ Dicha iniciativa se llevó a cabo en 2010 durante 16ª Conferencia de las Partes de la CMNUCC.

sector hídrico proporcionadas por la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT), así como por los datos proporcionados por el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC)⁵.

En segundo lugar, por localizarse en una región semiárida. La frontera norte de México y el sur-oeste de los Estados Unidos son propensos a sequías agudas, particularmente Baja California, que enfrenta grandes desafíos para suministrar agua para la agricultura y para sus crecientes ciudades fronterizas (Medellín-Azuara, *et al.*, 2009). Adicionalmente, la principal fuente de suministro de agua (el Río Colorado) así como la cuenca del Río Tijuana son un recurso compartido con Estados Unidos, lo que implica una administración binacional.

En tercer lugar, las regiones hidrológico-administrativas del centro y norte del país poseen una menor disponibilidad media de agua y ejercen una mayor presión sobre sus recursos hídricos, esto se debe en gran medida a su alta dinámica poblacional y económica (Constantino, *et al.*, 2011; Guevara-Sanginés, 2006).

El modelo de gestión de recursos hídricos en Tijuana se ha estructurado bajo la lógica de gestión de la oferta (modelo tradicional), consiguiendo eficiencia en los indicadores brutos de cobertura del servicio, pero que en su operación interna presenta deficiencias económica y operativa (Navarro, 2010). Si bien, el modelo de la oferta enfatiza la necesidad de soluciones técnicas y la construcción de infraestructura a gran escala, los recursos económicos en Tijuana son limitados, además de que la dinámica de asentamientos en la ciudad dificulta la dotación oportuna de servicios (Romo, 1996). En consecuencia, Tijuana no cuenta con la infraestructura necesaria para el manejo eficiente y adecuado del agua pluvial, residual y tratada.

El escenario futuro de Tijuana da cuenta de una gran escasez de agua, la cual compromete la función urbana y la sostenibilidad de la ciudad. Es decir, si el uso y la gestión del agua no son sustentables; tampoco lo pueden ser el desarrollo, el crecimiento, la estabilidad social y la calidad de vida.

⁵ El PEACC-BC se encuentra en proceso de elaboración. Ha finalizado su primera etapa la cual consiste en la elaboración de escenarios climáticos. La segunda etapa, ya avanzada, consiste en la identificación de posibles impactos que podría producir el cambio climático en diferentes sectores socio-económicos del estado (PEACC-BC, 2010).

De acuerdo con lo anterior, es necesario analizar la pertinencia de las políticas gubernamentales en materia de gestión hídrica así como su vínculo con las políticas para hacer frente al cambio climático. En este sentido, la presente investigación se desarrolló para responder la siguiente pregunta de investigación: ¿en qué medida un modelo de gestión de agua basado en la oferta permitirá atender la vulnerabilidad hídrica de Tijuana ante un escenario de cambio climático?

Para ello, se analizó la problemática del agua en Tijuana, particularmente en lo relacionado con la disponibilidad y administración del recurso. Además, se incluyó información climática proporcionada por el PEACC-BC, el cual recopila basta información que da cuenta de la vulnerabilidad de los recursos hídricos en Tijuana y de su posible afectación por el cambio climático.

Con relación a la gestión de los recursos hídricos y la incorporación de la variabilidad y el cambio climático en los regímenes de manejo, Bates *et al.*, (2008) sostienen que de no incorporarse los cambios proyectados en los principales determinantes de la disponibilidad de agua –precipitación, temperatura y escorrentía- no habrá fiabilidad en los sistemas de gestión hídrica ni en la planeación a largo plazo. Así, el sector hídrico Tijuana se enfrenta a importantes retos para garantizar la función urbana y la sustentabilidad futura de la ciudad.

Bajo este contexto, Tijuana no está preparada para hacer frente a los eventos hidrometeorológicos extremos por deficiencias en infraestructura, planeación y gestión. De acuerdo con Romo (Romo, 1996), Tijuana es una urbe altamente vulnerable ante eventos naturales debido a dos factores: por un lado, deficiencias urbanas ocasionadas por el crecimiento explosivo de la ciudad; por otro, las condiciones fisiográficas del lugar, es decir, varias zonas de la ciudad no son aptas para el crecimiento urbano y sin embargo están habitadas.

La hipótesis de la investigación es la siguiente: el modelo de gestión de agua en Tijuana basado en la oferta de servicios públicos de agua potable y alcantarillado no permite reducir la vulnerabilidad del sector hídrico ante el cambio climático, ni ofrece opciones para adaptarse a dicho cambio. El régimen de manejo se ha estructurado bajo una lógica de rentabilidad económica con énfasis en la eficiencia operativa para el suministro del servicio

de agua potable y alcantarillado, lo cual ha generado consecuencias negativas en las áreas social y ambiental, incrementado la vulnerabilidad hídrica ante la variabilidad y el cambio climático.

La hipótesis se sustenta en función de los siguientes supuestos:

1. Los impactos del cambio climático incrementarán la frecuencia e intensidad de sequías durante el verano y los eventos hidrometeorológicos extremos en invierno.
2. Los posibles impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos a nivel local pueden tener mayores efectos debido a la falta de conciencia de vulnerabilidades específicas y por la ausencia de capacidades de adaptación.

El objetivo principal de esta investigación es analizar los procesos y las prácticas de gestión del agua que no permiten reducir la vulnerabilidad del sector hídrico en Tijuana ante los impactos de la variabilidad y el cambio climático, así como analizar su capacidad para adaptarse a esos impactos. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar el régimen de manejo de agua en Tijuana bajo un contexto regional de cambio climático.
2. Estudiar el diseño de un régimen gestión adaptativa del agua para Tijuana
3. Examinar posibles estrategias y opciones para transitar hacia un manejo adaptativo del agua para enfrentar los impactos potenciales del cambio climático.

La metodología de investigación consiste hacer operacional el enfoque Marco de Políticas de Adaptación (APF⁶, por sus siglas en inglés), marco de referencia ampliamente usado para el estudio de las dinámicas complejas entre los sistemas social y natural (Downing y Patwardhan, 2005). Para ello se analizaron algunos elementos de la vulnerabilidad del sector hídrico en Tijuana ante un contexto de cambio climático. El concepto de vulnerabilidad utilizado y su análisis se desarrolló siguiendo algunos de los lineamientos de presentes en las evaluaciones de vulnerabilidad (VA⁷, por sus siglas en inglés).

El escrito se compone de cuatro capítulos. En el capítulo I, se desarrolla el marco conceptual en el que se basa el análisis de la problemática hídrica su vínculo con conceptos afines desde

⁶ *Adaptation Policy Framework.*

⁷ *Vulnerability Assessment*

la perspectiva de cambio climático y la estrategia metodológica en la que se sustenta la investigación. En el capítulo II, se describe la problemática del agua en México, un balance regional de la disponibilidad de recursos hídricos y se presenta la configuración institucional para atender los posibles impactos del cambio climático en el sector hídrico. En el capítulo III, se presentan algunos elementos de la vulnerabilidad física e institucional en Tijuana ante un contexto de variabilidad y cambio climático. Finalmente, en el capítulo IV, se presenta un análisis de las posibilidades de transición hacia el modelo de gestión adaptativa del agua en Tijuana para atender el cambio climático, además se presentan las conclusiones generales.

I MARCO CONCEPTUAL

Con el fin de abordar la problemática del sector hídrico de Tijuana ante la variabilidad y el cambio climático, en esta investigación se recurre a los conceptos vulnerabilidad y adaptación. Se enfatiza el papel de los procesos y las prácticas de manejo que permiten reducir la vulnerabilidad del sector hídrico ante la variabilidad y el cambio climático, es decir, el análisis se centra en cómo lidiar con los efectos del cambio climático y no en la prevención o mitigación de sus posibles impactos.

El objetivo de este capítulo es presentar las bases conceptuales y el valor práctico de la gestión adaptativa del agua como modelo analítico más robusto para lidiar con las exigencias futuras derivadas de la variabilidad y el cambio climático. La contribución teórica de esta investigación es vincular algunos de los elementos de la vulnerabilidad hídrica con las prácticas y los procesos de toma de decisiones en la gestión del agua, y con la política pública en materia de adaptación al cambio climático.

Se estudian y especifican los atributos del enfoque de gestión adaptativa que permiten estimular el proceso de transición del régimen de gestión tradicional del agua en Tijuana hacia una gestión más integrada que incorpore la complejidad e incertidumbre asociadas al cambio climático, y que al mismo tiempo promueva instituciones multinivel más aptas para lidiar con los cambios y con capacidades para aprender. El capítulo se compone de tres apartados:

1.1. Avances en el conocimiento científico sobre los conceptos vulnerabilidad y adaptación. Este apartado inicia con una breve descripción del contexto más general de cambio climático y sus posibles impactos sobre los recursos hídricos, posteriormente se especifica el papel de los conceptos vulnerabilidad y adaptación como bloques centrales en los que se han sentado las bases teóricas que guían la política ambiental contemporánea.

1.2. Regímenes de gestión de recursos hídricos: evolución del pensamiento conceptual. Aquí se destacan y especifican las dimensiones estructurales que permiten comparar diferentes modelos de gestión de agua.

1.3. Estrategia metodológica. En este apartado se adelanta la representación de los conceptos descritos en las dos secciones anteriores como variables operacionales específicas, las cuales se utilizan para analizar el estado de la gestión del agua en Tijuana ante un contexto de cambio climático.

I.1 Avances en el conocimiento científico sobre los conceptos vulnerabilidad y adaptación.

La tierra ha entrado en un período de cambios hidrológicos, climatológicos y biológicos, diferenciados de episodios previos de cambio global en la medida que son originados por el hombre (Günter, 2009; Stern, 2006; Stern, *et al.*, 1992). La potencial consecuencia más seria del cambio ambiental global es la erosión de sistemas terrestres de soporte vital, esto se debe a que la humanidad ha sobrepasado la capacidad metabólica del planeta para absorber, reponer y restaurar los impactos (McMichael, 1993).

Dentro de las múltiples manifestaciones del cambio ambiental global –*V. gr.* alteraciones en el clima, deforestación, desertificación, pérdida de biodiversidad-, el cambio climático es uno de los temas que mayor atención ha recibido por las comunidades de científicos, tomadores de decisiones y la sociedad; ya que es uno de los desafíos a los que la humanidad tiene que hacer frente en el presente siglo (Grimmond, 2009; Landa y Hernández, 2010; Smithers y Smit, 1997; Vincent, 2007).

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC⁸) define “cambio climático” como:

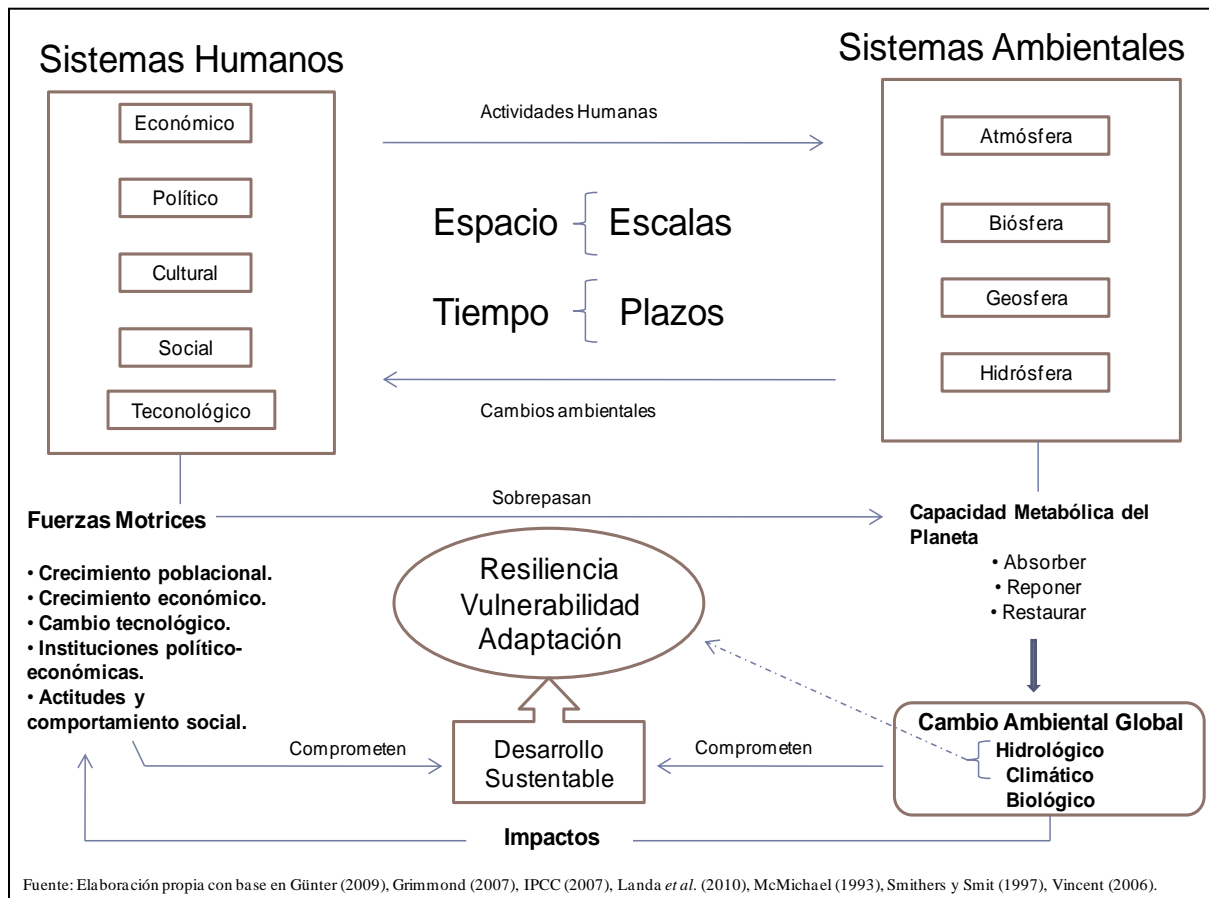
“un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana (IPCC, 2007: 3)”

Estos cambios en el clima afectan los demás componentes del planeta, a los ciclos naturales del carbono, del oxígeno y del agua, a los recursos hídricos, a la vegetación, a los océanos y

⁸ Por sus siglas en inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change

sus poblaciones, a los cultivos alimenticios(Lawler, 2009), a la actividad turística, a la salud humana, a las familias y sus bienes e incluso la integridad de los individuos (Landa y Hernández, 2010; Landa, *et al.*, 2008). La Ilustración I.1 representa una manera sintética de entender esos cambios y cómo las afectaciones comprometen la meta de alcanzar un desarrollo sustentable⁹. Los conceptos resiliencia, vulnerabilidad y adaptación son elementos centrales en el estudio sobre la interacción entre los sistemas ambientales y humanos, y también se han tratado de hacer operativos como indicadores que permitan medir las de las posibles consecuencias de dichas interacciones.

Ilustración I.1 caracterización del enfoque sistémico para analizar cambio climático.



Es importante señalar que existe un mayor consenso en cuanto a cuáles serán los posibles efectos del cambio climático, sin embargo, hay una menor confianza sobre la magnitud de los impactos en el medio ambiente y en las actividades humanas (Smit y Wandel, 2006; Smithers

⁹ El desarrollo sustentable es aquel que “satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” (UN, 1987: 23)

y Smit, 1997; Vincent, 2007). Dicho grado de incertidumbre pone de manifiesto la necesidad de disponer de información válida y confiable (IPCC, 2007; Medellín-Azuara, *et al.*, 2008; Vogel, *et al.*, 2007). De ahí que existan acciones precisas para lidiar con los impactos y para reducir la magnitud de la tasa de cambio.

La respuesta al cambio climático implica un proceso de gestión de riesgos, en el que se tenga en cuenta los daños causados por el cambio climático y los evitados, la capacidad de resiliencia de los ecosistemas, los cobeneficios, la sostenibilidad, la equidad y el comportamiento ante el riesgo (Heltberg, *et al.*, 2009; IPCC, 2007).

El cambio climático plantea retos adicionales para la construcción de un nuevo tipo de desarrollo para la humanidad porque sus fuerzas motrices y sus impactos se vinculan con las tres dimensiones del desarrollo sustentable, aumentando la incertidumbre para el proceso de toma de decisiones. En la actualidad, los temas de gestión de recursos y las metas de desarrollo sustentable han ganado importancia en las agendas científica, gubernamental y en la sociedad en su conjunto. En este sentido, los recursos hídricos son una cuestión central porque son necesarios para la vida y para las actividades productivas de la sociedad.

De acuerdo con Saldivar (2007), los recursos hídricos representarán para el siglo XXI lo que fue el petróleo en el siglo XX, determinando la riqueza de las naciones, la vida saludable de las sociedades, o sirviendo de pretexto para los conflictos bélicos. Así, el futuro de muchas sociedades girará en torno a la disponibilidad de agua.

El crecimiento poblacional, los cambios en la demanda agrícola e industrial, y las prácticas humanas que afectan la calidad del agua, denotan grandes problemas de escases del recurso hídrico (Dow, *et al.*, 2007). Aunado a ello, los registros observacionales y las proyecciones climatológicas proporcionan abundante evidencia de que los recursos hídricos son vulnerables y pueden ser afectados seriamente por el cambio climático, conduciendo a muy diversas consecuencias para las sociedades humanas y los ecosistemas (Bates, *et al.*, 2008).

En el reporte del IPCC (2007) se distinguen los siguientes impactos generales sobre los recursos hídricos: escasez de agua en zonas áridas e inundaciones y otras anomalías en zonas costeras; afectaciones a la salud por el aumento en la temperaturas así como propagación de

de enfermedades gastrointestinales, además de incrementos en el número y la intensidad de tormentas tropicales, huracanes, ciclones, ENOS¹⁰, entre otros.

Posteriormente en el documento técnico VI del IPCC, se describen a mayor detalle los dichos efectos (Bates, *et al.*, 2008: 14-15):

- Según las proyecciones, la creciente variabilidad e intensidad en la precipitación agravarían el riesgo de inundaciones y sequías en numerosas áreas.
- Las proyecciones indican que los aumentos de temperatura del agua y la variación de los fenómenos extremos, incluidas las crecidas y sequías, afectarían a la calidad del agua y agudizarían la polución del agua.
- El cambio climático afecta a la función y utilización de las infraestructuras hídricas existentes —en particular, la energía hidráulica, las protecciones estructurales contra inundaciones, el drenaje, y los sistemas de riego—, así como a las prácticas de gestión hídrica.

El incremento en la temperatura superficial del agua y los cambios en el ciclo hidrológico del agua pueden resultar en un cambio en los patrones de precipitación: algunas áreas pueden experimentar lluvias intensas resultando en inundaciones severas, mientras que otras áreas pueden presentar una reducción en la precipitación pluvial, y en consecuencia, frecuentes sequías (Huntjens, *et al.*, 2008).

En cuanto a la modelación de los posibles impactos, las estimaciones generalmente se hacen sobre los efectos más significativos a escalas regionales. Sin embargo, los efectos del cambio climático se sentirán más fuertemente a nivel local (Saavedra y Budd, 2008), más aún, serán diferenciados al interior de las localidades, debido a las diferencias económicas, sociales y ambientales.

¹⁰ El Niño-Oscilación del Sur.

I.1.1 Adaptación

Las sociedades pueden hacer frente al cambio climático adaptándose a sus impactos y mitigando la tasa y magnitud del cambio (IPCC, 2007; Smit y Wandel, 2006; Smithers y Smit, 1997). Mitigación se refiere a limitar el cambio climático global a través de la reducción de Gases Efecto Invernadero (GEI) y al mejoramiento de los receptores. Mientras que el objetivo primordial de adaptación es moderar los efectos adversos del cambio climático que no pudieron ser mitigados, para ello dispone de un amplio rango de acciones que son dirigidas a un sistema vulnerable bien definido (Füssel, 2007; Füssel y Klein, 2006).

De acuerdo con Füsseel y Klein (2006), en la agenda de investigación y de política, las políticas de mitigación han tenido mayor eco que las de adaptación. Esto se debe a que mitigación ayuda a reducir los impactos en todos los sistemas sensibles de impacto, mientras que adaptación es limitada a determinados sistemas. Por otro lado, la reducción de GEI es relativamente fácil de monitorear. Adicionalmente, el principio del que contamina paga ayuda a diferenciar los esfuerzos de mitigación entre países desarrollados y países en desarrollo –los cuales contribuyen relativamente poco al cambio climático. En suma, las diferencias entre las escalas temporal y espacial en que las políticas de adaptación y mitigación se llevan a cabo, así como sus distintos requerimientos de información, dan por resultado que ambas políticas sean implementadas por separado¹¹ (Tabla I.1).

No obstante, hay argumentos convincentes para una consideración más comprehensiva de las respuestas de adaptación. En primer lugar, porque aún con la reducción de GEI la inercia del sistema climático y sus impactos no podrán ser prevenidos en su totalidad, incluso con metas de reducción más ambiciosas. Segundo, porque los resultados de la reducción de emisiones tardarán muchas décadas en ser observados, mientras que la adaptación potencialmente ofrece beneficios casi inmediatos. Tercero, adaptación puede implementarse a una escala local o regional y su eficacia es menos dependiente de las acciones de otros. Finalmente, la mayoría de las acciones de adaptación también reducen los riesgos asociados a la variabilidad climática presente en la actualidad. (Füssel y Klein, 2006).

¹¹ Ejemplo de ello son los reportes del IPCC, donde mitigación es analizada por el Grupo de Trabajo III, mientras que adaptación es analizada por el Grupo de Trabajo II.

Tabla I.1 Comparación entre las políticas de mitigación y adaptación.

Características	Mitigación	Adaptación
Sistemas beneficiarios	Todos los sistemas	Sistemas seleccionados
Escala de efecto	Global	De lo local a lo regional
Tiempo de vida	Siglos	De años a siglos
Plazo	Décadas	De lo inmediato a décadas
Eficacia	Certera	Generalmente menos certera
Beneficios secundarios	A veces	En su mayoría
El que contamina paga	Por lo general sí	No necesariamente
Beneficios del pagador	Reducidos	Casi en su totalidad
Monitoreo	Relativamente fácil	Más difícil

Fuente: Füssel y Klein (2006)

Si bien, la capacidad de adaptación y mitigación depende de las circunstancias económicas, sociales y medioambientales (IPCC, 2001; 2007; Saavedra y Budd, 2008; Stern, 2006), la efectividad de las medidas de adaptación ante el cambio climático necesita la presencia de dos importantes prerequisites: información precisa de a qué y cómo adaptarse, así como recursos para implementar las medidas de adaptación (Füssel y Klein, 2006).

Las medidas de adaptación tienen un vínculo estrecho con las metas de desarrollo sustentable, de ahí su gran potencial para obtener mayores beneficios sociales, económicos y ambientales. Constantino y Dávila (2011) adelantan una aproximación para incorporar la adaptación como una dimensión de la sustentabilidad. Argumentan que el concepto de sustentabilidad se ha convertido en un objetivo gubernamental y social, el cual ha evolucionado desde su interpretación en términos de límites biofísicos al aprovechamiento de recursos naturales hasta la incorporación de estados materiales de bienestar social. Desde su perspectiva, al considerar un contexto de cambio climático la idea sustentabilidad debe ampliarse para incorporar la prevalencia y flexibilidad de adaptación de un sistema frente a los disturbios provenientes del exterior, entendiéndola como una capacidad comunitaria para hacer frente a los impactos negativos sin recurrir a recursos externos; o también puede ser

entendida como la capacidad flexible de adaptación frente a escenarios hostiles como una condición de prevalencia, sin la pérdida de las funciones que la caracterizan¹².

En esta investigación se hace una diferencia puntual en la nomenclatura que acompaña el proceso socio-institucional de adaptación. En primer lugar, una acción adaptativa es una respuesta específica que determinado actor puede implementar. En segundo lugar, una estrategia de adaptación se refiere a un conjunto de acciones que un actor puede elegir. En tercer lugar, la capacidad adaptativa es un supra conjunto de estrategias adaptativas, en otras palabras, la combinación del conjunto acciones que dispone un actor individual. Finalmente, el potencial adaptativo se refiere a la habilidad de los actores en un sistema para crear nuevas estrategias y acciones. (Bharwani, *et al.*, 2008).

De acuerdo con Füssel y Klein (2006), la capacidad adaptativa se compone de dos tipos de determinantes. El primer tipo está comprendido por componentes no climáticos como son los recursos económicos, la tecnología, la información y habilidades, infraestructura, instituciones y equidad. El segundo tipo se refiere a factores endógenos como son las características y el comportamiento del grupo de población determinado; también incluye componentes exógenos como son el contexto económico en general y el contexto geopolítico. En este sentido, la habilidad del sistema social para afrontar la variabilidad y el cambio climático se convierte en un indicador importante para determinar su capacidad para adaptarse al cambio climático.

Actualmente, en la arena política internacional muchas agencias y gobiernos están abogando por estrategias de adaptación al cambio climático, estas deben ser congruentes con el proceso de desarrollo económico. Por ello, surge la necesidad de estudiar la relación entre respuestas individuales al riesgo, por ejemplo políticas públicas locales o regionales en un escenario de incertidumbre futura, y la trayectoria más amplia de los procesos socio-ecológicos (Eakin y Wehbe, 2009). Algunos teóricos sostienen que es urgente la necesidad de asistencia internacional para financiar adaptación (Patt *et al.*, 2010). Estos autores sostienen que la vulnerabilidad de un país al cambio climático determina la necesidad de apoyo; ya que la

¹² En esta interpretación Constantino y Dávila rescatan los aportes de Cutter y Perrings para incluir la adaptación en el concepto de sustentabilidad. En su conceptualización adaptación es una característica necesaria para una idea más robusta de sustentabilidad.

vulnerabilidad depende no solo de la exposición a estresores climáticos, también está determinada por la sensibilidad a esos estresores. A su vez, la sensibilidad está determinada por un complejo conjunto de factores sociales, económicos e instituciones, los cuales determinan su capacidad adaptativa.

Los análisis de adaptación pueden servir para dos propósitos distintos. El primer tipo, centra el diseño de la estrategia de adaptación como parte de la evaluación de los impactos del cambio climático –comúnmente desarrollados en las evaluaciones vulnerabilidad-, su objetivo principal es proporcionar estimaciones agregadas sobre medidas de adaptación viables que tienen el potencial de reducir los impactos adversos del cambio climático. En contraste, el segundo tipo de análisis de adaptación busca contribuir directamente al desarrollo de políticas de adaptación, identificando políticas que puedan ser realizables, que son necesarias, además estudia la mejor manera de desarrollarlas, aplicarlas y financiarlas. (Füssel y Klein, 2006)

Sin embargo, algunas limitantes en los enfoques tradicionales de adaptación al cambio climático tienen que ver con la incertidumbre presente en los modelos biofísicos, con las características mismas de los proyectos a futuro, y con la dificultad para contabilizar las interacciones de los actores involucrados de una estrategia de adaptación dada (Bisaro, *et al.*, 2010). Además, existen dificultades para estimar el costo de las medidas de adaptación, principalmente por la incertidumbre en la estimación de la capacidad adaptativa (Patt, 2010).

En esta investigación se argumenta la necesidad de incluir la escala política en el desarrollo de medidas de adaptación, es decir, las medidas de adaptación al cambio climático adoptadas por los tomadores de decisiones (Smithers y Smit, 1997). El argumento principal para dirigir el análisis al estudio de dichas prácticas hace mayor sentido que intentar evaluar los impactos del cambio climático sobre un grupo en particular en un momento del tiempo definido de manera singular y arbitraria (Eakin y Wehbe, 2009).

Adaptación debe ser entendida como las “iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático” (IPCC, 2007: 76). Y puede ser vista como un proceso de elección en el

que se ponen en juego un conjunto de alternativas que permitan reducir la exposición de un sistema (Bharwani, *et al.*, 2008).

I.1.2 Vulnerabilidad

El término “vulnerabilidad” ha sido utilizado en distintas maneras por diferentes comunidades científicas, incluso dentro del mismo dominio de conocimiento (Adger, 2006; Füssel, 2007; Füssel y Klein, 2006). Su uso está presente en diversas tradiciones y disciplinas, desde economía y antropología hasta en psicología e ingeniería; no obstante, la geografía humana y la ecología humana son las que han teorizado su uso en el área de cambio climático (Adger, 2006). Sin embargo, existen divergencias sutiles en la interpretación del concepto.

Al respecto, Füssel y Klein (2006: 305) señalan que Timmerman en 1981 postuló que “vulnerabilidad es un término de uso tan amplio como para ser casi inútil en una descripción detallada del presente, excepto como un indicador retórico de áreas de mayor preocupación”, [agregan que de acuerdo con Liberman, 1990, el termino] “se ha relacionado o querido equiparar con conceptos como la resiliencia, la marginalidad, la susceptibilidad, la adaptabilidad, la fragilidad y el riesgo” [y complementan la lista con términos como] “exposición, sensibilidad, [y] la capacidad de hacer frente”.

Además, existen diversos tipos de ambigüedades semánticas (Füssel, 2007; Füssel y Klein, 2006):

- a. Respecto a su temporalidad: punto de inicio, elemento intermedio o el resultado de una evaluación.
- b. Respecto a su referencia temporal: Actual, futura, o dinámica.
- c. Respecto a su definición: en relación con un estresor externo (cambio climático), o en relación con un resultado indeseable (hambruna).

- d. Respecto a sus propiedades (o esfera): propiedad inherente de un sistema (interna), o propiedad contingente (externa) que depende de un determinado escenario de estrés externo y respuestas internas, o escala cruzada.
- e. Respecto a su análisis: concepto estático o dinámico.

De acuerdo con Adger (2006), el término vulnerabilidad puede ser clasificado por dos grandes tradiciones de enfoques, los antecedentes y los sucesores. Respecto a los antecedentes, encontramos cuatro aproximaciones a su entendimiento: 1) vulnerabilidad a hambrunas e inseguridad de alimentos, entendido como una falla en el ejercicio de los derechos y reducción de capacidades; 2) Vulnerabilidad a los riesgos (o peligros), utilizado para identificar y predecir grupos vulnerables en regiones críticas a través de la determinación de medios de subsistencia y las consecuencias de los peligros; 3) Ecología humana (o ecología política), que consta del análisis estructural de las causas subyacentes de la vulnerabilidad a los peligros; 4) Presión y respuesta, es una extensión del modelo de ecología humana que consiste en vincular riesgos discretos con economía política de recursos y gestión normativa de desastres e intervención.

Respecto a los sucesores (o aproximaciones integrales) destacan tres enfoques: 1) Vulnerabilidad a la variabilidad y al cambio climático, que trata de explicar la vulnerabilidad de un sistema a riesgos futuros en términos sociales, físicos o ecológicos usando un amplio rango de métodos y enfoques de investigación; 2) Medios de vida sustentables y vulnerabilidad a la pobreza, se enfoca en la explicación de los determinantes de la pobreza basada en un análisis de factores económicos y relaciones sociales; y 3) Vulnerabilidad de los sistemas socio-ecológicos, trata de explicar la vulnerabilidad de los sistemas acoplados humano-ambiental (Adger, 2006).

En contraste, Patt *et al.*, (2005) clasifican la vulnerabilidad de acuerdo a tres áreas de investigación. La primera área de investigación es aquella que tiene que ver con riesgos naturales, como son terremotos, ciclones o inundaciones, y está caracterizada por afectaciones en términos físicos. La segunda área de investigación, tiene que ver con la comunidad de reducción de la hambruna, y se enfoca en la disminución de capacidades (o derechos) y la falta de acceso a un adecuado suplemento de comida, desde este enfoque no es necesario un gran estresor ya que cuando se combinan factores sociales, económicos y

políticos, incluso, un *shock* externo menor puede resultar en una hambruna masiva. La tercera área de investigación corresponde a la comunidad de evaluación de impactos derivados del cambio climático, y se caracteriza por el vínculo entre escenarios climáticos, generalmente proyectados en décadas o centenas de años en el futuro, con el establecimiento de escenarios socio-económicos (Patt, *et al.*, 2005).

Füssel y Klein (2006) agregan que si bien la utilización del concepto vulnerabilidad ha evolucionado desde diferentes tradiciones de interpretación, en la literatura dominan tres principales modelos de conceptualización y de evaluación de vulnerabilidad definidas por tres escuelas de pensamiento. El primer enfoque es el de *riesgo-peligro*, característico de la literatura en gestión de riesgos y desastres; donde vulnerabilidad es la relación dosis-respuesta entre un riesgo exógeno al sistema y sus efectos adversos. El segundo enfoque es el *constructivista social* que es ampliamente utilizado en la economía política y la geografía humana; y se refiere a la vulnerabilidad (social) como una condición a priori presente en un hogar o una comunidad la cual está determinada por factores socio-económicos y políticos, y se relaciona con las capacidades sociales de una comunidad para enfrentar presiones externas (Füssel, 2007; Füssel y Klein, 2006).

El tercer enfoque es el del IPCC, donde vulnerabilidad es entendida como:

“[El] grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación” (IPCC, 2007: 89).

Esta definición vulnerabilidad, es expresada como una medida integrada de la magnitud esperada de los efectos adversos en un sistema, los cuales son causados por un nivel dado de ciertos estresores externos; en esta escuela de pensamiento, vulnerabilidad incluye una dimensión externa que representada por la ‘exposición’ de un sistema ante las variaciones en el clima –este atributo está íntimamente ligado al primer enfoque-, pero también incluye una dimensión interna, factores no climáticos, comprendida en la ‘sensibilidad’ y la ‘capacidad adaptativa’ a esos estresores –este atributo es equiparable a las causas socio-económicas de la sensibilidad y exposición diferenciada de la segunda escuela de pensamiento (Füssel y Klein,

2006). La definición del IPCC aparentemente ayuda a reconciliar aparentes contradicciones en las definiciones previas de vulnerabilidad¹³ (Füssel, 2007)

Otra importante tradición de investigación en los enfoques integrales es aquella que estudia (implícitamente) vulnerabilidad y tiene sus raíces en la ecología, es la perspectiva de resiliencia (Füssel, 2007). Este enfoque enfatiza los factores externos que determinan la propensión de los sistemas sociales y ecológicos a sufrir daños. Implica la exposición a eventos y estresores, la sensibilidad a la exposición que puede conducir a efectos y consecuencias adversas, y la resiliencia de las medidas de adaptación que pueden anticipar y reducir el riesgo futuro. Desde esta interpretación, resiliencia sería el antónimo de vulnerabilidad, y es entendida como la capacidad de auto-recuperación de los *shocks* externos. Es decir, al considerar aspectos dinámicos de la vulnerabilidad, resiliencia implica la habilidad de un sistema de regresar a un estado meta-estable anterior a la perturbación.

Para Adger (2006), la investigación en los dominios vulnerabilidad y resiliencia tienen un gran potencial de convergencia debido a que ambos enfoques se centran consistentemente en los atributos de los sistemas socio-ecológicos. Resiliencia se refiere “a la magnitud de las perturbaciones que pueden ser absorbidas antes de que un sistema cambie a un estado radicalmente diferente, a la capacidad de auto-organización y a la capacidad de adaptación a las circunstancias emergentes. Por otro lado, los parámetros claves de vulnerabilidad son los estresores a los que un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad adaptativa. En suma, la investigación sobre resiliencia y vulnerabilidad tienen elementos de interés común: los shocks y estrés experimentado por el sistema socio-ecológico, la respuesta de dicho sistema, y la capacidad para definir acciones adaptativas.

En contraste Constantino y Dávila (2011), argumentan que en materia de política pública sobre desastres naturales, el estudio de resiliencia debe privilegiarse al de vulnerabilidad, consideran que en el ámbito institucional deben focalizarse los esfuerzos para aumentar la capacidad de resiliencia frente a los impactos. No obstante, uno de sus principales limitantes

¹³ Füssel (2007) argumenta que esta definición también ha sido criticada por algunos investigadores porque puede ser confusa, inconsistente o impráctica; es más, sostiene que la definición del IPCC sobre vulnerabilidad no contiene ningún calificador, por ello es extensiva a todos los contextos lo que puede resultar inadecuado. Empero, señala que hay estudios que la han operacionalizado ejemplo de ello es el “Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modeling (ATEAM) project”(Füssel, 2007).

es la falta de consenso en los indicadores que pueden facilitar la operacionalización de este concepto.

Se debe tener en mente que la elección de una de las tradiciones de vulnerabilidad sobre las otras produce resultados distintos, esto se debe a que varía su habilidad para proveer información útil en la arena de políticas. Así por ejemplo, el enfoque de riesgo-peligro puede proporcionar información importante para el desarrollo de políticas de mitigación y compensación, mientras que el enfoque constructivista social es mejor para proveer información para el diseño de políticas de adaptación (Füssel, 2007).

El marco conceptual de esta investigación corresponde a la tercera escuela de pensamiento. Esta definición puede entenderse como una expansión de los enfoques anteriores hacia un análisis “integral de vulnerabilidad [de un sistema particular en un horizonte temporal específico] al cambio climático antropogénico”¹⁴ (Füssel y Klein, 2006: 306).

Es importante reconocer la dificultad para representar el concepto vulnerabilidad como un indicador operativo. Existen tres razones principales que dan cuenta de las limitaciones (Patt, *et al.*, 2005). En primer lugar, la enorme complejidad del sistema que se intenta describir. En segundo lugar, resulta casi imposible obtener datos que permitan probar las interacciones propuestas entre los diferentes conductores de vulnerabilidad. Por último, la escala temporal de análisis es demasiado grande para construir proyecciones sólidas sobre la capacidad de adaptación en el futuro.

Si bien, la evaluación de vulnerabilidad se ha convertido en una herramienta común para evaluar los impactos del cambio climático con el propósito de dar información útil a los hacedores de política para diseñar estrategias de adaptación ante el cambio global, los resultados de dichas evaluaciones a menudo prometen mayor certidumbre y resultados aplicables que los que efectivamente entregan (Patt, *et al.*, 2005). En las evaluaciones de vulnerabilidad existe la consideración explícita de conductores no climáticos –como lo son los demográficos, económicos, sociopolíticos, tecnológicos y biofísicos- que afectan los factores no climáticos –grado de diversificación económica, nivel de educación y la fortaleza

¹⁴ Los corchetes están en la cita original.

de las redes sociales- y que al final determinan la sensibilidad del sistema o comunidad al cambio climático (Füssel y Klein, 2006)

A pesar de que existen diferentes aproximaciones para evaluar la vulnerabilidad, el problema de incertidumbre no es el más prominente, sino, una característica de las evaluaciones de vulnerabilidad. Al elaborar proyecciones de impactos del cambio climático y vulnerabilidad se podría argumentar que algo de información es mejor que nada, sin embargo, dichas proyecciones son las que deben guiar la toma de decisiones y tienen el riesgo de confundir a los hacedores de política y dirigir los recursos hacia acciones que pueden no disminuir la vulnerabilidad (Patt, *et al.*, 2005). Por ello, algunas evaluaciones de vulnerabilidad pueden resultar contraproducentes.

Con respecto al concepto de vulnerabilidad adoptado para esta investigación, Ionescu *et al.*, (2005), señalan que la conceptualización de vulnerabilidad (propuesta por el IPCC) ha sido difícil hacerla operacional en los estudios de evaluación de vulnerabilidad. Sostienen que múltiples estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático son efectivos para alertar a los tomadores de decisiones de los posibles impactos del cambio climático, sin embargo han tenido una utilidad limitada para proporcionar orientación sobre las medidas de adaptación a nivel local. Además, precisan que no es claro cómo interpretar términos como “impactos potenciales” o “capacidad adaptativa”.

Si bien, es comúnmente aceptado que la vulnerabilidad es una función de la exposición, de la sensibilidad y de la capacidad adaptativa; no se especifica la forma de dicha función. Para direccionar dichas omisiones, Ionescu *et al.* (2005), proponen un modelo matemático basado en tres principios a identificar: (i) la entidad que es vulnerable, (ii) el estímulo al que es vulnerable, y (iii) el criterio de preferencia con el que se evaluará el resultado de la interacción entre la entidad y el estímulo, así como su representación en la política pública – tres opciones posibles: no adaptarse (solo considera impactos potenciales), protección total (construir infraestructura tanto sea posible para preservar el statu quo) y protección óptima es decir, optimización basada en la comparación de costos monetarios por los impactos potenciales con respecto a los beneficios de las acciones de adaptación).

De acuerdo con Adger (2006), los principales retos para la investigación en el área de vulnerabilidad son el desarrollo de indicadores sólidos y confiables, la inserción de métodos que incluyan la percepción del riesgo y de la vulnerabilidad, y la incorporación de avances en la investigación sobre gobernanza como parte de los mecanismos que median la vulnerabilidad y promueven acciones de adaptación y resiliencia.

El riesgo debe entenderse como “el producto de la probabilidad de un suceso [amenaza o peligro] por sus consecuencias [vulnerabilidad] (IPCC, 2007: 64)”. La magnitud de los impactos del cambio climático dependerán de diversos factores, tales como las características de los sistemas naturales y humanos, el nivel de desarrollo y la ubicación geográfica (Etkin y Ho, 2007).

En esta investigación *vulnerabilidad* se refiere al “grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, de su sensibilidad y de la capacidad de adaptación” (IPCC, 2007).

Mientras que por *capacidad adaptativa* se hace referencia a la “habilidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad y los extremos climáticos), moderar los posibles daños, y para tomar ventaja de las oportunidades o hacer frente a las consecuencias (Bharwani, *et al.*, 2008: 3; Füssel y Klein, 2006: 319), [es decir], la capacidad de adaptación de un sistema o una sociedad describe su habilidad para modificar sus características o comportamiento con la finalidad de hacer frente de mejor manera a los cambios en las condiciones externas” (Füssel y Klein, 2006: 319).

La vulnerabilidad de las personas a los cambios en los recursos hídricos depende de un rango de factores sociales, económicos y ambientales que afectan la habilidad para administrar dichos recursos (Downing y Bharwani, 2006). Es menester de la arena pública identificar las comunidades que son más vulnerables dentro de cada cuenca hídrica, en orden de priorizar acciones de mitigación y adaptación.

Una parte clave en los análisis de vulnerabilidad es la forma en que se representan sus dinámicas. Las personas son vulnerables a las decisiones de otras personas, sus percepciones

personales (y sociales) del riesgo, así como a factores externos; en suma, se presenta un complejo conjunto de respuestas que dificultan su valuación para incorporarse a las estrategias de gestión, particularmente ante la gran incertidumbre sobre los impactos del cambio climático (Bharwani y Downing, 2009).

No obstante, la incertidumbre no debe ser un factor para la inacción (Heltberg, *et al.*, 2009). El marco de análisis de vulnerabilidad es un instrumento útil para la hechura de políticas en materia de prevención de riesgos, toda vez, que permite identificar a los individuos, grupos, sistemas y lugares más propensos a ser dañados (Dow, *et al.*, 2007).

Un elemento central en los análisis de vulnerabilidad, y su vínculo con la gestión adaptativa, es el grado en el que el sistema vulnerable y los actores interesados están dispuestos a cambiar, a experimentar con nuevas estrategias y colaborar en la gobernanza adaptativa (Bharwani, *et al.*, 2008). En este sentido, el siguiente apartado de la investigación adelanta la evolución de los regímenes de gestión de agua y se extiende la explicación de la gestión adaptativa identificando sus atributos para vincular el concepto de vulnerabilidad con prácticas de manejo de los recursos hídricos y en general para entender la adaptación como un proceso socio-institucional.

I.2 Regímenes de gestión del agua: evolución del pensamiento conceptual.

Por régimen de gestión se hace referencia al “conjunto de tecnologías, instituciones¹⁵, factores ambientales y paradigmas que están altamente interconectados y que son esenciales para el funcionamiento del sistema de gestión, el cual está dirigido a cumplir una función social” (Pahl-Wostl, *et al.*, 2007: 8). Es decir, son las normas, reglas y procesos de toma de decisiones comunes, los cuales son construidos en determinada arena política y que toman forma alrededor de una convención internacional o una función social (Bisaro, *et al.*, 2010).

¹⁵ Se refieren al [conjunto de convenciones] y de reglas formales (e.g. leyes) e informales (e.g. normas) [compartidas por un grupo social] que determinan el comportamiento de actores; pero no las estructuras físicas que se conocen como organizaciones” (Pahl-Wostl, *et al.*, 2007: 8). En otras palabras, las instituciones regulan y coordinan la interacción entre individuos y grupos sociales.

Los regímenes están caracterizados por múltiples dimensiones estructurales las cuales pueden clasificarse de diversas maneras, no obstante, destacan ocho categorías (Pahl-Wostl, 2007; 2008; Pahl-Wostl, *et al.*, 2005; Pahl-Wostl, *et al.*, 2010; Pahl-Wostl, *et al.*, 2007; Pahl-Wostl, *et al.*, 2006; Pahl-Wostl y Sendzimir, 2005; Ridder y Pahl-Wostl, 2005):

- 1) Paradigma de manejo
- 2) Gobernanza
- 3) Integración sectorial
- 4) Escala de análisis y operación
- 5) Manejo de la información
- 6) Infraestructura tecnológica
- 7) Manejo de riesgos y finanzas
- 8) Elementos ambientales

De acuerdo con Medema & Jeffrey (2005), la estrategia política en el sector hídrico se ha desarrollado a partir una visión orientada a la oferta, pasando por una perspectiva orientada a la demanda, hacia enfoques más integrales.

El régimen de gestión dominante, con orientación hacia la oferta, se caracteriza por un enfoque de explotación de los recursos hídricos para la satisfacción de las crecientes demandas a través de la inversión en infraestructura hidráulica, con un gran énfasis en las soluciones políticas, financieras y técnico-operativas (Navarro, 2010). Deriva de un pensamiento mecanicista donde el sistema de gestión es separado en partes bien definidas, mismas que se analizan de manera individual; este tipo de régimen de manejo puede describirse como un sistema de “predicción y control” (Pahl-Wostl, *et al.*, 2007: 8).

Pahl-Wostl *et al.*, (2008; 2010) describen las principales características de este enfoque, a saber: el comportamiento del sistema puede ser predicho y controlado de manera óptima si se conoce el comportamiento de cada componente. La toma de decisiones se sustenta en marcos regulatorios incluidas las normas técnicas y las prescripciones legales. La información es desarrollada por expertos técnicos los cuales se enfocan en el monitoreo regular y la colección de datos. La infraestructura tecnológica es desarrollada a gran escala bajo el supuesto de que un mayor tamaño reduce costos y hace más eficiente su manejo.

A nivel internacional, la gestión del agua se encuentra en una fase de transición, se han comenzado a cuestionar los principios básicos en los que la gestión tradicional del agua se basa, con su énfasis en las soluciones técnicas y los enfoques de predicción y control (Pahl-Wostl, *et al.*, 2007; Pahl-Wostl, *et al.*, 2006):

- La crisis del agua es un problema de gobernanza y no problemas tecnológicos o de recursos,
- Reconocimiento del incremento en la incertidumbre debido al cambio climático, reduciendo la previsibilidad de las condiciones límite en que la gestión se realiza,
- El principio del que contamina paga y el control de la fuente contaminante, que están más en línea con el manejo sustentable del agua y que han ganado un apoyo creciente en las soluciones técnicas al final de la tubería.

La gestión integrada del agua, que ha sido fuertemente promovida como un más eficaz y eficiente y sirve como un principio rector para la gestión del agua (Medema y Jeffrey, 2005; Pahl-Wostl, 2008).

I.2.1 Gestión adaptativa del agua (AWM)

Capacidad adaptativa, resiliencia y vulnerabilidad se han propuesto como conceptos útiles en los procesos de gestión adaptativa porque pueden servir para desarrollar hipótesis sobre cómo se desarrollan las interacciones en el sistema socio-ecológico facilitando a los hacedores de política la toma de decisiones (Bharwani y Downing, 2009; Bharwani, *et al.*, 2008; Downing y Bharwani, 2006).

El marco analítico de gestión adaptativa del agua se promueve como una extensión esencial y oportuna del enfoque de gestión integral de los recursos hídricos (Pahl-Wostl y Sendzimir, 2005) mejorando sus bases conceptual y metodológica para realizar los objetivos planteados (Huntjens, *et al.*, 2007; Huntjens, *et al.*, 2008).

La gestión adaptativa pone su énfasis en las características estructurales del sistema de gobernanza, desarrolla una colección de hipótesis a cerca de los regímenes multinivel de

gobernanza que producen un resultado sustentable (Bisaro, *et al.*, 2010). La gestión adaptativa es “aprender a gestionar, manejando el aprendizaje” (Bharwani y Downing, 2009: iii), es decir, es un proceso estructurado para mejorar sistemáticamente las prácticas y los procesos a través del aprendizaje de los resultados de las estrategias de gestión implementadas (Huntjens, *et al.*, 2007; Huntjens, *et al.*, 2008).

Lo que lo hace distinto de otros enfoques es la necesidad de la evaluación cíclica del proceso de gestión a través de la participación de los actores relevantes, los cuales deben desarrollar una mayor capacidad para proteger sus intereses e incorporarlos en todo el enfoque del sistema para que el proceso de toma de decisiones y la gestión de recursos hídricos se haga de manera sostenible (Bharwani y Downing, 2009: iii). En comparación con los enfoques tradicionales de gestión de los recursos hídricos, la reevaluación de metas, objetivos y significados de cómo alcanzar una gestión más sostenible lo hacen más robusto para enfrentar las condiciones cambiantes y para atender las demandas de los ecosistemas (Huntjens, *et al.*, 2008).

El proceso de adaptación implica acción colectiva para administrar los recursos naturales a nivel local debido a que los impactos del cambio climático son diferenciados a través de una variedad de escalas y requieren cambios en el comportamiento hasta el nivel local para adaptarse a esos impactos (Bisaro, *et al.*, 2010). Requiere múltiples instancias de aprendizaje social para implementar y mantener enfoques de gestión innovadores, su desarrollo es cíclico y actúa bajo la premisa de que el aprendizaje social es necesario para construir una experiencia para hacer frente a la incertidumbre y el cambio (Huntjens, *et al.*, 2008).

En este sentido, la generación de conocimiento es necesaria pero no suficiente para desarrollar una mejor capacidad adaptativa en los sistemas socio-económicos ante un mundo en cambio continuo, para ello es necesario un marco analítico del contexto social e institucional en que se defina cómo desarrollar los procesos de adaptación con acciones concretas (Huntjens, *et al.*, 2008). En el cuadro I.3 se presenta una comparación entre ambos atributos del el régimen de gestión tradicional en contraste con uno adaptativo.

Tabla I.2 Comparación entre el régimen tradicional de gestión y uno adaptativo e integral.

Atributo	Régimen de predicción y control	Régimen adaptativo, integral
Paradigma de gestión	Predicción y control basado en un enfoque de sistema mecánico.	Aprendizaje y auto organización basado en un enfoque de sistemas complejos.
Gobernanza	Centralizada, jerárquica, con limitada participación de los interesados.	Policéntrica, horizontal, con amplia participación de los interesados.
Integración sectorial	Sectores analizados por separado, dando paso a conflictos de política y a problemas emergentes y crónicos.	Análisis intersectoriales, identificando problemas emergentes e integra la política y la implementación.
Escala de análisis y operación	Los problemas fronterizos surgen cuando las sub-cuencas de los ríos son la unidad de análisis.	Cuestiones transfronterizas dirigidas por múltiples escalas de análisis y de gestión.
Manejo de la información	Entendimiento fragmentado por lagunas y falta de integración de las fuentes de información.	Entendimiento integral logrado por fuentes abiertas, compartir información cubre las lagunas y facilita la integración.
Infraestructura	Infraestructura masiva y centralizada, un solo diseño de fuentes y de suministro de energía.	Escala apropiada, descentralizada, diversas fuentes de diseño y de suministro d energía.
Finanzas y Riesgo	Los recursos se concentran en la protección de la infraestructura (costos hundidos).	Recursos financieros diversificados en un amplio conjunto de instrumentos financieros, públicos y privados.
Factores Ambientales	Variables cuantificables como DBO o concentraciones de nitratos, que pueden medirse fácilmente.	Indicadores cualitativos y cuantitativos del estado de los ecosistemas y de los servicios ambientales que proporcionan.

Fuente: (Pahl-Wostl, 2007; 2008; Pahl-Wostl, *et al.*, 2005; Pahl-Wostl, *et al.*, 2010; Pahl-Wostl, *et al.*, 2007; Pahl-Wostl, *et al.*, 2006; Pahl-Wostl y Sendzimir, 2005; Ridder y Pahl-Wostl, 2005).

De acuerdo con lo anterior, se necesita cambiar de manera radical el paradigma¹⁶ tradicional de manejo de agua, descrito como régimen de comando y control, hacia un enfoque de aprendizaje con el que se incremente la capacidad adaptativa de las cuencas hídricas a diferentes escalas, e implica un cambio en todo el régimen de gestión de agua. El cambio de paradigma consiste en modificaciones estructurales mayores tanto en infraestructura como en los marcos regulatorios a través del proceso de aprendizaje el cual debe iniciar a nivel de modelos mentales (Huntjens, *et al.*, 2008).

De acuerdo con Pahl-Wostl (2008) y Ridder y Pahl-Wostl (2005) lo anterior se puede lograr a través de una gestión más participativa y un proceso colaborativo en la toma de decisiones, mayor integración en los temas y sectores, gestión de las fuentes del problema no de los efectos, enfoques de gestión descentralizados y más flexibles, cambio en las conductas humanas, incorporación del medio ambiente en los objetivos de gestión, fuentes de

¹⁶ Entendido como “el conjunto de supuestos básicos a cerca de la naturaleza del sistema a ser administrado, los supuestos de gestión y las vías por las que esos objetivos pueden ser alcanzados [...] se manifiesta en objetos tales como la infraestructura técnica, métodos de planeación, reglamentos, prácticas de ingeniería, modelos, etc.” (Huntjens, *et al.*, 2008: 19; Pahl-Wostl, *et al.*, 2006: 6).

información abiertas y compartidas, diseño de ciclos de aprendizaje basados en un enfoque de gestión global.

Supuestos para transitar hacia una gestión adaptativa de los recursos hídricos (Pahl-Wostl, 2007; 2008; Pahl-Wostl, *et al.*, 2005): 1. La gestión sostenible de los recursos hídricos y la implementación de una gestión más integrada, no se puede conseguir con los actuales regímenes de agua a menos que adopte una gestión más adaptativa del agua; 2. Los sistemas de a ser administrados (ambiental y humano) son demasiado complejos como para predecir con exactitud los resultados de la implementación del sistema de gestión, y mucho menos se puede conocer y controlar todos los procesos pertinentes; 3. El proceso de gestión es primordialmente político, y como tal su aplicación es en cierta medida un experimento; 4. La gestión adaptativa puede ser entendido como un “proceso sistemático para mejorar las políticas y las prácticas de gestión mediante el aprendizaje resultado de las estrategias de gestión implementadas”(Pahl-Wostl, 2008: 3).

Existen diferentes procesos de aprendizaje así como múltiples maneras de clasificarlos, no obstante, en esta investigación se utiliza el concepto de circuito de aprendizaje triple propuesto (Huntjens, *et al.*, 2007: 15-20):

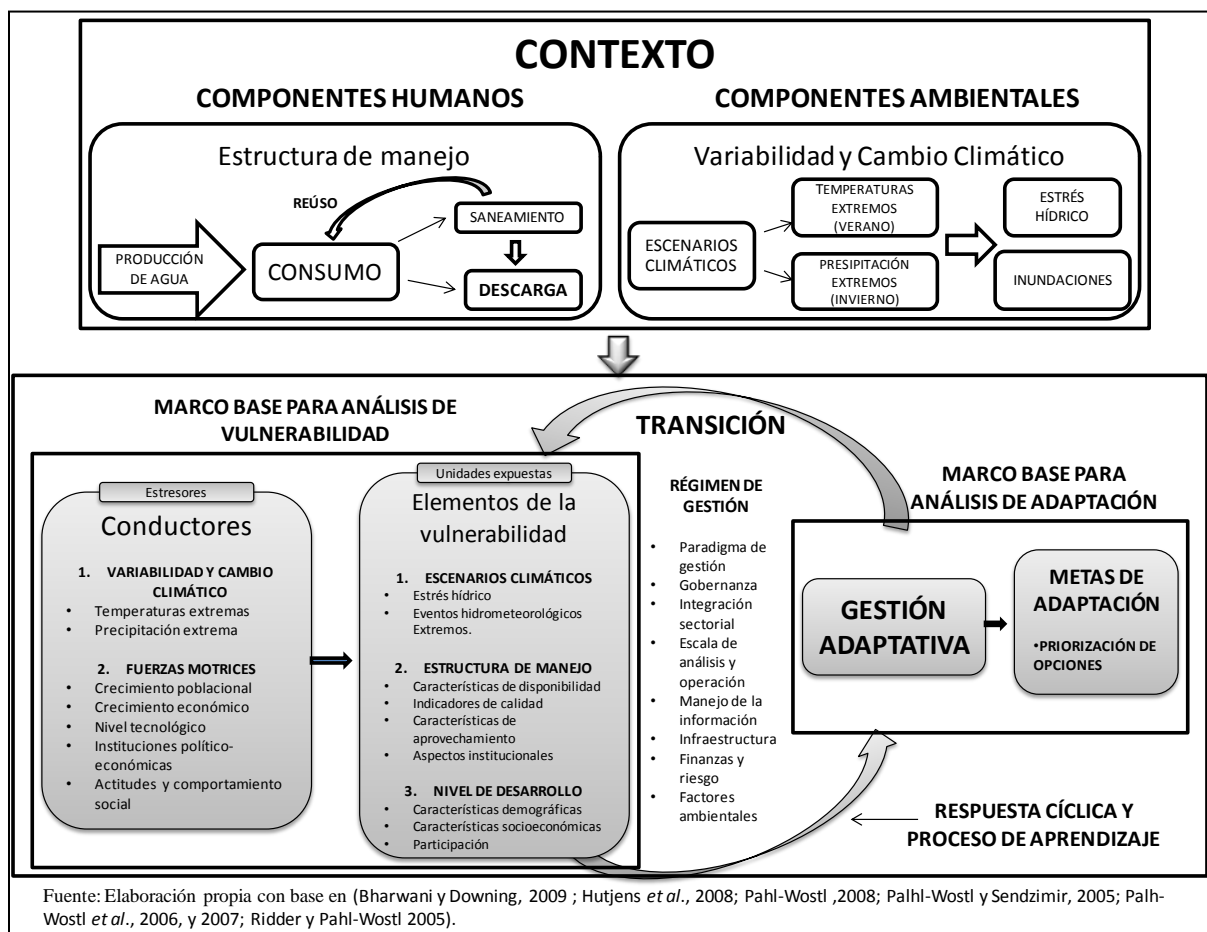
1. Circuito de aprendizaje simple (solución de problemas ad-hoc). Consiste en perfeccionar acciones para mejorar su rendimiento sin tener que modificar sus supuestos o sin tener que orientar completamente medidas alternativas. Este tipo de aprendizaje enfatiza el establecimiento de técnicas y el desarrollo de técnicas más eficientes.
2. Circuito de aprendizaje doble (replanteamiento). Se establece para cambiar el marco de referencia y los supuestos guías. Trabaja con correcciones o cambios en la función organizativa o la estructura; como pueden ser modificaciones en el personal, en los programas, o en las estructuras legales u organizacionales que incorporan nueva información, así como en el entendimiento de las relaciones causales que producen procesos intelectuales más perceptivos. Es decir, fomenta una gama más amplia de capacidades y una política más efectiva. Este tipo de circuito intenta identificar qué tipo de incertidumbre está presente en el sistema a administrar; aquí, la incorporación de escenarios climáticos en la hechura de las políticas es un parámetro importante para reducir la incertidumbre¹⁷.
3. Circuito de aprendizaje triple (régimen de transición/ cambio de paradigma). Implica la transformación del contexto para cambiar los factores limitantes que determinan el marco de referencia, y se refiere a

¹⁷ Incertidumbre es entendida como una situación en la que no existe un entendimiento único o completo del sistema a ser administrado.

las transiciones en todo el régimen de manejo. Aquí, los valores y las normas son establecidos por el contexto social. Este proceso de aprendizaje inicia con la identificación de nuevas posibilidades para la gestión del agua, las cuales se traducen en metas que son adoptadas por personas y organizaciones más allá de lo que conocen y piensan en función de su experiencia u ortodoxia organizacional, para transitar hacia un nuevo estilo de gestión.

Cuando el proceso de aprendizaje se realiza de acuerdo con el triple circuito, la transición en paradigma de manejo también inicia, resultando en cambios en la forma de pensar y en el comportamiento. Al consolidarse el aprendizaje, ocurren cambios estructurales en el marco normativo para hacer frente, por ejemplo, a inundaciones o sequías.

Ilustración I.2 resumen conceptual del documento.



I.3 Estrategia metodológica

La estrategia metodológica se compone de dos apartados. En primer lugar, con la finalidad de presentar una perspectiva detallada del contexto social, ambiental, económico, geográfico y climático de la ciudad de Tijuana se realizó un diagnóstico de vulnerabilidad y de adaptación del sector hídrico ante el cambio climático. En segundo lugar, se exponen los atributos del modelo de gestión adaptativa del agua y se comparan con el modelo tradicional de gestión (modelo de la oferta); a partir de dicho análisis se priorizarán opciones y estrategias para consolidar la transición del sector hídrico de Tijuana para atender el cambio climático.

I.3.1 Recopilación de datos

El estudio combina el uso de herramientas cuantitativas (indicadores socio-económicos, geográficos y climáticos) y cualitativas (entrevistas a actores clave, análisis de contenido de planes y programas). Con respecto a las primeras, se consolidó en una base de datos de la cual surgieron indicadores útiles para el diagnóstico de vulnerabilidad y de adaptación.

La información se obtuvo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): cuadernos estadísticos municipales y delegacionales, 2002-2006; encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares 1998-2010; censo de población y vivienda, 1950-2010; del Consejo Nacional de Población (Conapo): índice de marginación 2000-2005; de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat): sistema nacional de información ambiental y de recursos naturales; de la Comisión Nacional del Agua (CNA): Situación del subsector agua potable alcantarillado y saneamiento, 2003-2010, estadísticas del agua en México 2003-2011; inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación 2002-2007; de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT), 1990-2010; del Servicio Meteorológico Nacional (SMN): temperatura y precipitación 1970-2010; del Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred): serie impacto socio económico, 1980-2009; atlas nacional de riesgo del Instituto

Nacional de Ecología (INE): tercera y cuarta comunicación nacional de cambio climático, 2001 y 2009.

Con respecto a las segundas, se realizaron entrevistas a actores clave de la gestión de agua como son hacedores de política, administradores, funcionarios y académicos. Se diseñó y aplicó una entrevista de tipo semi-estructurada, utilizan el muestreo de tipo “bola de nieve”, el cual consiste en identificar individuos con las características deseadas. A su vez, estos informadores identificaron a otras personas con las características deseadas, y así sucesivamente.

La estructura de la entrevista compila nueve diferentes categorías de variables:

1. Definición de conceptos (vulnerabilidad y adaptación).
2. Agencia.
3. Sensibilización y educación.
4. Gobernanza y cooperación.
5. Desarrollo de políticas e implementación.
6. Manejo e intercambio de información.
7. Finanzas y recuperación de costos.
8. Manejo de riesgos.
9. Regulación.

Los resultados de la entrevista se analizaron con un enfoque cualitativo que permitió identificar los factores y las vías que conducen a un resultado particular derivado del régimen de manejo de recursos hídricos. Esta metodología de análisis, así como el diseño de la entrevista, se desarrolló a partir del método implementado por Huntjens, Pahl-Wostl & Grin (2007) y Huntjens *et al.*, (2008). Sin embargo, en esta investigación se realizó un diagnóstico de los atributos de gestión a partir del estudio de la literatura relevante y del análisis de las entrevistas a actores clave, con el objetivo de identificar la distancia entre el régimen de gestión de agua en Tijuana con respecto al régimen de gestión adaptativa del agua; en contraste, Huntjens *et al.*, recurrieron a la validación estadística basada en cuestionarios más estructurados.

A partir la recopilación de datos se presentan los resultados en el capítulo II, los cuales se desarrollaron en función de un análisis semi-cuantitativo, es decir, a través de combinar variables cuantitativas y cualitativas, las cuales se espera sean representaciones más robustas de configuraciones específicas de las condiciones de manejo adaptativo, mismas que conducen hacia la efectividad o a la no efectividad de la gestión del agua.

El tipo de análisis propuesto, es particularmente conveniente para representar un espectro más amplio de las condiciones causales asociadas a un resultado particular y para realizar conjeturas de esas condiciones.

I.3.2 Identificación de elementos de vulnerabilidad

Para la operacionalización de los conceptos vulnerabilidad y adaptación se aplicó el marco analítico APF como parte de la estrategia metodológica.

El APF consiste en cinco pasos¹⁸: 1. Revisión del proceso de adaptación, 2. Formulación de una estrategia de adaptación, 3. Evaluación de los riesgos climáticos futuros, 4. Evaluación de la vulnerabilidad actual y 5. Alcance y diseño de un proyecto de adaptación. Cabe mencionar que el APF se desarrolla como un marco flexible y hace ver al usuario que no es una especie de decálogo que se debe de seguir al pie de la letra, por el contrario, señala que no es necesario seguir todos los pasos o en la secuencia establecida.

Esta investigación se centra en el desarrollo de los pasos 4, 3 y 5. El paso 4 comprende la evaluación de los riesgos climáticos actuales (vulnerabilidad al cambio climático) y la evaluación de la vulnerabilidad para la adaptación climática (condiciones socioeconómicas; opciones base para la adaptación). Por su parte, el paso 3 abarca la evaluación del estado actual y de los cambios en las condiciones socio-económicas (tendencias socio-económicas; barreras y oportunidades para la adaptación), así como la evaluación de los riesgos climáticos futuros (tendencias climáticas; recursos naturales y tendencias ambientales). Por último, en el paso 5 se establece el proceso de desarrollo de capacidades para la adaptación: creación de conciencia de los riesgos asociados a determinados peligros; identificación de un portafolio

¹⁸ Para un análisis más detallado de componentes de cada paso véase Brooks y Adger (2005); Downing y Patwardhan, (2005).

de posibles opciones de adaptación; y la priorización de opciones con base en su factibilidad, eficacia y aceptabilidad.

Uno de los principales aspectos del análisis de vulnerabilidad y de capacidad adaptativa tiene que ver con su cuantificación. Existen diversas aproximaciones en torno a la medición de la vulnerabilidad, sin embargo, no existe un consenso en los indicadores apropiados para su cuantificación. En este documento utilizamos la propuesta por el IPCC:

“la vulnerabilidad al cambio climático está en función de la exposición, de la sensibilidad y de la capacidad adaptativa. [...] La estimación de las vulnerabilidades clave en cualquier sistema, así como los daños que aquellas conllevan, dependerá de la exposición (rapidez y magnitud del cambio climático), de la sensibilidad (que está parcialmente determinada, en su caso, por el estadio de desarrollo), y de la capacidad adaptativa” (IPCC, 2007: 64).

De acuerdo con esta definición planteamos seis categorías generales clasificadas de acuerdo con las dimensiones conocimiento de dominio (biofísico vs socioeconómico) y determinante de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa); éstas seis categorías constituyen el perfil de vulnerabilidad de un sistema o comunidad particular (recursos hídricos) para un peligro específico (variabilidad y cambio climático) en un momento en el tiempo (1990-2030).

La Tabla I.3 agrupa las principales variables que se utilizarán en esta investigación para el análisis de vulnerabilidad en función de los factores de vulnerabilidad, de acuerdo con las dimensiones dominio y determinante. El grado de exposición socioeconómico tiene que ver por un lado con la información disponible sobre eventos hidrometeorológicos, y también con los estudios socio-económicos de los impactos climáticos. Por otro lado, la exposición en términos biofísicos se utiliza para caracterizar los principales determinantes de la disponibilidad de agua, y también de los principales eventos hidrometeorológicos.

Respecto a la sensibilidad socioeconómica, hemos subdividido las variables en dos tipos: características de la población y aspectos institucionales. La primera da cuenta de la sensibilidad económica y social de personas, grupos y comunidades propensos a ser afectados. La segunda se refiere a la sensibilidad en términos de infraestructura, operación y presupuesto del sector hídrico. Por su parte, la sensibilidad biofísica las variables se han subdividido en dos tipos de características: disponibilidad y aprovechamiento. La primera

sirve para exponer la situación actual de los recursos hídricos, mientras que la segunda tiene que ver con el aprovechamiento humano del agua, así como su disposición final.

Tabla I.3 Variables proxy para analizar algunos elementos de la vulnerabilidad de los recursos hídricos en Tijuana en un contexto de cambio climático

DOMINIO DETERMINANTE	SOCIOECONÓMICO	BIOFÍSICO
EXPOSICIÓN	3ª y 4ª comunicación nacional de cambio climático; Modelos climáticos de Baja California; atlas nacional de riesgo; del departamento de comercio de Estados Unidos; Mapa de vulnerabilidad Hídrica.	Precipitación y Temperatura mensual; escorrentía; Fenómenos hidrometeorológicos; Escenarios climáticos regionales. Variabilidad climática. Disponibilidad de agua en las cuencas.
SENSIBILIDAD	<p>Características socio-demográficas: Composición de la población; Crecimiento poblacional; Población en zonas costeras; Hogares por estrato socioeconómico; Distribución del ingreso por deciles; Tipo de vivienda; Gasto monetario de los hogares en agua; Población con acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado; Redes sociales; pobreza; índice de marginalidad.</p> <p>Infraestructura: Plantas de tratamiento de aguas residuales; Tipo de tecnología para el tratamiento; Plantas potabilizadoras de agua; redes.</p> <p>Aspectos institucionales: Tarifas de agua para uso doméstico; Facturación de agua; Presupuesto público en el subsector agua potable y alcantarillado; Acceso a información climática; Participación ciudadana.</p>	<p>Características de disponibilidad: Grado de presión de los recursos hídricos; Fuentes de abastecimiento de agua (disponibilidad de agua en la cuenca); Salinidad y calidad del agua; Exportaciones e importaciones de agua virtual.</p> <p>Características de aprovechamiento: Consumo <i>per cápita</i> de agua; Uso consuntivo del agua; Volumen de agua potabilizada; Volumen de agua tratada; Descargas de materia orgánica en cuerpos superficiales</p>
CAPACIDAD ADAPTATIVA	Elementos de gestión para la definición de gestión adaptativa del agua: definición de conceptos (vulnerabilidad y adaptación); agencia; sensibilización y educación; gobernanza y cooperación; desarrollo de políticas e implementación; manejo e intercambio de información; finanzas y recuperación de costos; manejo de riesgos; regulación	Recurso potencial de agua: reúso de agua y desalinización; presas disponibles; conexión de emergencia; programa de pozos; eficiencia en el uso agrícola del agua.

Fuente: Elaboración propia con base en Füssel (2007); Füssel y Klein (2006).

Por último, la capacidad adaptativa se determina principalmente por el estrato socio-económico debido a que se relaciona directamente con las acciones humanas para adaptarse al cambio climático. Se hace un análisis comparado de entrevistas realizadas a tomadores de decisiones y académicos para determinar algunos elementos que permitan la transición hacia un régimen de gestión adaptativa. Aquí la capacidad adaptativa se hace operativa toda vez que sea entendida como “capacidad institucional gubernamental”, es decir, aquellas habilidades de los hacedores de política y administradores para influenciar cambios en la gestión pública, su objetivo central es fomentar la adopción y diseño políticas informadas e inteligentes, promover administradores con liderazgo para obtener y manejar recursos (económicos y humanos), comprometidos con las prácticas de evaluación de las actividades actuales a fin de orientar la actividad futura (Ramos, 2002).

Para el análisis de adaptación se realizó una revisión profunda de los planes y programas relacionados con la gestión de recursos hídricos y cambio climático, los cuales se mencionaron en el apartado anterior como parte de la capacidad adaptativa. La finalidad es conocer cuál es el discurso oficial en términos de adaptación en materia hídrica, para así identificar las acciones y barreras institucionales al proceso de adaptación, al menos a un nivel discursivo.

II PERFIL ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS MÉXICO: EL CASO DE LA REGIÓN NORTE DEL PAÍS

El capítulo dos proporciona un estudio general de la problemática en el sector hídrico en la frontera norte de México, se muestra el marco institucional y se identifica a los actores principales involucrados en la gestión del agua. Este apartado inicia con la descripción de la problemática del agua a los niveles nacional y regional. Posteriormente se estudian algunas de las posibles implicaciones de la variabilidad y el cambio climático sobre la disponibilidad de recursos hídricos. Por último, se presenta el diseño institucional mexicano en materia de agua.

En los últimos años, el agua ha dejado de ser un promotor de desarrollo para convertirse en una limitante (PND, 2007-2012: 39-40). Los recursos hídricos representarán para el siglo XXI lo que fue el petróleo en el siglo XX, determinando la riqueza de las naciones, la vida saludable de las sociedades, o sirviendo de pretexto para los conflictos bélicos (Saldívar, 2007).

El agua es un recurso ambiental ligado al desarrollo socioeconómico, es fundamental ya que proporciona servicios a ecosistemas asociados al ciclo hidrológico, además de ser necesario en todas las actividades productivas de la sociedad (Frausto, 2007). En suma el futuro de muchas sociedades girará en torno a la disponibilidad de agua.

A pesar de que el 70% de la superficie planetaria está cubierta por agua (el resto corresponde a los continentes), poco más del 97 por ciento del volumen existente es agua salada y se concentra en océanos y mares; el resto es agua dulce o de baja salinidad. La mayor parte del agua dulce está contenida en los casquetes polares, nieves eternas y glaciares (poco más del 75%), el 21% corresponde a aguas subterráneas y el 4% restante corresponde a cuerpos de agua superficiales (Conagua, 2010).

Se estima que el agua disponible para abastecer a los ecosistemas y la población humana representa el 0.55% del total del agua dulce, y el 0.1% del agua total del planeta (Carabias, *et al.*, 2009). Adicionalmente, la distribución del recurso es muy variable entre regiones del planeta y cambia según la época del año, convirtiéndola “en un factor limitante para la salud

humana, la producción de alimentos, el desarrollo industrial y el mantenimiento de los ecosistemas naturales y su biodiversidad, e incluso para la estabilidad social y política” (Carabias, 2005: 15).

La demanda por el recurso aumentó seis veces durante el siglo XX, pasando de de cerca de 80 a 6,000 Km³ por año, lo cual agudizó la competencia entre países, regiones, y entre distintas actividades (Carabias, 2005; Carabias, *et al.*, 2009). Es decir, la disponibilidad de agua actual por habitante es una tercera parte de lo que se tenía en 1970, debido en gran medida al vertiginoso crecimiento poblacional.

Por esta razón, a mediados de la década de los 90's los estudios sobre agua comienzan a evidenciar la gravedad de la situación global en materia hídrica, y se comienza a hablar de una crisis del recurso (Tabla II.1)

Tabla II.1 Foros y conferencias en los que se ha abordado la problemática del agua.

Año	Evento	Cede
1977	Conferencia de la ONU sobre el Agua	Mar del Plata
1977	Primer Foro sobre el Agua	Marrakech
1991	Conferencia de Dublín	Dublín
1992	Conferencia de la ONU sobre Desarrollo y Medio Ambiente	Río de Janeiro
2000	Segundo Foro sobre el Agua	La Haya
2001	Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce	Bonn
2002	Segunda Cumbre de Tierra	Johannesburgo
2002	Foro del Agua para las Américas en el Siglo XXI	Ciudad de México
2003	III Foro Mundial del Agua	Kioto
2006	IV Foro Mundial del Agua	Ciudad de México
2010	Diálogos por el Agua y el Cambio Climático	Cancún, México.

Fuente: Elaboración propia con base en Saldívar (2007).

La distribución natural del agua y el tamaño poblacional ocasionan que algunos países tengan abundancia natural del recurso, mientras que otros padezcan una severa escasez. Adicionalmente a los problemas de disponibilidad, en muchas regiones del mundo la calidad del recurso es inadecuada, la provisión de servicios hídricos es insuficiente, la inversión económica para cubrir los rezagos es magra, las actividades económicas compiten por el acceso al agua, entre otros (Carabias, 2005).

Actualmente, la mayor cantidad de agua que consume la humanidad se destina a la producción agrícola (83%), seguida del consumo urbano (12%) y el resto a las actividades industriales (5%) (Carabias, *et al.*, 2009). El uso agrícola se utiliza principalmente para el riego de cultivos, por su parte el consumo urbano se concentra en mantener el funcionamiento doméstico, mientras que el agua industrial tiene diversas funciones.

II.1 Balance regional de la disponibilidad de agua.

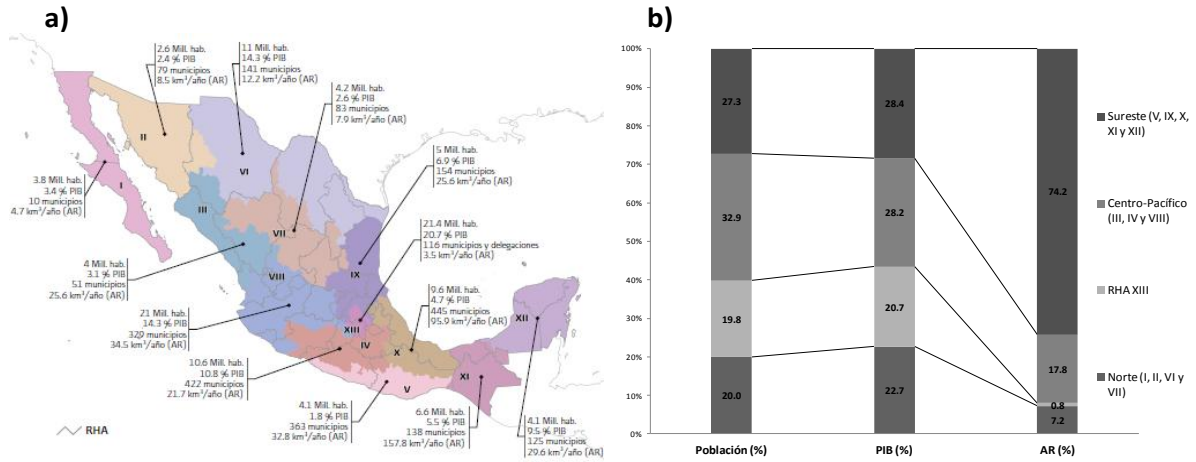
En México la disponibilidad física de los acervos de agua se distribuye de manera inversa a las dinámicas demográfica y económica, esto es, la mayor cantidad de fuentes de abasto de agua se concentran en el territorio de forma inversa a la distribución de la población y de las actividades productivas de alto valor agregado (Constantino, *et al.*, 2011). En la ilustración II.1, se muestra a detalle la distribución geográfica (superficie continental: Km²) de la disponibilidad natural media de agua (AR: hm³/año)¹⁹ y se presenta el contraste con las características demográficas (población: millones de habitantes a diciembre de 2009) y económicas (aportación al PIB²⁰) según las 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA) definidas desde la perspectiva federal (Conagua, 2011).

Como se puede apreciar, a lo largo del territorio nacional se presentan diversos contrastes entre las características regionales (Ilustración II.1). Por ejemplo, el sureste del país (RHA: V, IX, X, XI y XII) representa el 28% de superficie continental, concentra el 27.3% de la población nacional, contribuye con el 28.4% del PIB, y reúne el 74.2% del agua renovable. En contraste, el norte del país (RHA: I, II, VI y VII) constituye el 47.6% del territorio nacional, concentra el 20% de la población nacional, aporta el 22.7% del PIB, sin embargo, sólo dispone del 7.2% del agua renovable.

¹⁹ Volumen total de Agua Renovable (AR) superficial y subterránea que ocurre en forma natural en una región (Conagua, 2008a)

²⁰ Producto Interno Bruto

Ilustración II.1 Comparación entre la disponibilidad de agua y el aporte al producto interno bruto, según región hidrológico-administrativa.



Fuente: La ilustración a) setomo de Comisión Nacional del Agua, Estadísticas del Agua en México, 2011; figura b) Elaboración propia.

Un caso de particular interés es la RHA XIII debido a su importancia económica (20.7% del PIB) y demográfica (18.8% de la población) en relación a su casi nula disponibilidad natural media de agua (0.8%). No es casualidad que sea uno de los casos emblemáticos de la gestión hídrica en México; sin embargo, esta investigación pretende exhibir a las RHA de la frontera norte como casos de estudio con una importancia similar.

Consideremos dos indicadores adicionales a los descritos en párrafos anteriores. El primero es la disponibilidad natural media de agua *per cápita* (ARpc), el cual es útil para conocer la cantidad relativa de agua disponible por habitante (tabla II.2): la menor ARpc se encuentra en la RHA XIII con sólo 164 m³/habitante/año, mientras que en el norte del país se dispone de 1,540 m³/habitante/año, es decir, 9 veces la disponibilidad natural media el valle de México; para el caso de la región centro-pacífico con respecto al norte la relación es de 1.5 veces; mientras que la relación entre los regiones sur y norte es de 7.3 veces.

Tabla II.2 Regiones hidrológico-administrativas según población, aportación al PIB y disponibilidad de agua.

No.	RHA	No.	RHA
I	Península de Baja California	VIII	Lerma Santiago Pacifico
II	Noroeste	IX	Golfo Norte
III	Pacífico Norte	X	Golfo Centro
IV	Balsas	XI	Frontera Sur
V	Pacífico Sur	XII	Península de Yucatán
VI	Río Bravo	XIII	Valle de México
VII	Cuencas Centrales del Norte		

RHA	Población (%)	PIB (%)	AR (%)	ARpc (m ³ /hab/año)	ARpk (miles m ³ /Km ² /año)
Norte (I, II, VI y VII)	20.0	22.7	7.2	1540.8	35.6
RHA XIII	19.8	20.7	0.8	164.0	213.7
Centro-Pacífico(III, IV y VIII)	32.9	28.2	17.8	2301.6	177.3
Sureste (V, IX, X, XI y XII)	27.3	28.4	74.2	11610.3	622.9

Nota: 1hm³ = 1000000 m³

Fuente: Elaboración propia con base en Comisión Nacional del Agua, Estadísticas del Agua en México, 2011.

El segundo indicador, es la disponibilidad natural media de agua por kilómetro cuadrado (ARpk). Este indicador es útil para incluir la perspectiva territorial, es decir, la superficie continental entre la que se distribuye la disponibilidad de agua. Las RHA del norte del país presentan la menor disponibilidad de agua con apenas 35.6 mil m³ por kilómetro cuadrado, en contraste la RHA XIII presenta la mayor disponibilidad de agua (213.7 mil m³/km²/año), superior incluso a la del centro-pacífico (177.3 mil m³/km²/año), pero por debajo de la región sureste del país que la cual dispone de 622.9 mil m³/km²/año (tabla II.2). Este indicador puede servir como variable *proxy* para dimensionar el esfuerzo que requeriría en términos de infraestructura, transportar agua al interior y/o entre distintas RHA.

Al tomar en cuenta la cuenca temporal se hace evidente la agudización relativa de la escasez de agua en el norte del país (Tabla II.3). Según proyecciones de la Conagua (2011), para el año 2030 a nivel nacional habrá una reducción de la disponibilidad natural media de agua *per cápita* (ARpc) pasando de los 5,530.7 m³/hab/año disponibles en 2009 a 5001.9 m³/hab/año, con una tasa de variación media anual (TVMA) de -0.65 (%). Si bien, el decrecimiento en la disponibilidad de agua se observará en casi la totalidad del territorio, con excepción de las RHA III y V, la región norte del país padecerá los mayores efectos debido a que presenta un disminución media anual del orden de -1.27 (%), mayor incluso a la de la RHA XIII cuya tasa de variación es de -0.49 (%).

Como se muestra la tabla II.3, de realizarse las proyecciones de la Conagua (2011), La Península de Baja California será una de las RHA más afectadas debido a que presentará una reducción significativa en su disponibilidad natural media de agua *per cápita*: pasará de los 1,234 m³/hab/año en 2009 a tan sólo 789 m³/hab/año, con una TVMA de -2.11 (%). Otro caso que llama la atención es el de la RHA II, la cual es la segunda en términos de la reducción en su disponibilidad natural media de agua, misma que descenderá a una TVMA de -1.27 (%).

Ahora bien, la disponibilidad física de acervos de agua no es el único determinante para establecer un balance de la disponibilidad relativa de agua. Un elemento preponderante es el grado de presión sobre los recursos. Las RHA del norte ejercen una presión fuerte sobre sus recursos hídricos ya que concesionan alrededor del 73% de su agua renovable, mientras que en las RHA del centro-pacífico concesionan el 43.5%. Los casos extremos corresponden a las

RHA del sureste y el Valle de México (RHA XIII), las cuales concesionan el 4.7% y 132.6% respectivamente (Tabla II.3)

Tabla II.3 Proyecciones de disponibilidad natural media de agua por habitante y grado de presión sobre los recursos hídricos.

No.	ARpc 2009 (m3/hab/año)	ARpc 2030 (m3/hab/año)	TVMA* (%)	RHA	VTAC ¹ (millones de m ³)	AR ¹ (millones de m ³)	GP ³ (%)	Clasificación GP
I	1234.00	789.00	-2.11	I	3419.88	4666.60	73.28	Fuerte
II	3250.00	2290.00	-1.65	II	7702.55	8499.30	90.63	Fuerte
VI	1107.00	918.00	-0.89	VI	9243.13	12162.51	76.00	Fuerte
VII	1887.00	1729.00	-0.42	VII	3846.49	7898.35	48.70	Fuerte
Norte**	1869.50	1431.50	-1.27	Norte	24212.05	33226.76	72.87	Fuerte
XIII	164.00	148.00	-0.49	XIII	4657.71	3513.20	132.58	Muy Fuerte
III	6473.00	6754.00	0.20	III	10410.65	25630.41	40.62	Fuerte
IV	2040.00	1948.00	-0.22	IV	10704.40	21679.70	49.38	Fuerte
VIII	1646.00	1469.00	-0.54	VIII	14478.91	34533.27	41.93	Fuerte
Centro-Pacífico**	3386.33	3390.33	-0.19	Centro-Pacífico	35593.97	81843.38	43.49	Fuerte
V	7952.00	8162.00	0.12	V	1362.66	32823.82	4.15	Escasa
IX	5145.00	5013.00	-0.12	IX	4854.05	25564.10	18.99	Moderada
X	9937.00	9659.00	-0.14	X	4972.95	95866.22	5.19	Escasa
XI	23835.00	21041.00	-0.59	XI	2202.54	157754.10	1.40	Escasa
XII	7229.00	5105.00	-1.64	XII	2731.07	29645.30	9.21	Escasa
Sureste**	10819.60	9796.00	-0.47	Sureste	16123.27	341653.54	4.72	Escasa
Nacional**	5530.69	5001.92	-0.65	Total nacional	80587.00	460236.88	17.51	Moderada

* Tasa de Variación Media Anual: $TVMA = ((VI/Vi)^{(1/t-1)} - 1) * 100$
** Promedio de la región
Fuente: Elaboración propia con base en Comisión Nacional del Agua, Estadísticas del Agua en México, 2011.

1/ Volumen total de agua concesionado (a)
2/ Agua renovable (b)
3/ Grado de presión sobre el recurso hídrico: $GP = 100 * (a/b)$
Fuente: Elaboración propia con base en Comisión Nacional del Agua, Estadísticas del Agua en México, 2011.

La estadística hídrica nacional es convergente al establecer que las RHA del norte del país se enfrentan a una disminución dramática de sus acervos de agua, lo cual se ve intensificado por el fuerte grado presión sobre el recurso hídrico. No obstante, también influyen los patrones de consumo, los cuales pueden tener una repercusión directa sobre los patrones de abastecimiento.

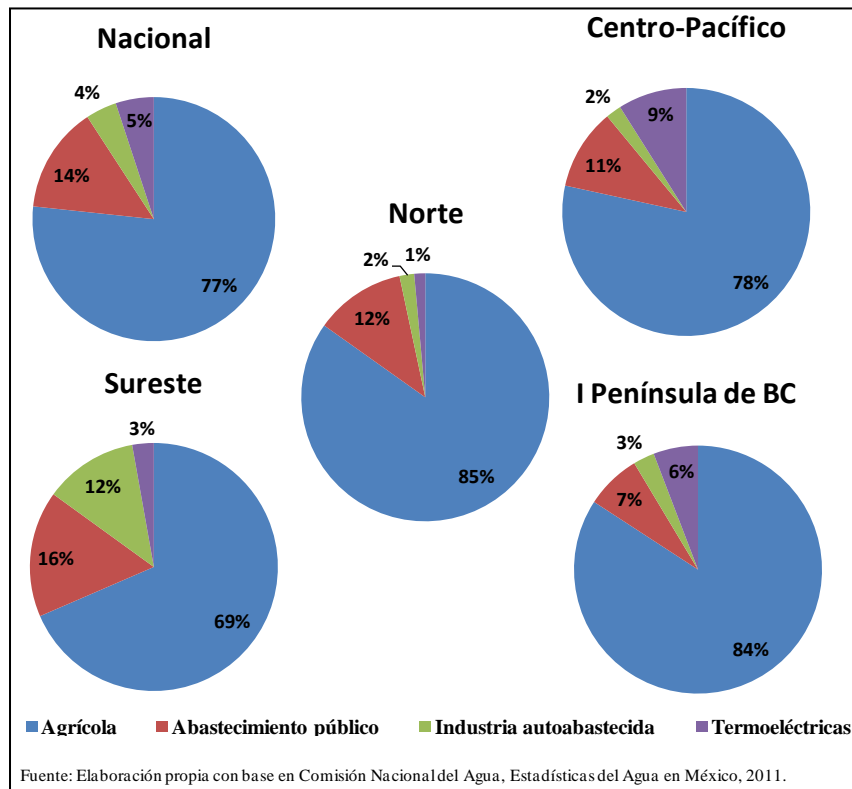
La ilustración II.4 presenta los patrones de consumo del recurso hídrico en México según diversas regiones. A nivel nacional la mayor proporción de volúmenes de agua se destina para el sector primario (77%), seguido del abastecimiento público²¹ (14%), y en menor proporción a la producción de electricidad²² y a la industria autoabastecida²³ con 5% y 4% respectivamente.

²¹ Se refiere al suministro de agua a través de la red pública para usos residenciales, industriales y de servicios (Conagua, 2008a).

²² Excluye la hidroelectricidad (Conagua, 2011).

²³ Hace referencia a la extracción y aprovechamiento a través de permisos (Conagua, 2008a).

Ilustración II.1 disponibilidad hídrica en distintas regiones de México, 2009.



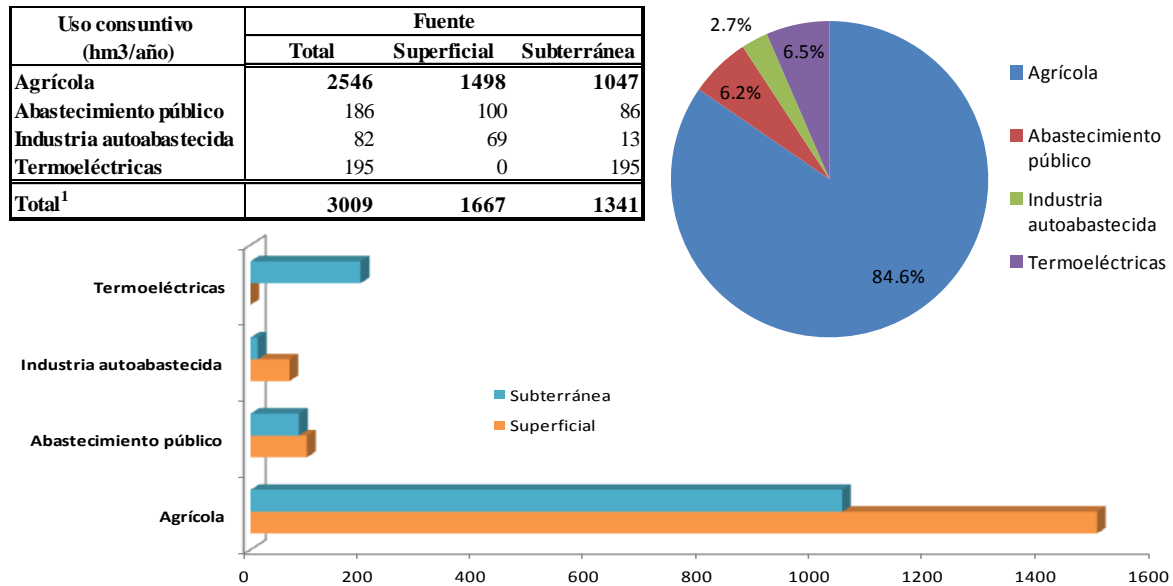
En la región sureste del territorio se destina un menor volumen de agua para uso agrícola (69%), seguido del abastecimiento público (16%), la industria autoabastecida (12%) y finalmente las termoeléctricas (3%). Paradójicamente en la región norte del país, primordialmente árida, se destina una mayor proporción de los volúmenes de agua para uso agrícola (85%) -superior incluso al nivel nacional.

En suma, en la región fronteriza entre México y Estados Unidos se están incrementando los problemas de escasez de agua debido, por un lado, a las condiciones naturales propias de la región, la cual es primordialmente árida (MacDonald, 2010; MacDonald, *et al.*, 2008); por otro, se debe al aumento en las demandas de agua derivado del rápido crecimiento de las áreas urbanas (Chávez, *et al.*, 2005; Cortez, 2005; Semarnat y EPA, 2006), a las altas tasas de consumo para la irrigación agrícola y al incremento en la demanda de agua para usos ambientales (Howitt, *et al.*, 2008).

Para cumplir con los objetivos planteados en esta investigación, a continuación se expone el caso del estado de Baja California. En esta entidad federativa la distribución de agua presenta

los siguientes características (Ilustración II.3): 84.6% corresponde al uso agrícola, 6.2% para el abastecimiento público, 6.5% para las termoeléctricas y únicamente el 2.7% para la industria autoabastecida.

Ilustración II.3 Usos consuntivos del agua en Baja California, 2009.



Fuente: Elaboración propia con base en Comisión Nacional del Agua, Estadísticas del Agua en México, 2011.

Respecto a las fuente de abastecimiento de agua, se encontró que la mayor proporción del agua proviene de una fuente superficial 55.4% del total, con las siguiente particularidades para cada uso (Ilustración II.3): del agrícola corresponde el 58.8%, aporta para el abastecimiento público el 53.8% y para la industria autoabastecida el 84.1%. Mientras que el agua subterránea aporta el 44.6% del total, con los siguientes porcentajes por cada tipo de uso: 41% del uso agrícola, 46.2% del abastecimiento público, 15.9% de la industria autoabastecida y el 100% de la termoeléctrica.

Como se puede apreciar, la escaza disponibilidad natural de agua en la RHA I y las características de su aprovechamiento en Baja California representan un primer acercamiento para establecer un balance de la disponibilidad efectiva de agua. Sin embargo, es preciso considerar las dinámicas demográfica y económica.

De acuerdo con Méndez (2009), la localización fronteriza de Baja California en colindancia con California, uno de los estados más poderosos de Estados Unidos, ha consolidado esta región como un polo de atracción demográfica y económica²⁴.

En la Tabla II.4 se aprecia la evolución de la población en los municipios fronterizos del norte de México, así como la evolución de la población en Baja California frontera norte de México y en Baja California.

Tabla II.4 Evolución de la población total en México y sus municipios fronterizos con Estados Unidos, según años censales, 1930-2010 (personas).

Año	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995*	2000	2005	2010
Estados Unidos Mexicanos	16552722	19653522	25791017	34923129	48225238	66846833	81140922	91158290	97483412	103263388	112336538
Franja Fronteriza	283395	412813	874643	1573892	2353061	3134307	4115419	4300000	5511785	6222757	6934007
Baja California	48327	78907	226965	520165	870421	1177886	1660855	2112140	2487367	2844469	3155070
Tijuana	11271	21977	65364	165690	340583	461257	742686	991592	1210820	1410687	1559683

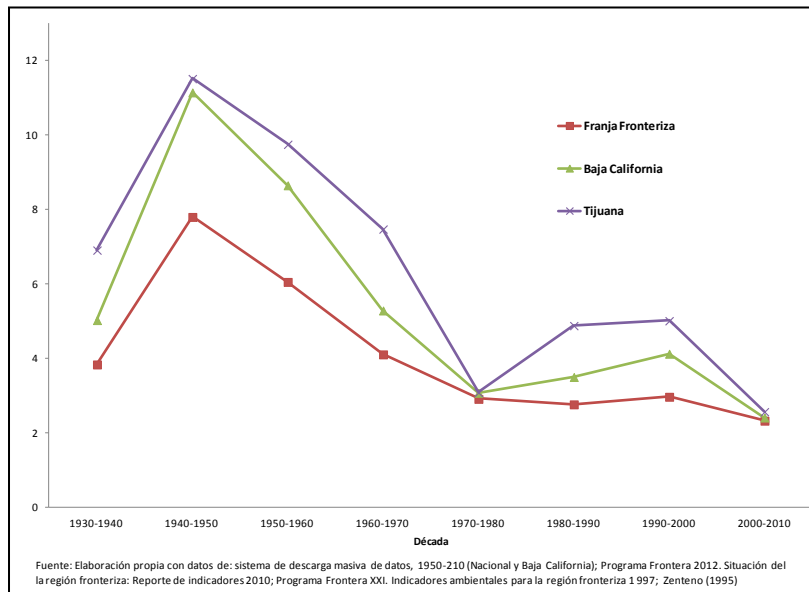
* La población para la Franja Fronteriza es estimada (Programa Frontera XXI)

n.d.: No disponible

Fuente: INEGI, sistema de descarga masiva de datos, 1950-210 (Nacional y Baja California); Programa Frontera 2012. Situación de la región fronteriza: Reporte de indicadores 2010; Programa Frontera XXI. Indicadores ambientales para la región fronteriza 1997; Zenteno (1995)

Si bien, persisten las altas tasas de crecimiento poblacional en la región fronteriza, su aceleración ha disminuido a lo largo del tiempo (Ilustración II.4).

Ilustración II.4 tasa de crecimiento poblacional promedio de la década en municipios fronterizos, Baja California y Tijuana, 1930-2010.



²⁴Los factores que favorecieron el aumento poblacional es la instalación de industrias maquiladoras y de servicios, así como la posibilidad de cruzar la frontera (Méndez, 2009). En este sentido, el crecimiento poblacional y la industria han ejercido una presión fuerte sobre los recursos hídricos (Semarnat y EPA, 2006).

En la Ilustración II.4 se pueden observar dos períodos de acelerado crecimiento. Los máximos históricos se dieron entre 1930 y 1950, alcanzando niveles del orden de 11.5, 11.1 y 7.8 por ciento, para Tijuana, Baja California y el total de los municipios fronterizos, respectivamente. Posteriormente se presenta una desaceleración que llevó a niveles de 3.1 por ciento para Tijuana y Baja California, mientras que en los municipios fronterizos llegó a 2.9 por ciento. La segunda etapa de altas tasas de crecimiento se presentó entre 1970 y 2000, cuya tasa crecimiento alcanzó el 5 (%) en Tijuana, 4.1 (%) en Baja California y 3 (%) en los municipios fronterizos. Posteriormente, se presenta una desaceleración en el crecimiento poblacional.

El crecimiento poblacional en Tijuana explica en gran medida por el crecimiento poblacional en Baja California y en toda la región de la frontera norte de México. Su población pasó de representar el 23.3 (%) del total estatal en 1930 a cerca del 50 (%) para 2010. Mientras que del porcentaje de los municipios de la franja fronteriza paso de 4 (%) a 22.5 (%) para el mismo período (Tabla II. 5).

Tabla II.5 Evolución de la población total en Tijuana por años censales, como porcentaje del total de los municipios fronterizos del norte del país y de Baja California, 1930-2010.

Año	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2005	2010
Franja Fronteriza	4.0	5.3	7.5	10.5	14.5	14.7	18.0	23.1	22.0	22.7	22.5
Baja California	23.3	27.9	28.8	31.9	39.1	39.2	44.7	46.9	48.7	49.6	49.4

n.d.: No disponible

* Estimado (Programa Frontera XXI)

Fuente: INEGI, sistema de descarga masiva de datos, 1950-210 (Nacional y Baja California); Programa Frontera 2012. Situación del la región fronteriza: Reporte de indicadores 2010; Programa Frontera XXI. Indicadores ambientales para la región fronteriza 1997; Zenteno (1995)

La dinámica demográfica de la franja fronteriza es explicada en gran medida por la migración hacia la región (Zenteno, 1995). Además por el crecimiento de la industria maquiladora de exportación en la región (Tabla II. 6). En 1993 en Tijuana se concentraba el 25.1 (%) del total nacional de la industria, y el 66 por ciento del total de Baja California. Sin embargo, para 2006 su participación ha presentado una disminución de casi 5 puntos porcentuales respecto al total nacional (20.5%). Mientras que la importancia respecto al total de la industria en Baja California es menor, con un disminución de 2.3 puntos porcentuales (63.7%).

También, la maquila representa el mayor porcentaje de aportación en términos de las actividades que contribuyen a la generación de valor agregado (Tabla II.7). Al respecto

también se ha presentado una disminución en las aportaciones, pasó de representar en 1993 el 72.1 por ciento del total de Baja California a 65.8 por ciento en 2006.

Tabla II.6 Establecimientos de la industria maquiladora de exportación en Tijuana*, 1974-2006 (Porcentaje del total nacional y de Baja California)

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 ^p
% Total Nacional	25.1	24.1	22.4	21.9	22.0	22.4	22.2	21.9	21.9	20.1	19.9	20.3	20.4	20.5
% Baja California	66.0	66.0	65.4	66.7	66.3	65.5	65.2	64.7	64.3	63.9	64.0	64.7	63.6	63.7

* Incluye Playas de Rosarito

^p Cifras preliminares

Fuente: Elaboración propia con datos de Zenteno (1995); INEGI, Estadística de la Industria Maquiladora de Exportación, 1993-2006.

Tabla II.7 Valor agregado de la industria maquiladora de exportación en Tijuana, 1993-2006 (Porcentaje del total nacional y de Baja California)

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 ^p
Total Nacional	14.8	15.6	15.7	16.1	15.8	15.9	15.3	15.4	13.7	12.3	11.9	12.3	11.9	12.0
Baja California	72.1	72.2	71.2	71.0	69.1	69.7	68.3	69.6	67.5	65.9	61.6	63.1	63.5	65.8

* Incluye Playas de Rosarito

^p Cifras preliminares

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, Estadística de la Industria Maquiladora de Exportación, 1993-2006.

Así, la desaceleración en la tasa de crecimiento poblacional se explica en gran medida por la disminución en las actividades productivas. Sin embargo, la importancia de Tijuana para la región fronteriza en términos de su aportación a la generación de valor agregado así como en su aportación en unidades industriales, es altamente representativo para la región fronteriza en su conjunto.

II.2 Estado actual y posibles impactos del cambio climático.

El potencial daño de alteraciones severas en el ciclo hidrológico constituye una amenaza o peligro que puede convertirse en factores que desencadenen un desastre²⁵. Dichas

²⁵ Independientemente del origen de las alteraciones, es indispensable calcular el nivel de riesgo de las sociedades a fin de evitar daños potenciales tanto físicos como sociales. El riesgo se compone de tres elementos, a saber (Quaas, 2005): 1) Peligro o amenaza: la probabilidad de que ocurra un evento en un lugar y un tiempo determinado, con suficiente intensidad como para producir daños; 2) Exposición: Cantidad de individuos,

alteraciones pueden originarse de dos componentes: 1) De procesos naturales que forman parte del sistema climático (Landa y Hernández, 2010; Landa, *et al.*, 2008); y/o 2) De los impactos potenciales del cambio climático, que afectarían las principales determinantes de la disponibilidad de agua -precipitación, temperatura y demanda evaporativa (Bates, *et al.*, 2008).

Desde la perspectiva federal mexicana, las amenazas futuras se asocian a las condiciones ambientales extremas derivadas del cambio climático. De acuerdo con el INE (2010), los escenarios climáticos sugieren que habrá una disminución en la precipitación pluvial, en combinación con temperaturas más llevadas, con lo que es muy probable que los problemas de estrés hídrico se agraven, particularmente en el norte y noroeste de México, representando la principal amenaza para el sector hídrico de estas regiones. En cuanto a la vulnerabilidad, un componente importante es el diseño institucional de manejo del recurso agua, que ha permitido atender la creciente demanda a través de la sobre explotación de acuíferos y fuentes de agua superficiales; con los respectivos problemas de contaminación de las fuentes de agua lo cual reduce su calidad y compromete la salud de la población; además, los cambios en el uso de suelo que han permitido asentamientos sobre la zona de recarga y que reducen la disponibilidad física del recurso.

Este contexto de menor disponibilidad de agua, mayor sobre-explotación de acuíferos, y demandas crecientes por el recurso son el escenario propicio para conflictos regionales e internacionales (Constantino, *et al.*, 2011). Por otro lado, las zonas expuestas a eventos hidrometeorológicos extremos son susceptibles a sufrir grandes pérdidas materiales (particularmente por los costos de la infraestructura) y humanas (INE, 2010).

Debido a lo expuesto con anterioridad, México es uno de los países que mayor atención le ha dado a las cuestiones relacionadas con el cambio climático, para ello ha promovido estrategias y programas de acción²⁶. Si bien, el país no está obligado a satisfacer metas

bienes, valores, infraestructura y sistemas susceptibles a ser dañados; 3) Vulnerabilidad: propensión de los sistemas a ser dañados.

²⁶ México es un país comprometido con la agenda internacional con respecto a la adopción de políticas de adaptación al cambio climático y de reducción de emisiones de gases efecto invernadero. En 1993 ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático como país no anexo I; en el 2000 ratificó el Protocolo de Kioto, el cual firmó en 1998. La CMNUCC entró en vigor el 21 de marzo de 1994 y el

cuantitativas de reducción de emisiones, el gobierno federal se ha comprometido metas propias de reducción. En concreto, sus obligaciones a la luz de los instrumentos internacionales sobre cambio climático se limitan a la presentación de las Comunicaciones Nacionales, donde se reportan el inventario de emisiones y las acciones contra el cambio climático. Al respecto, el desempeño de México a nivel internacional ha sido destacado, ya que es el único país en vías de desarrollo que ha presentado cuatro comunicaciones nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Para dar cumplimiento a sus compromisos adquiridos, el gobierno federal de México diseñó la Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007), que recopila los esfuerzos de planeación ante el cambio climático (CICC, 2007). Posteriormente publicó el Programa Especial de Cambio Climático 2007, con el que se pretende canalizar y desarrollar las orientaciones contenidas en la ENACC (Semarnat, 2010). Adicionalmente la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), institución rectora de la gestión ambiental, propone una agenda ambiental en la cual se incluye el cambio climático como estrategia transversal. También considera la elaboración de programas estatales de acción ante el cambio climático (PEACC)²⁷.

Son particularmente importantes para los objetivos de este trabajo los programas estatales de acción ante el cambio climático, esto se debe a que son instrumentos útiles para la planeación y desarrollo de políticas públicas estatales sobre cambio climático. Incluyen la preparación de inventarios de gases efecto invernadero y escenarios de emisiones; también la revisión de información sobre la variabilidad y el cambio climático a nivel local y estatal; así como la evaluación de la vulnerabilidad e impactos a diferentes sectores o regiones en las entidades federativas con el objetivo de determinar estrategias de adaptación y mitigación; se acompañan de un análisis del entorno institucional y de los factores socioeconómicos relevantes para la formulación de políticas (INE, 2010; Semarnat, 2010).

En cuanto a la institucionalidad vigente para atender los daños causados por eventos hidrometeorológicos, en México, la institución encargada de la protección de la población ante

Protocolo de Kioto el 16 de febrero de 2005; ambos instrumentos forman parte de la legislación mexicana con base en el artículo 133 constitucional (INE, 2010; Semarnat, 2010).

²⁷ Para mayor información sobre el tema véase <http://www.cambioclimatico.gob.mx/>

desastres naturales o humanos es la Secretaría de Gobernación (Segob), a través del Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc), teniendo como marco de referencia los criterios establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo.

El Sinaproc es el encargado de salvaguardar a la población, sus bienes y su entorno. Originalmente esta institución surge para remediar los impactos después de la ocurrencia de un desastre natural. Sin embargo, con la modificación en el año 2003 a las fracciones V y II de los artículos 3o y 4o, respectivamente, de la Ley General de Protección Civil, se le atribuye, además del Fondo de Desastres Naturales (Fonden), el Fondo para la Prevención de Desastres (Profeden).

El Profeden plantea como objetivo la “Gestión Integral del Riesgo”, para ello, propone que la gestión del riesgo debe iniciar justo en el momento en que entre los distintos elementos que propician su formación y nacimiento. Se reconoce explícitamente que el riesgo es socialmente construido (Sinaproc). En este programa se establecen tres fines: I. Reducción, previsión y control permanente y priorizado del riesgo a desastre de la población. II. El combate a las causas estructurales de los mismos y III. El fortalecimiento de las capacidades de resiliencia de la sociedad (DOF, 2010).

Se compone de dos grandes partidas presupuestales. Por un lado, del Programa Fondo para la Prevención de Desastres Naturales. Por el otro, de un Fideicomiso Preventivo. A su vez, dicho programa en conjunto, tiene los siguientes ejes de acción (*Ibidem*):

- I. Conocimiento del origen y construcción social del riesgo;
- II. Identificación de peligros, vulnerabilidades, riesgos y sus escenarios;
- III. Análisis y evaluación de los posibles efectos;
- IV. Acciones y mecanismos para la prevención de riesgos y mitigación de impactos;
- V. Desarrollo de una mayor comprensión y concientización de los riesgos; y
- VI. Fortalecimiento de la capacidad de resiliencia del gobierno y la sociedad civil.

Para que dicho programa sea operado, se creó el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), con el fin de proporcionar los requerimientos técnicos al Sinaproc. Dicho centro es el encargado de actividades de investigación, capacitación, instrumentación y difusión de acerca de los fenómenos naturales y antropogénicos que pueden producir situaciones de desastres, además proporciona bases científicas para mitigar los efectos negativos de de tales fenómenos, y coadyuva a preparar mejor a la población para enfrentarlos (Cenapred).

El Cenapred se encarga de la elaboración del Sistema Integral de Información Sobre Riesgo de Desastre, también conocido como Atlas Nacional de Riesgos. Dicho instrumentos tiene como objeto apoyar a las autoridades de protección civil en la toma de decisiones en ámbitos referentes a las siguientes funciones: implantar medidas de prevención de desastres, evaluar la pérdida de vidas humanas y materiales (antes y/o después de ocurrido el desastre), estimar el monto de recursos destinados a una zona afectada. Para alcanzar dichas metas, se sirve información cuantitativa en tres aspectos centrales: 1) Vulnerabilidad física, estado que guarda la infraestructura afectable por fenómenos naturales y extremos; 2) Evaluación del peligro, estimación espacial de la intensidad de los fenómenos, ya sean naturales o antropogénicos, para establecer estimaciones con niveles elevados de certidumbre; y 3) Identificación de la distribución espacial de la vulnerabilidad social, para ello utiliza información de distribución de la población por genero o edad, ingreso por persona, índice de marginación, viviendas con drenaje, entre otras.

II.3 Estructura de gobernanza del agua en México y su vínculo con la política de cambio climático.

La gestión del agua en México involucra los tres niveles de gobierno: El artículo 27 constitucional establece que los recursos hídricos son propiedad pública, controlado por el gobierno federal. A este nivel de gobierno le corresponde la planeación, la creación de infraestructura, la entrega de volúmenes de agua en bloque a las autoridades Estatales, la autorización de permisos de aprovechamiento para el autoabastecimiento y la generación de energía eléctrica, entre otras (Constantino, *et al.*, 2011)²⁸.

La gestión federal del agua se lleva a cabo de acuerdo a 13 regiones hidrológico-administrativas (Conagua, 2011) las cuales pueden llegar a incluir más de un Estado de la unión, esto se debe a que los acuíferos no obedecen la división política de las entidades federativas. Por su parte, la provisión de los servicios públicos de agua potable, drenaje,

²⁸ Además, el artículo 73 constitucional establece facultades al Congreso para expedir leyes sobre el uso y aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal (Navarro, 2010).

alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas se ejerce a nivel estatal o municipal, como lo estipula el artículo 115 constitucional, fracción III.

Para facilitar la gestión del recurso entre los distintos niveles de gobierno, la federación contempla los Consejos de Cuenca. En estos organismos descentralizados concurren las autoridades federales de las regiones hidrológico-administrativas que forman parte de una cuenca, las autoridades estatales en materia de agua, organismos operadores municipales y representantes de usuarios; con ello se busca que los tres órdenes de gobierno participen –de manera coordinada- en los procesos de planeación, análisis y ejecución de políticas hídricas (Constantino, *et al.*, 2011).

Respecto al marco legal que da certeza jurídica a la política hídrica nacional, el documento rector es La ley de Aguas Nacionales (LAN), promulgada en 1992 y su respectivo reglamento publicado en 1994. En esta ley se postulan como principios fundamentales la gestión integral del agua, la planeación y programación hidráulica, la mayor participación de los usuarios de agua y la seguridad jurídica de los derechos de uso o aprovechamiento, además el reconocimiento de que la cuenca junto con los acuíferos constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos.

Por su parte, La Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (LFDA), establece el marco legal y los mecanismos con los cuales el gobierno federal establece las tarifas por el uso de agua y por la descarga de aguas residuales en los cuerpos de agua de acuerdo con parámetros predefinidos. En adición, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA), en su enmienda de 1996, establece el carácter de obligatorio la realización y presentación del correspondiente Estudio de Impacto Ambiental, en ella se incluye el inventario de emisiones de descargas de afluentes de agua al ambiente (CTMMA, 2003).

A la ya entramada legislación ambiental se le incorpora la reciente Ley General de Cambio Climático (LGCC), expedida el 6 de junio de 2012. En dicha ley se establecen las disposiciones generales para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. El objeto de la LGCC es (artículo 2º): “garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la

mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero” (párrafo I); así como regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático (párrafo III). También busca “Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno” (párrafo IV).

Al nivel federal corresponde la planeación y establecimiento de las acciones de adaptación y mitigación así como aplicar y coordinar los instrumentos de política (artículo 5º), entre otros. A las entidades federativas corresponde conducir y evaluar la política estatal en materia de cambio climático, además de formular, conducir e instrumentar las acciones de mitigación, en concordancia con la política nacional (Artículo 8º), etc. Mientras que a los municipios les compete instrumentar políticas y acciones para enfrentar al cambio climático en congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo, la Estrategia Nacional, el Programa, el Programa estatal en materia de cambio climático y con las leyes aplicables (artículo 9º), particularmente en lo relacionado con la prestación del servicio de agua potable y saneamiento; el ordenamiento ecológico local y desarrollo urbano; lo relacionado a los recursos naturales y protección al ambiente de su competencia; así como las acciones de Protección civil, entre otros.

En suma, la gestión de del agua en México es un tema sumamente amplio y complejo, amplio porque involucra los tres niveles de gobierno (nacional, estatal, municipal) y porque incluye varias etapas del proceso de gestión (abastecimiento, infraestructura, tratamiento de aguas, contaminación, prevención de desastres hidrometeorológicos extremos, adaptación al cambio climático, etc.). Complejo, porque el tema de la gestión involucra diferentes factores como los económicos, sociales y ambientales.

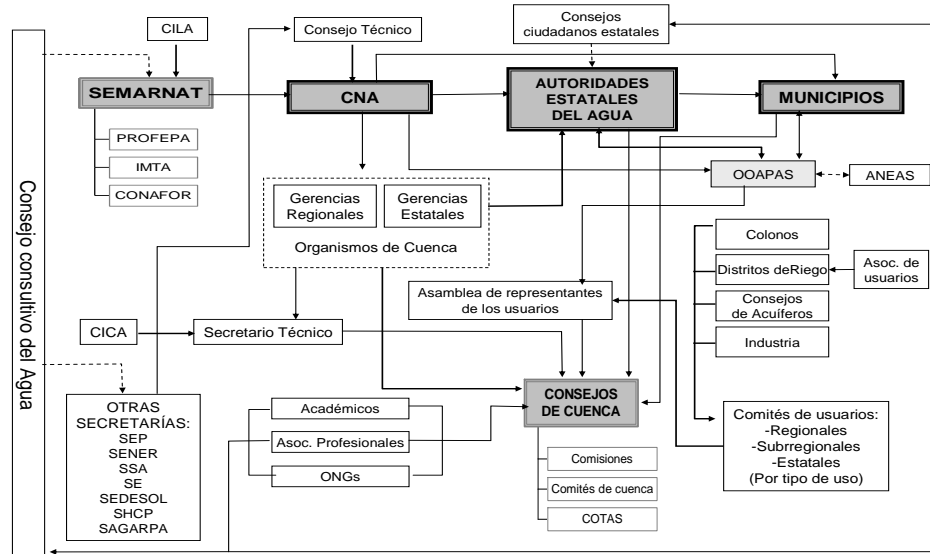
Debido a su acumulación de capacidades, la instancia encargada de la gestión es la Comisión Nacional del Agua (Congua o CNA)²⁹. Son parte de sus funciones administrar y preservar las aguas nacionales, y fomentar la participación de la sociedad para lograr un uso sustentable de los recursos hídricos. Se plantea cuatro objetivos: i) promover el manejo integrado y

²⁹ En 1989 se crea la Comisión Nacional del Agua (Conagua) como organismo Federal desconcentrado de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Naturales. Para 1994, la Conagua forma parte de la estructura de la nueva Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), misma que en el año 2000 se convierte en la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). La Samarnat es la institución encargada de la política en materia ambiental. Consagra un enfoque integral para fomentar la protección y conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales (Conagua, 2009).

sustentable del agua en cuencas y acuíferos; ii) mejorar el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico; iii) consolidar la participación de los usuarios y de la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura del buen uso; y iv) prevenir los riesgos derivados de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos y atender sus efectos (Conagua, 2010).

Para cumplir con dichas metas se divide en operativamente en tres grandes áreas: Oficinas Centrales, Organismos de Cuenca y Direcciones Locales. La función de las Oficinas Centrales es apoyar a los Organismos de Cuenca y Direcciones Locales en la búsqueda de un uso sustentable del agua en las regiones del país, establecer las políticas y estrategias hidráulicas nacionales, integrar el presupuesto de la institución y vigilar su aplicación, concertar la política crediticia, entre otras. Los Organismos de Cuenca son los encargados de vigilar, administrar y preservar las aguas nacionales en cada una de las regiones que les corresponde. Por su parte, las Direcciones Locales se encargan de aplicar las políticas, estrategias, programas y acciones de la Comisión en sus respectivas entidades federativas (Ilustración II.5)

Ilustración II.5 Esquema operativo de la estructura institucional de gobernanza en materia hidráulica.



Fuente: Tomado de Constantino *et al.*, (2011).

En el ámbito estatal y regional, se encuentran las Comisiones Estatales de Agua (CEA), estos organismos se crearon con la finalidad de descentralizar las funciones y los programas hídricos desde el poder federal hacia los gobiernos estatales, municipales y los usuarios, haciendo uso de los Consejos de Cuenca (Navarro, 2010).

Las instituciones encargadas de la gestión del agua han ido incorporando en sus planes, programas y políticas, la estrategia de gestión integral del agua para atender los rezagos actuales y retos próximos (PND, 2007-2012; Semarnat y EPA, 2006); así como para proteger las aguas superficiales y los mantos acuíferos de la sobre explotación, y al mismo tiempo para reducir la contaminación de los cuerpos de agua, haciendo que su calidad sea adecuada para el consumo humano (Plan-Indicativo, 2009; PND, 2007-2012; Semarnat y EPA, 2006)³⁰.

Para dichos fines, se ha impulsado el involucramiento de distintas dependencias y entidades de la administración pública (federal, estatal, municipal) en el desarrollo de políticas que promuevan el uso racional y la reutilización del agua a fin de alcanzar el equilibrio entre la disponibilidad y la demanda, y fomentar un uso eficiente del recurso en sus diversos patrones consuntivos (preponderando el consumo agrícola y el uso urbano), así como para disminuir la contaminación de los cuerpos receptores (PND, 2007-2012).

El tema del agua se incluye ampliamente en el Plan Nacional de Desarrollo (2007-2012). En dicho plan se describen las estrategias para revertir el deterioro de los ecosistemas – preservación de agua y suelo-, así como para conseguir la cobertura de agua potable y alcantarillado para todos los hogares mexicanos, promoviendo un manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos³¹ (eje 2, objetivos 10 y 16); para prevenir y atender los riesgos naturales, incluyendo el tema de gestión del riesgo en los planes de desarrollo urbano y en el marco normativo de los municipios. En el eje de acción 4, se establece el acceso al agua como derecho inalienable de la población, para ello propone “garantizar la gestión integral de los recursos hídricos con la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad” (PND, 2007-2012: 238).

30 Plan Indicativo para el Desarrollo Competitivo y Sustentable de la Región Transfronteriza México-Estados Unidos.

³¹ También se incluye en el eje 4, en sus objetivos 1 y 2.

Respecto al cambio climático, en el objetivo 11 se propone impulsar medidas de adaptación al cambio climático buscando preservar y fortalecer las funciones de amortiguamiento que existen en las cuencas hidrológicas y ecosistemas costeros, restaurar los cuerpos de agua, fortalecer al Servicio Meteorológico Nacional, al Sistema de Protección Civil, desarrollar escenarios climáticos regionales para evaluar los impactos, vulnerabilidades y estrategias de adaptación al cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos, comunicando oportunamente a la sociedad la información generada.

En suma, los temas del agua y cambio climático están presentes en el documento rector de las políticas públicas nacionales. Para alcanzar los objetivos y metas propuestos, se sirve de programas sectorizados en los que se describen las estrategias y acciones a realizar. A continuación describimos algunos programas relativos a nuestro tema de estudio.

En el Programa Nacional Hídrico 2007-2012 se plantea el agua como un recurso vital y de seguridad nacional (Conagua, 2008b). Dentro de los objetivos de la gestión del agua, el programa plantea mejorar la productividad del agua en el sector agrícola (objetivo 1); Promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos (objetivo 3); Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso (objetivo 5); Prevenir los riesgos derivados de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos y atender sus efectos (objetivo 6); Evaluar los efectos del cambio climático en el ciclo hidrológico (objetivo 7).

Para realizar dichos objetivos el PNH propone impulsar la investigación, el desarrollo tecnológico y la formación de recursos humanos en el sector hidráulico la creación de una Agenda Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Hidráulico. Y plantea algunas consideraciones en torno al manejo del agua: que el diseño de los planes sea consensuado y obligatorio para todos; una mayor participación social y difusión; la institucionalización de programas y el desarrollo de capacidades gubernamentales; el uso eficiente del agua y el cobro adecuado; la tecnificación de riego y selección de cultivos en función de la disponibilidad de agua, entre otros (Conagua, 2008b).

Por otro lado, en el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012, se plantean los mecanismos para disminuir la vulnerabilidad del sector hidráulico a los impactos del

cambio climático y para promover el manejo sustentable del agua. Se contemplan dos vías de acción: (1) La reducción de la emisión de gases efecto invernadero (GEI), y (2) El impulso de medidas de adaptación al cambio climático (PECC, 2009-2012; PND, 2007-2012).

Cabe mencionar que a pesar de que el discurso político plantea la implementación prioritaria de las estrategias de adaptación y mitigación ante los efectos del cambio climático, no se ha avanzado en igual magnitud en la política pública ya que la estrategia de adaptación queda supeditada a la de mitigación. Un análisis detallado del PECC 2008-2012, da cuenta que la estrategia de adaptación tiene un horizonte temporal de muy largo plazo seccionado en tres etapas: 1. Evaluación de la vulnerabilidad y la valoración de las implicaciones económicas, donde el principal producto es la creación del PECC (2008-2012); 2. Fortalecimiento de las capacidades específicas, a través de la construcción de sistemas de indicadores y seguimiento (2013-2030); y 3. Consolidación de capacidades específicas, en esta etapa se inscriben las metas de adaptación a largo plazo, indicando el grado de adaptación al 2050.

Con dicha estrategia se pretende reducir la vulnerabilidad del país ante el cambio climático a través del fortalecimiento de las capacidades de las personas y sus bienes, así como las de infraestructura y el equilibrio de los ecosistemas. El PECC 2009-2012, también contempla la instrumentación de políticas públicas transversales como eje de los planes de adaptación. Por ejemplo, propone una gestión integral de los riesgos relacionados con eventos hidrometeorológicos extremos.

Sin embargo, existen un gran número de limitantes para la realización efectiva de las políticas transversales en materia de cambio climático y gestión de agua. Un ejemplo de ello es la problemática en torno a las escalas espacial y temporal. La estrategia de adaptación al cambio climático es de mediano y largo plazos, implica la participación de los niveles federal, regional y estatal. Mientras que para los modelos de gestión de agua se consideran el corto y medio plazos, su diseño es a nivel federal y se reproduce en los estados, finalmente los encargados de la operación son los organismos operadores a nivel municipal o estatal.

Un problema adicional es que los encargados del diseño de políticas hídricas en México no han incorporado de manera consistente las proyecciones de disponibilidad de agua ni han dimensionado adecuadamente la escasez de fuentes de abastecimiento (Castro y Sánchez,

2004). En esta investigación se parte del supuesto de que los problemas de administración del agua son de tipo estructural debido a que se encuentran adscritos en el paradigma vigente de gestión del agua (modelo de oferta o tradicional).

Este modelo da por hecho que la problemática en el sector hídrico concierne a cuestiones técnico-operativas, y por lo tanto puede ser atendida a través de políticas de inversión para la construcción infraestructura –e.g. acueductos y de redes de distribución en los centros de demanda (Navarro, 2010). Por esta razón, se ha puesto poca atención a la realización efectiva de las políticas de eficiencia y ahorro de agua en las prácticas agrícolas, así como contar con márgenes de disponibilidad para el medio urbano a través del reúso de agua (Castro y Sánchez, 2004).

La tabla II.1 agrupa alcances y obstáculos de las políticas hídricas y de cambio climático, de acuerdo a diversos planes y programas. Se pone particular énfasis en cinco elementos de la gestión: valor público, actores, participación, integralidad y transversalidad. Además se exponen los principales obstáculos a dichos programas, así como las oportunidades para transitar hacia una gestión más adaptativa del recurso.

Es importante destacar que los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos sí son parte de la agenda estratégica de actores gubernamentales –aunque no a nivel local. De igual manera, se han preocupado por incorporar una gestión integral de los recursos hídricos en los planes y programas revisados (aunque con aún no se ha logrado implementar). No obstante, las políticas son fragmentadas más que transversales, se ha buscado que participen diversas secretarías sin una coordinación y cooperación intergubernamental e interinstitucional efectiva.

Tabla II.2 Alcances y obstáculos en las políticas hídricas y de cambio climático, según diversos planes y programas.

Elementos de Gestión	PND 2007-2012 ¹	Plan Indicativo (DCySRTMex-EU) ²	Programa Frontera 2012 ³	PECC 2009-2012 ⁴
Objetivo	Acceso al agua; Cobertura de infraestructura (agua potable, alcantarillado, aguas residuales), preservación del recurso.	Calidad de vida de la población: acceso equitativo al agua limpia.	Estudios sobre la calidad y cantidad de agua; gestión sustentable de los recursos hídricos (acceso futuro al recurso).	Acceso al agua y conservación del recurso; ampliación y adecuación de infraestructura hidráulica y de servicios; reducción de la vulnerabilidad en líneas costeras y zonas inundables.
Participación	Gobierno Federal, Estatal, Municipal y la población.	Gobierno mexicano y estadounidense; Comisión Internacional de Límites y Aguas.	Gobierno mexicano y estadounidense; academia.	Gobierno Federal, Estatal y Municipal; academia y participación social activa.
Misión	Gestión de riesgo en planes de desarrollo urbano y en el marco normativo de municipios.	Colaboración binacional (acuerdos) para encarar la escasez del agua y las posibles implicaciones del cambio climático.	Mejorar la medición de flujos superficiales y medidas para aumentar la eficiencia en el uso del recurso.	Adecuación y ampliación de infraestructura; capacidades estratégicas de adaptación en políticas, y programas; investigación y desarrollo tecnológico.
Integralidad	Manejo Integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos	Manejo Integrado del agua a lo largo de la frontera México-Estados Unidos.	Plan integral ambiental fronterizo.	Manejo integrado y sustentable del agua; Gestión integral de riesgos;
Actores	Servicio Meteorológico Nacional; Sistema de Protección Civil.	Gpo. Binal. para Acc. de Coop. Conj. Méx.-E.U. Río Colorado; CILA	SEMARNAT y EPA	SAGARPA, SCT, SEDESOL, SEMARNAT, SENER, SER, SHCP
Obstáculos	Insipiente gestión intergubernamental; Poca información confiable y comunicación y cooperación limitadas.	Recursos hídricos escasos vs intereses distintos; asimetrías socio-económicas entre las poblaciones. Dificultades para la cooperación entre gobiernos.	Dificultades para la cooperación entre gobiernos; asimetrías socio-económicas.	No hay una gestión integral del agua real. Los esquemas de adaptación son a muy largo plazo. Fallas en la coordinación intersectorial e interinstitucional.
Oportunidades	Implementación efectiva de medidas de adaptación en el sector hídrico, incorporando la información derivada de los escenarios climáticos regionales.	Sensibilización de actores binacionales para encarar los problemas en materia hídrica y de cambio climático como un problema común.	Búsqueda de consensos entre actores y búsqueda de oportunidades de cooperación intergubernamental e interinstitucional.	Incorporación efectiva de la estrategia de adaptación en los planes, programas y políticas públicas. Búsqueda de consensos entre actores involucrados y sensibilización de los mismos.

¹ Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012

² Plan Indicativo para el Desarrollo Competitivo y Sustentable de la Región Transfronteriza México-Estados Unidos.

³ Programa Ambiental México-Estados Unidos: Frontera 2012

⁴ Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012.

Fuente: Elaboración propia con base en PND 2007-2012, Plan indicativo, Programa Frontera 2012 y Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012.

III ALGUNOS ELEMENTOS DE LA VULNERABILIDAD EN EL SECTOR HÍDRICO FRENTE A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO: DEL ENFOQUE REGIONAL AL LOCAL.

El énfasis en esta investigación es sobre las condiciones y los procesos a nivel local que permiten lidiar con los efectos del cambio climático, por esta razón se presenta el perfil contemporáneo de la gestión del agua en Tijuana. Posteriormente se presenta el diseño institucional contemporáneo de Tijuana, es decir, la configuración institucional del organismo operador de agua (CESPT) en cuanto a su estructura de manejo de los recursos hídricos. En el apartado tres se exponen los escenarios climáticos regionales y sus implicaciones para la gestión del agua. Finalmente, se presentan algunos elementos de la fragilidad institucional para afrontar la variabilidad y el cambio climático.

Tijuana se localiza en la Cuenca del Río Tijuana (CRT). La CRT abarca un área de 4,430 km²; dos terceras partes de su extensión se encuentran en México en el estado de Baja California y el resto en Estados Unidos en el estado de California (Ganster, 2010; Rodríguez, 2009). Se caracteriza por laderas empinadas y accidentadas, así como por un clima mediterráneo. Los patrones climáticos en combinación con las características topográficas (con cambios abruptos de elevación) y la influencia del Océano Pacífico dan como resultado la presencia de muchos micro-hábitats que acogen una gran diversidad de plantas y animales, sin embargo, muchas especies de flora y fauna están amenazadas o en riesgo³² (Ganster, 2010; Nagler, *et al.*, 2009).

La precipitación total anual varía de 150 mm en la zona costera a 650 mm en las zonas montañosas elevadas, la mayor parte se produce por tormentas escasas e intensas durante el invierno; las temperaturas varían de 8 a 18°C, pero en invierno las zonas montañosas pueden presentar temperaturas de 0°C o menos; la mayoría de los ríos localizados en la cuenca son intermitentes, y alcanzan sus caudales máximos entre noviembre y abril. Una parte de los escurrimientos de agua son capturados en las presas de ambos países (Ganster, 2010).

El crecimiento de la actividad humana dentro de la CRT, en la parte que le corresponde a México, presenta un uso intensivo de la cuenca baja y en la parte media alrededor de Tecate

³² La cobertura vegetal está dominada por matorral costero de salvia y chaparral, humedales (bosques riparios y estuarios) y bosques de encinos y coníferas en las montañas (Ganster, 2010: 188).

y Valle de Las Palmas al este de Tijuana (Ganster, 2010). Tijuana no cuenta con suficientes fuentes locales de abastecimiento de agua para atender las crecientes demandas (Castro y Sánchez, 2004). El 96% del agua que consumen los usuarios dentro de la cuenca proviene principalmente del Río Colorado, para el caso de Tecate y Tijuana (CESPT, 2006), y del mismo río pero al norte de California para el caso de San Diego; el agua es administrada por la agencia correspondiente en cada país (Ganster, 2010).

La escasez relativa de agua así como la competencia por su aprovechamiento para diversos fines consuntivos, generan un escenario propicio para la tensión social y el conflicto entre distintos actores (Constantino, 2006; Constantino, *et al.*, 2011). Tijuana tiene un papel primordial en la dinámica económica y demográfica de Baja California y de todos los municipios fronterizos.

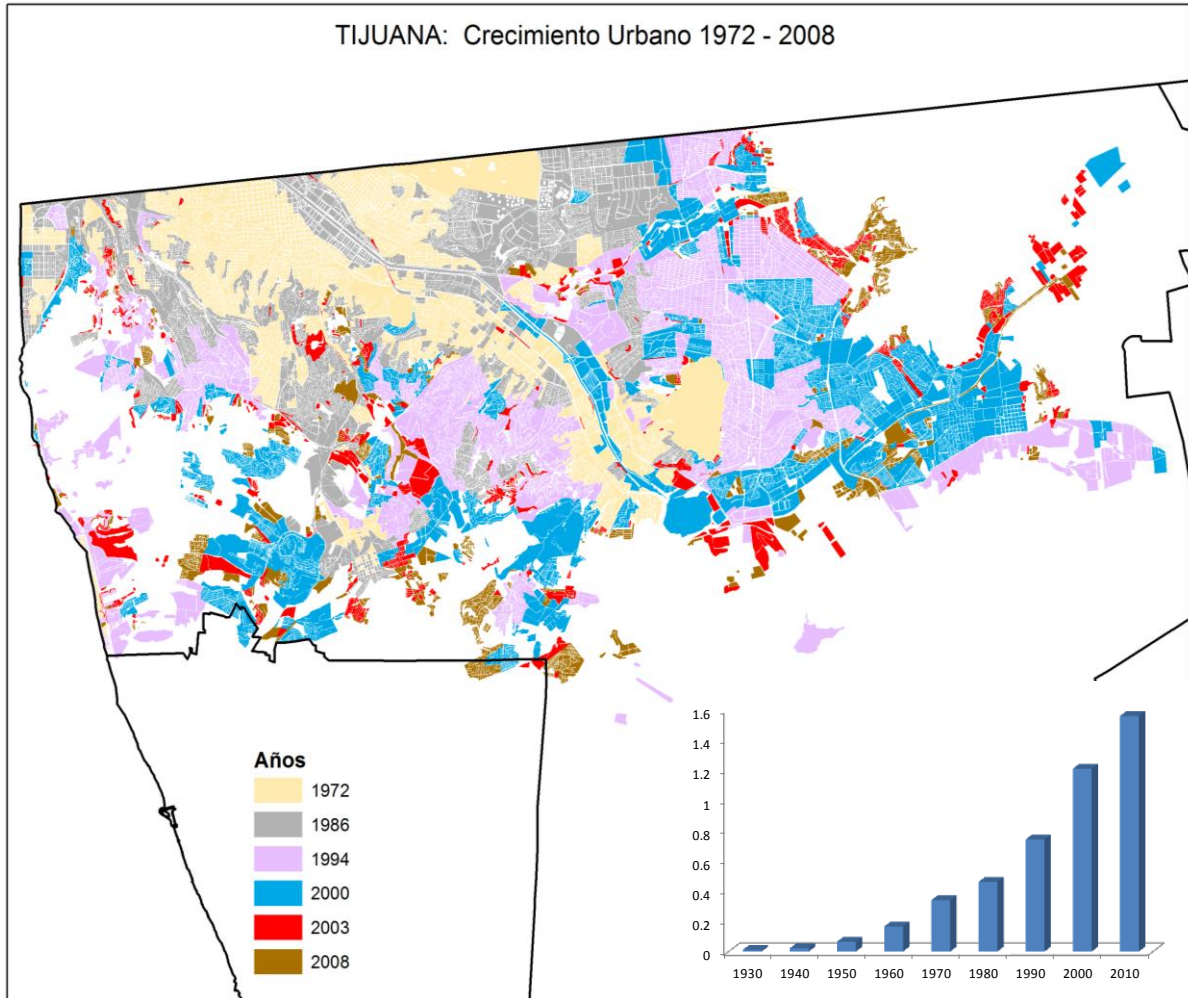
Según datos censales correspondientes al período 1930-2010 el porcentaje de la población estatal que concentra Tijuana se ha incrementado constantemente (Tabla III.1): entre 1930-1950 representaba menos del 30%; ya para 1980 representaba 39.2% y para 2010 corresponde al 49.4%. Mientras que del total de los municipios fronterizos pasó del 4% en 1930 al 22.5% en 2010.

Tabla III.1 Evolución de la población en Tijuana, 1930-2010.

Año	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2005	2010
Franja Fronteriza	4.0	5.3	7.5	10.5	14.5	14.7	18.0	23.1	22.0	22.7	22.5
Baja California	23.3	27.9	28.8	31.9	39.1	39.2	44.7	46.9	48.7	49.6	49.4
n.d: No disponible											
* Estimado (Programa Frontera XXI)											
Fuente: INEGI, sistema de descarga masiva de datos, 1950-210 (Nacional y Baja California); Programa Frontera 2012. Situación del la región fronteriza: Reporte de indicadores 2010; Programa Frontera XXI. Indicadores ambientales para la región fronteriza 1997; Zenteno (1995)											

El acelerado aumento poblacional en Tijuana se ha traducido en un proceso de creciente urbanización fomentando una alta concentración en la ciudad (Ilustración III.1) Con el proceso de expansión suburbana se va dando una proliferación acelerada de nuevas áreas habitacionales, que en gran medida corresponden a asentamientos irregulares –representando el 43% de la superficie y alojan al 53% de la población- y a fraccionamientos residenciales e industriales (Alvarez, *et al.*, 2008).

Ilustración III.1 Crecimiento poblacional y urbano en Tijuana, 1930-2010.



Fuente: Bocco *et al.*, (1993); INEGI, sistema de descarga masiva de datos, 1950-210 (Baja California); Zenteno (1995).

La expansión física de la ciudad se ha basado en un proceso de invasión de la tierra para asegurar su tenencia, posteriormente se busca el abasto de servicios públicos para posteriormente incorporar los predios al mercado inmobiliario (Bocco, *et al.*, 1993). Por esta razón, la dotación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado se obstaculiza, ya que el crecimiento urbano se concentra en áreas de difícil acceso sobre terrenos no aptos para la urbanización (Bocco, *et al.*, 1993; Romo, 1996).

No obstante, datos de la CESPT (2006) indican que la cobertura de agua potable pasó de un 58 por ciento en 1984 a 96 por ciento en 2006, mientras que la cobertura alcantarillado paso de 52 (%) en 1984 a 79.3 (%) en 2006. Con ello se muestra un éxito relativo en términos de

las atribuciones primarias del organismo operador. Sin embargo, el drenaje pluvial es inadecuado o no está disponible en diversas zonas de la ciudad (Bocco, *et al.*, 1993).

Si bien, las condiciones físicas que afectan al ciclo natural del agua -evaporación, condensación, precipitación, transpiración, infiltración y escorrentía- son el factor preponderante para determinar la disponibilidad de agua, sin embargo, también influyen las conductas humanas (condiciones institucionales, estilos de consumo y patrones de abastecimiento) que alteran el ciclo hídrico transformando un proceso natural en otro administrativo en el que interviene el órgano encargado del manejo del recurso (De la Rosa, 2010).

III.1 Diseño institucional contemporáneo del sector hídrico en Tijuana.

Actualmente, la institución encargada de la administración del agua en Tijuana y Playas de Rosarito es la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT). De acuerdo con la Ley de Comisiones Estatales de Servicios Públicos del Estado de Baja California “LCESPEBC” (GobBC, S.F.): la CESPT es un organismo público, descentralizado del gobierno del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propios, con domicilio en la ciudad de Tijuana (artículo 1°).

Son parte de sus funciones todo lo relativo al cumplimiento y realización de los sistemas de agua potable y alcantarillado de aguas negras del municipio; la ejecución directa o por contratación de obras; la operación y mantenimiento de los sistemas; la prestación de servicios mencionados; la recaudación de los derechos que les corresponda; y el desarrollo de actividades que directa o indirectamente conduzcan a lograr los objetivos indicados (artículo 2°).

Es administrada por un consejo (artículo 4°) el cual está integrado por siete consejeros (artículo 5°): i) el gobernador del Estado; ii) el secretario de asentamientos humanos y obras

públicas; iii) el secretario de planeación y finanzas; iv) un representante ciudadano³³; v) dos representantes de la iniciativa privada³⁴; vi) el presidente municipal.

De acuerdo con el artículo 13° de la LCESPEBC, son facultades del consejo de administración son: adoptar los planes para la prestación de los servicios a cargo con forme a los estudios que al efecto se realicen; ordenar la ejecución de obras conforme a los planes adaptados y tomar toda clase de decisiones en relación con ellas; autorizar la obtención de préstamos; fijar las normas de organización, administración y funcionamiento; entre otros.

Cabe destacar que el artículo 115 constitucional establece que son los Municipios las instancias encargadas de operar la provisión de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado. Sin embargo, los municipios pueden recurrir al gobierno estatal para que sea este el encargado de dichos servicios; tal es el caso de la CESPT. La estructura organizacional de la CESPT es de tipo vertical y jerárquica (Flores, 2008; Navarro, 2010)³⁵.

La estrategia actual de abastecimiento de agua consiste en su importación desde grandes distancias fuera de la cuenca donde se localiza. De acuerdo con Navarro (2010), el aprovechamiento del agua se ha dado como un proceso lineal en el que el agua se distribuye, consume, trata y desecha.

³³ Previamente seleccionado por el gobernador del Estado de una terna propuesta por el cabildo del municipio.

³⁴ Seleccionados por el gobernador del Estado de las ternas propuestas por la Cámara de Comercio y la delegación municipal de la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación.

³⁵Respecto a la estructura organizacional: 1. Dirección General, es el puesto más alto que corresponde al dirección general quién es el representante del organismo. El cual es apoyado por tres unidades: 1.1 Unidad de relaciones públicas, permite la comunicación al interior del organismo y es el contacto con el exterior; 1.2 Unidad de auditoría interna, supervisa el uso de los recursos humanos, materiales y financieros; 1.3 Unidad jurídica, encargada de contratos, convenios y demandas (Flores, 2008: 45-46).

Los siguientes niveles son subdirecciones con sus respectivos departamentos: 2. Planeación (6), encargada de la dirección estratégica de la administración mediante el cumplimiento y actualización del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, así como el análisis periódico de indicadores de gestión del organismo; 3. Operación y mantenimiento (4), se encarga principalmente del sistema de redes y agua potable; 4. Saneamiento (4), maneja el tratamiento y alejamiento, así como el control de descargas de las aguas residuales; 5. Construcción (4), le competen los nuevos proyectos de expansión de la cobertura; 6. Comercial (2), cubre la asistencia a usuarios, opera el sistema de micromedición y realiza la cobranza del servicio; 7. Administrativa y financiera (5), encarga principalmente del manejo recurso humano y cuestiones financieras del organismo; 8. Gestión social (3), realiza el control al clandestinaje, la promoción de nuevas cuentas de agua y alcantarillado, así como la cultura del agua (Navarro, 2010: 146). Para mayor información sobre la estructura orgánica y las funciones de cada nivel véase el Reglamento Interno de la CESPT, 2011. Disponible en: http://www.cespt.gob.mx/transparencia/articulo/pdf/seccXVI/REG_Interno.pdf

No obstante la CESPT, además de otros Organismos Operadores, ha tenido un desempeño destacado en la realización de sus atribuciones primarias (Tabla III.2). De acuerdo con Rodríguez (2008) estos logros se han conseguido gracias a la participación de la organización panamericana de la salud en la promoción de políticas y técnicas, capacitación y políticas de mantenimiento preventivo electromecánico, transmisión de experiencias y desarrollo institucional.

Otra posible explicación es que debido a la escasez de agua en el norte del país, los organismos operadores de ciudades como Monterrey, Mexicali, Tijuana, Tecate y Ensenada, se ven obligados a realizar un mejor manejo del recurso (Pineda y Salazar, 2008). Estas ciudades con mayor eficiencia física y comercial son más eficientes que Organismos Operadores privados.

Tabla III.2 Ciudades según indicadores de desempeño, 2006 (porcentaje y pesos por m³).

a) Ciudades con indicadores de eficiencia altos			b) Ciudades con indicadores de eficiencia bajos		
Ciudad	Agua Contabilizada	Recaudación	Ciudad	Agua Contabilizada	Recaudación
Mexicali	77%	3.86	Campeche	49%	0.62
Tijuana	73%	8.04	Ecatepec	49%	0.90
Tecate	71%	6.75	Tapachula	48%	0.53
Monterrey	66%	5.10	Villahermosa	35%	0.49
Ensenada	63%	5.85	Oaxaca	33%	0.88
Guanajuato	62%	4.21	Chetumal	28%	0.48

Fuente: Pineda y Salazar (2008).

Sin embargo, a diferencia de los organismos públicos, no absorben recursos fiscales y obtienen ingresos para el Estado; además, las tarifas no son mayores que en los organismos operadores del Estado (Contreras, 2008). Quadri (2008), señala que los organismos pueden ser eficientes sin importar si son públicos o privados, el éxito de su operación tiene que ver con el majo al interior del organismo.

Por su parte Barkin (2008), señala que el título de mejor sistema público de gestión en México tal vez lo ostenta Monterrey (segunda Ciudad más importante); sin embargo, Tijuana, centro de plataforma de exportación de la industria maquiladora, compite por el título. En contraste, la eficacia global de servicio de agua urbano a nivel nacional es de

aproximadamente 30 por ciento³⁶. De acuerdo con Martínez *et al.*, (2008) el éxito en los programas de agua potable en el norte de México se debe a que su diseño corresponde a un diagnóstico adecuado de sus contextos, lo que los ha mantenido en niveles de eficiencia superiores a la media nacional y en casos particulares con niveles equivalentes a organismos similares en países desarrollados.

III.2 Escenarios climáticos para la región noroeste de México.

Con el propósito de evaluar los efectos del cambio climático en el estado de Baja California, el gobierno del Estado, la Semarnat y el Conacyt apoyaron la realización del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC-BC, 2010(PEACC-BC, 2010)) . Este programa tiene como objetivo la producción de escenarios regionales de cambio climático para el siglo XXI³⁷ con la finalidad de evaluar los posibles impactos que podría producir el cambio climático en diferentes sectores socio-económicos.

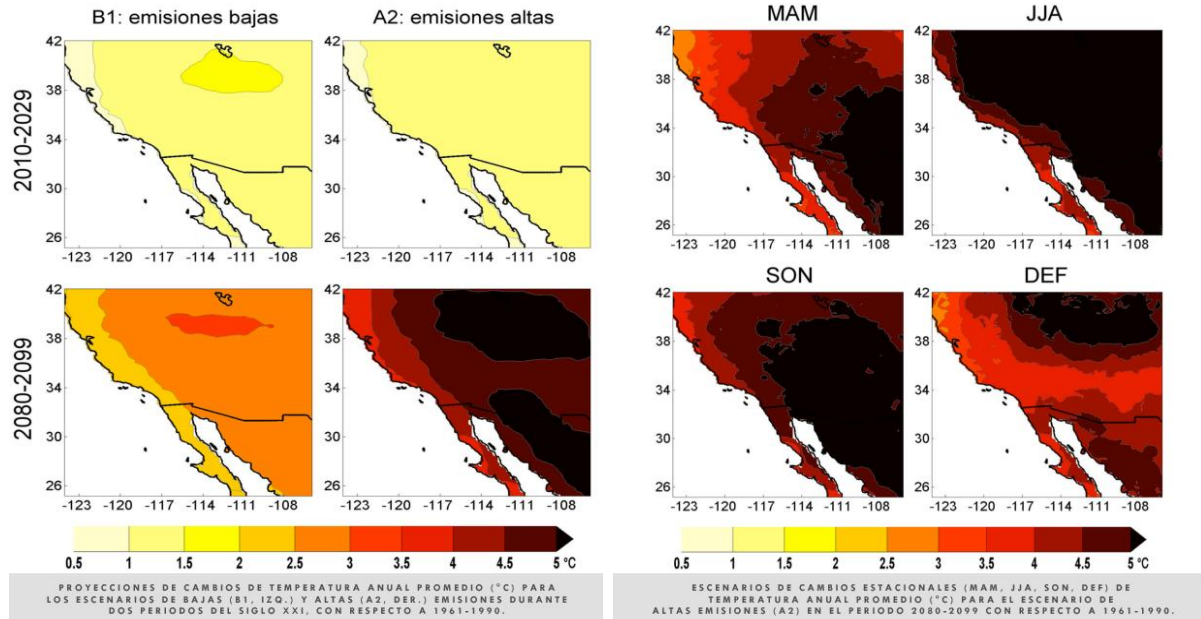
Una de las consideraciones primordiales para la estimación de los efectos del cambio climático hace necesario evaluar los posibles cambios en la temperatura y la precipitación a nivel regional. Para la obtención de proyecciones, el PEACC-BC considera dos escenarios de incremento de gases de efecto invernadero (GEI) establecidos por el IPCC: B1 (bajas emisiones) y A2 (altas emisiones).

De acuerdo con los resultados preliminares del programa, se estima un incremento en la temperatura media anual superior a 1°C para los próximos 20 años, el incremento es consistente en ambos escenarios de emisiones. Mientras que el incremento esperado para finales de siglo (con respecto a 1960-1990) es de 3°C bajo el escenario B1 y de hasta 5°C bajo el A2 (Ilustración III.2). Con respecto a las proyecciones de cambios estacionales para finales de siglo se pueden observar las temperaturas máximas en verano de hasta 5°C y otoño de hasta 4°C bajo A2 (Ilustración III.2); mientras que 2029 el aumento promedio anual es de 1°C, las temperaturas extremas (mínima y máxima) podrían aumentar entre 1°C y 3°C; se proyectan altas temperaturas y mayor evaporación en los meses de verano.

³⁶ Este indicador resulta de la combinación entre la eficacia física –proporción de agua real facturada a los clientes con respecto al agua "producida" por las plantas de tratamiento- cuyo valor es de aproximadamente 60%- y la determinación de eficacia comercial –la relación entre el agua realmente pagada y el volumen facturado a los clientes- el valor promedio ronda el 50% (Barkin, 2008).

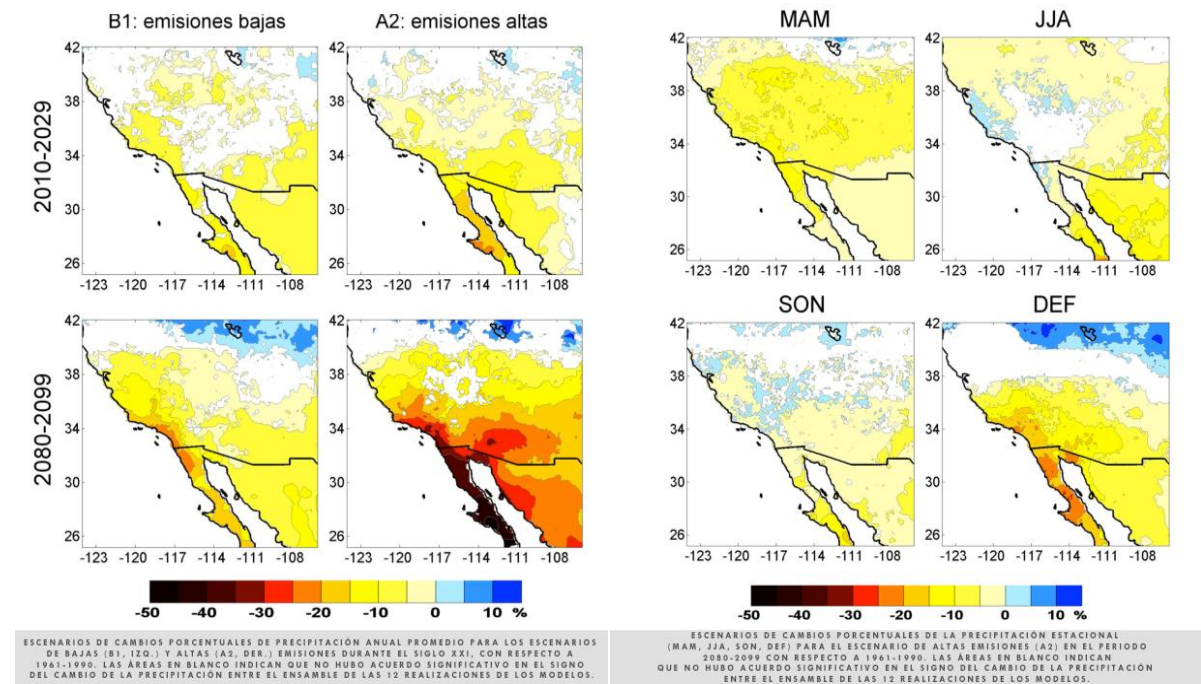
³⁷ A una resolución de 12 km.

Ilustración III.2 escenario climático de aumento de temperatura a final de siglo.



Fuente: Tomado del PEACC-BC, 2010.

Ilustración III.3 Escenario climático de precipitación para finales de siglo.



Fuente: Tomado del PEACC-BC, 2010.

Estos resultados son preocupantes debido a que Baja California se localiza en una zona primordialmente árida, esta zona es particularmente vulnerable al cambio climático debido a

que además del incremento en la temperatura para los próximos 20 años se proyecta una reducción en la precipitación anual del 12% y de hasta 15% para finales de siglo (bajo el escenario B1). El escenario de emisiones A2 plantea una reducción mayor, de hasta 20% para finales de siglo, pero con una alta variabilidad en los meses de invierno, es decir, se espera una reducción mayor en los meses de invierno y primavera (Ilustración III.3)

De acuerdo con estos resultados preliminares, se podrían presentar varios años con sequías seguidos de algunos años lluviosos; también se esperan afectaciones a los cultivos de primavera-verano que requieren humedad y frío; se esperan ondas de calor más intensas para los próximos 20-30. Estos eventos climáticos podrían tener efectos principalmente en la salud de la población por los golpes de calor, en la disponibilidad de agua y energía, en la agricultura, la ganadería y el turismo (PEACC-BC, 2010).

Debido a la importancia de los impactos del cambio climático para las ciudades en el estado de Baja California, también se estimaron escenarios climáticos locales (A2 y B2) para las ciudades Mexicali, Tijuana y Ensenada, los resultados preliminares son: incremento en la temperatura mínimas en las tres ciudades, donde el principal aumento lo registra Mexicali ya que se proyecta un incremento de hasta 4.2°C en otoño para la década de 2080; en cuanto a las temperaturas máximas, para el mismo período se estima un incremento de 4.4°C en Mexicali y Tijuana.

En lo relativo a la precipitación, se espera un ligero aumento en Mexicali en las estaciones de otoño e invierno. En contraste, para finales del siglo XXI (bajo A2) se espera una reducción de hasta 20% en la precipitación de las estaciones invierno y primavera para las ciudades de Tijuana y Ensenada.

Las estimaciones nacionales son congruentes con las proyecciones regionales para la Cuenca del Río Colorado (CRC). Se estima que la disponibilidad de agua en la CRC ha disminuido a lo largo del siglo XX debido a la creciente variabilidad hidrológica y climática del sistema (Matter, *et al.*, 2010), sin embargo, la demanda de agua está aumentando al mismo tiempo que la oferta disminuye debido a una menor cantidad de nieve acumulada en las montañas que abastecen la cuenca. También se han encontrado incrementos en los extremos

hidrometeorológicos en los años que se presenta el niño así como disminuciones durante los años de la niña (Timilsena, *et al.*, 2009).

El Río Colorado suministra la mayor cantidad de agua para las ciudades del suroeste de los Estados Unidos y noroeste de México (Cañón, *et al.*, 2007). Recientemente se han experimentado sequías prolongadas en la región que comprende el suroeste de California, en la Cuenca de Sacramento y la Cuenca Alta del Río Colorado (MacDonald, *et al.*, 2008), lo que se traduce en un limitante más para garantizar el suministro de agua para esta región.

En suma, las implicaciones de la variabilidad y el cambio climático, que presentan un escenario de incrementos en las sequías y eventos extremos, presentan retos considerables para la planificación y la gestión del agua sobre todo para satisfacer las crecientes demandas (Dawadi y Ahmad, 2012).

III.3 Fragilidad institucional en materia hídrica ante los posibles efectos de la variabilidad y el cambio climático: inundaciones y sequías.

En la sección anterior se expuso cómo el contexto de cambio climático presente en la región suroeste del Estados Unidos y el Noroeste de México representa una posible reducción de agua en para ambas naciones. La cuenca del Río Colorado es altamente sensible a la variabilidad y el cambio climático. Esto es preocupante debido a que la mayor parte de los recursos hídricos que dispone Tijuana provienen del Río Colorado Tijuana con lo que muy probablemente se agudizarán los problemas de escasez.

En adición, la cuenca del Río Tijuana –que afecta el nivel la presa Abelardo (1.4%) y a los Pozos Río Tijuana y Arrollo Alamar (1.1%)- es igual mente vulnerable a los impactos del cambio climático. De acuerdo con Das *et al.*, (2010), la escorrentía en la cuenca disminuye cuando la precipitación disminuye o cuando aumenta la temperatura: una reducción del 10% de la precipitación conduce a una reducción en promedio del 20% de la escorrentía, mientras que un aumento de la temperatura de 1° C produce una reducción del 3%.

Debido a que el agua es un recurso compartido entre Estados Unidos y México, los más serios obstáculos para garantizar agua a las poblaciones de ambos lados de la frontera

proviene de deficiencias institucionales relacionados con el Tratado de Aguas de 1944, ya que el contexto ha cambiado, ya que han transcurrido casi 70 años de su firma, además de que su lenguaje contiene ambigüedades, pero sobre todo, porque no considera los problemas cruciales de esta era de escasez de agua (Sánchez-Rodríguez y Mumme, 2010); ni atiende el suministro de agua para preservar las funciones ecológicas, ni los problemas de salinización del Río, agravados por los períodos de sequía prolongada (Sánchez, 1992).

En el tratado de 1944 garantizó el suministro de agua en el Río Colorado y el Río Grande, y además un mecanismo de trabajo para resolver las disputas –la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA)-. A México corresponden 1,850.234,000 metros cúbicos (1.500,000 acres pies) anuales. Respecto a las cantidades adicionales de agua del sistema del río Colorado, México obtendrá un volumen total que no exceda de 2,096.931,000 metros cúbicos (1.700,000 acres pies) anuales. En los casos de extraordinaria sequía o de serio accidente al sistema de irrigación de los Estados Unidos, asignada a México se reducirá en la misma proporción en que se reduzcan los consumos en los Estados Unidos (Sánchez, 1997).

A mediados de los años ochenta, se presentó una creciente tensión entre ambos países ya que México incumplió las entregas de agua correspondientes a Estados Unidos; pero también a una fuerte sequía que sacudió los Estados Unidos. Así, las ambigüedades en el tratado quedaron evidenciadas por un evento climático; con ello, también se expuso la fragilidad de los dispositivos institucionales binacionales para resolver de manera satisfactoria para ambas partes el conflicto y garantizar el suministro de agua para ambas poblaciones (Sánchez, 1991; Sánchez, 1992; Sánchez, 1997). El caso mexicano es más grave debido a que es una de las regiones más áridas de México y geoestratégica en términos económicos (Constantino, *et al.*, 2011).

Sin embargo, las limitantes institucionales no solo se desarrollan en términos del suministro de agua. Además se han documentado importantes pérdidas humanas y económicas derivadas de eventos hidrometeorológicos extremos. De acuerdo con Bitrán (2000), hay cinco grandes desastres que han azotado a Tijuana: el primero de ellos es la inundación de 1980, que también afectó a Ensenada, dejando 3 muertos, 20 desaparecidos, 6 pueblos destruidos, 30,000 damnificados y pérdidas económicas por 87 millones de dólares; el segundo es la tromba de 1993, que también afectó a Mexicali y Tecate, dejando 14 muertos y decenas de

desaparecidos así como 10,000 damnificados en Tijuana; el tercero es la helada de 1994, que causó la muerte de 30 personas; el cuarto es la tormenta, inundación y deslave del 8 de febrero de 1998, que dejó 14 muertos, 7 desaparecidos, 300 desalojados y 50 Colonias inundadas; el quinto fue el 10 de febrero de 1998, con lluvias torrenciales que causaron 92 muertes, 3,000 damnificados, 20 colonias inundadas, el cierre parcial de la carretera Ensenada-Tijuana, parálisis urbana y pérdidas económicas por 65.6 millones de dólares.

Un análisis detallado de una de las grandes catástrofes en Tijuana es documentado por Bocco, Sánchez y Riemann (1993), en su estudio encontraron que la ciudad es propensa a desastres por inundaciones. Argumentan que Tijuana presenta a una gran vulnerabilidad a ese tipo de catástrofes, encontraron que los grupos de menores ingresos son los más vulnerables ya que tienen mayores pérdidas y sufren mayores consecuencias en comparación a otros grupos con mayores ingresos. Según los autores, la vulnerabilidad en Tijuana depende de dos factores, por un lado las características geofísicas de lugar donde se ubica, pero también al crecimiento desordenado de la ciudad, en el que no se consideró ningún esquema de planeación.

IV DISCUSIÓN

La limitada disponibilidad de acervos de agua en Tijuana, en combinación con su acelerado crecimiento poblacional y urbano, compromete la función urbana de la ciudad y su sostenibilidad futura. La dependencia casi exclusiva del Río Colorado para el suministro de agua es el elemento de sensibilidad principal ante perturbaciones humanas (fallas en la conducción del agua, fallas en el bombeo del agua e incluso el bombardeo del acueducto) y/o climáticas.

Los escenarios regionales de cambio climático dan cuenta de una muy probable reducción en la cantidad de agua disponible para Tijuana. Con todo, en esta investigación se argumenta que existen las condiciones y capacidades institucionales para implementar un modelo de gestión de agua adaptativa e integral. Entiéndase “capacidad institucional” como aquella que influencia cambios en la gestión pública para adoptar decisiones políticas informadas e inteligentes, capaz de absorber y gestionar recursos, y comprometida en la evaluación de las actividades actuales a fin de orientar la actividad futura (Ramos, 2002).

La gestión del agua es un proceso político y por lo tanto es una negociación, por lo que el éxito del modelo de gestión más adaptativa dependerá del cumplimiento de sus presupuestos; de la participación social en la toma de decisiones; del cambio en las prácticas de consumo; pero sobre todo, de las condiciones y capacidades institucionales para aprender sistemáticamente de los resultados de las acciones de gestión implementadas. La Tabla IV.1 presenta los hallazgos de la revisión comparada entre los atributos que los académicos consideran deben poseer los gestores para conseguir un manejo más integral de los recursos hídricos; por otro lado se exponen los atributos que los gestores consideran que hacen que un Organismo Operador sea eficaz. Además, se presentan algunos elementos que se identificaron pueden potenciar las transición de un régimen de gestión tradicional hacia otro más adaptativo.

El primer aspecto considera el conocimiento sobre los conceptos vulnerabilidad y adaptación. Se encontró que los académicos consideran la vulnerabilidad en términos de las afectaciones físicas que pueden afectar a la población y las capacidades para adaptarse. Por su parte, los gestores no ofrecieron una definición precisa de dichos conceptos, sin embargo, son

consientes de las principales sensibilidades que presentan los recursos hídricos en Tijuana, saben a que están expuestos aunque desconocen su capacidad para adaptarse. No obstante, saben que el proceso de adaptación implica una visión preventiva más que reactiva y tienen en consideración estrategias para garantizar el suministro de agua ante posibles afectaciones derivadas del cambio climático o por fallas humanas.

Con respecto al segundo atributo –agencia- los académicos consideran que debe existir un liderazgo en los gestores el cual tiene que ver con la capacidad para tomar decisiones inteligentes e informadas, sugieren que los funcionarios de carrera poseen estas características; consideran que el nivel de cohesión en la formulación de política es mínimo o inexistente. Por su parte, los gestores consideran que el liderazgo implica un visión más allá de procesos políticos, coinciden en que los funcionarios de carrera son los más aptos para ejercer ese liderazgo; no obstante argumentan que al interior de la CESPT existe un alto nivel de cohesión en la articulación de políticas, ya que se toma en cuenta la opinión de cada departamento y subdirección; no obstante existe un alto nivel de concentración de autoridad ya que la unidad de planeación es quién concentra y determina las preferencias de política. Respecto al nivel de autoridad adecuado para la toma de decisiones consideran que la planeación compete al nivel federal, la coordinación al nivel estatal y operación a nivel municipal o estatal. No obstante, un nivel de concentración de autoridad a nivel estatal presenta mayores ventajas que uno municipal, por ejemplo en los períodos de gobierno más largos.

En cuanto a la sensibilización y educación –atributo número tres-, los académicos consideran que la sensibilización a cerca de las labores que realizan los individuos involucrados en la gestión del agua a nivel municipal es mínima; y a nivel estatal se fomenta sobre todo por los funcionarios de carrera. Esto también coincidió con lo descrito por los gestores entrevistados en la CESPT, informaron que la sensibilización se da por dos vías, una formal (comunicación de planes y programas vía escrita) e informal, en este caso por iniciativa de los jefes de departamento quienes hacen recorridos con sus compañeros de trabajo (con jerarquía menor, o igual) con el objetivo de concientizar a los demás funcionarios de la importancia de las actividades que realizan así como del funcionamiento y eslabonamiento en los procesos. En cuanto a la existencia de programas de educación y capacitación, académicos y gestores

coincidieron en que son prácticas recurrentes de la administración del agua. No obstante consideran que falta una mayor difusión hacia la sociedad en su conjunto.

El atributo cuatro –gobernanza y cooperación- arrojó información interesante para analizar. Los académicos consideran que la descentralización hasta nivel municipal plantea problemas y ventajas; por un lado, da mayor autonomía en la gestión, sin embargo, a nivel municipal no existen las capacidades humanas ni de recursos para una gestión efectiva. En cambio, a nivel estatal se puede echar mano de una mayor concentración de poderes, lo que facilita la negociación con otros niveles administrativos. Los gestores de la CESPT ofrecieron una respuesta congruente con lo descrito por los académicos. En cuanto a la cooperación, ambos coincidieron que existe pero no es la mejor; los gestores consideran que esos problemas se deben a limitantes institucionales que tienen que ver con las competencias que les son asignadas, por lo que no pueden fomentar otras vías para desarrollarla.

Respecto a la integralidad en el manejo de agua, los gestores no contestaron a dicho cuestionamiento, mientras que los académicos consideran que su uso está presente como objetivo rector en la planeación hídrica pero no se ofrece información de cómo hacerlo operativo. Respecto a la participación de la sociedad en la toma de decisiones, los académicos consideran que existen los canales pero que se desconocen por la sociedad; los gestores confirmaron que existe participación sobre todo de organizaciones no gubernamentales, pero consideran que es necesaria una mayor participación. Respecto a la transversalidad en la política hídrica, los académicos argumentan que no existe tal, que tanto programas como políticas se dirigen de manera individual a pesar de que busquen objetivos similares. Para el caso de la CESPT, los gestores confirmaron que los programas transversales no se siguen, ya que el organismo operador no tiene incidencia en la priorización de objetivos, incluso ejemplificaron que la política hídrica queda supeditada a la urbana.

Tal vez la información más interesante la proporciona el funcionamiento de la gobernanza. Mientras los académicos consideran que dicho proceso se realiza de forma jerárquica-vertical. Los gestores informaron que esto no se cumple en su totalidad para el caso de la CESPT; por un lado existen políticas “*top-down*” desde la Comisión Estatal del Agua y el consejo de administración del organismo. Pero también existen decisiones “*bottom-up*”, las

cuales se consensan desde los departamentos, posteriormente se llevan a nivel subdirección, las demandas las concentra planeación, y finalmente, quien aprueba es el consejo de administración.

En cuanto al desarrollo de políticas e implementación de las mismas –atributo cinco-. Se confirmo que la planeación corresponde a un horizonte temporal de mediano plazo (30 años), con lineamientos muy generales y poca aplicabilidad práctica. Sin embargo, existen otros programas para atender las acciones inmediatas, con horizontes de corto plazo (sexenales y trianuales). En cuanto a la implementación, los académicos señalaron que se han iniciado diagnósticos de disponibilidad de agua y también se comienzan a elaborar los programas estatales de acción ante el cambio climático. Por su parte los gestores hicieron referencia a programas que tienen que ver con la administración del agua (ahorro, eficiencia, capacitación, entre otros), pero desconocen los programas encaminados a atender los impactos relacionados con el cambio climático.

Por su parte, el monitoreo y evaluación de los programas, de acuerdo con los gestores, existe pero es deficiente. Los gestores señalaron que en la CESPT se desarrolla un seguimiento profundo de las metas planteadas en cada departamento. Cada meta se representa como un indicador y cada indicador es evaluado por el consejo de administración. Es decir, la evaluación es interna y conlleva sanciones económicas por el incumplimiento de metas. En suma, un aspecto importante para la transición sería promover procesos de monitoreo y evaluación continuos, crear mecanismos de aprendizaje de las prácticas implementadas y redefinir el marco de gestión a partir de los resultados. Por otro lado, falta incluir indicadores cualitativos en el monitoreo y la evaluación.

En cuanto al manejo e intercambio de información –atributo seis-. Los académicos señalaron que la producción se hace a todos niveles y por distintos actores (gobierno, academia y organizaciones no gubernamentales), no obstante, la información producida a nivel federal no es específica y se ofrece por grandes regiones hidrológico administrativas. La información a nivel local generalmente se produce desde la academia, sin embargo, no se difunde y su uso no guía las decisiones de política. En cuanto a la consideración explícita de la incertidumbre, solo está presente en los escenarios climáticos, sin embargo no se incluye para la toma de decisiones. Por su parte, los gestores de la CESPT señalaron que se produce información

referente al organismo operador a dos niveles: por un lado existe macro-medición, la cual se publica en la página del organismo, y por otro micro-medición para manejo interno del organismo. Señalan que la planeación se hace en función de los indicadores que obtienen, por ello existe una comunicación constante entre distintas subdirecciones, además de la circulación del plan maestro y las metas departamentales. Si bien, las proyecciones de oferta y demanda generadas a partir de la macro-medición son la base en la que se sustenta la planeación de actividades y programas, a este nivel no se ha incorporado la información producida por los escenarios climáticos, incluso se desconoce la existencia del PEACC-BC. Este atributo presenta un potencial amplio para complementar la información federal con indicadores del organismo, incluyendo la información climática producida en el PEACC-BC, no obstante hace falta sistematizar la información producida, así como transparentar la metodología que se siguió para su producción.

Respecto al atributo siete –finanzas y recuperación de costos-, existe un consenso en cuanto a que los recursos son limitados. También en cuanto a que la recuperación de costos depende de las prácticas de manejo del organismo, pero también al tamaño de dicho organismo influye de manera preponderante para la recuperación de costos. Sin embargo, los académicos sostienen que no hay una asignación eficiente de los recursos debido a que la mayor parte de los ingresos se destinan a acciones reactivas más que preventivas. Sostienen que el subsidio al agua hace que el agua sea barata, sin embargo, contextualizan que en función de las condiciones económicas esto puede afectar a las familias de menores ingresos.

En cuanto a la CESPT los gestores señalaron que tienen participaciones federales y binacionales las cuales permiten disponer de mayores recursos, en muchos casos debido a compensaciones por manejo destacado de programas hídricos. La optimización de recursos y priorización de los mismos se debe a viabilidad financiera de las metas propuestas. La tarifa del agua se establece de manera progresiva, es decir, paga menos el usuario que consume menor cantidad de agua. Además se cuenta con seguros financieros en la etapa de construcción de infraestructura, pero no para contingencias derivadas de extremos hidrometeorológicos. Así mismo, el tamaño de la infraestructura de tratamiento y potabilización es de mediana escala en comparación con la media nacional. Sin embargo, la

vida útil de la infraestructura es de 50 años lo que implicaría mayores costos en caso de daños en la misma.

En cuanto al atributo ocho –manejo de riesgos-. Existe consenso en la definición de los riesgos entre académicos y gestores. Ambos sugieren que los riesgos deben ser definidos por expertos, sin embargo, la participación social en su definición se consideró menos importante. Por su parte, los académicos consideran que su manejo es inadecuado porque son reactivos y no preventivos. Para el caso de la CESPT no existe un manejo preventivo, según lo enunciado por los gestores. De igual manera, la difusión de los riesgos y de los planes de contingencia es limitada. Un elemento que ha limitado la transición es que no hay un entendimiento preciso del enfoque de riesgos, tampoco se han establecido los mecanismos para que se incorporen en la toma de decisiones, también se han subestimado los efectos del cambio climático en cuanto a afectaciones por sequía e inundaciones para el caso particular de la CESPT. Es importante fomentar una cultura de prevención de desastres en el ámbito local. Sin embargo, la incorporación precisa de la información climática de los programas estatales de acción ante el cambio climático puede favorecer la definición de riesgos y potenciar un manejo más adecuado de los mismos.

Respecto a la regulación –atributo nueve-. Existe un consenso en que en el papel la legislación es muy restrictiva, pero debido por una parte a que las leyes y normas se copian de otras internacionales existen inconsistencias metodológicas. Los académicos señalaron que la obediencia de la normatividad es mínima, en contraste, los gestores argumentan que la CESPT trata de cumplir con la normatividad, y que dadas las restricciones económicas y técnicas se ha logrado un desempeño destacado en este rubro. No obstante, la legislación está rebasada por los problemas contingentes como los son la existencia de micro-contaminantes, los cuales no están regulados. Existe una preocupación mutua por los efectos acumulativos de dichos contaminantes y las repercusiones en la salud pública. Este atributo presenta un amplio potencial para una redefinición adecuada al contexto nacional, vigilando que las normas nacionales estén a la par de la reglamentación internacional. Al mismo tiempo, las sanciones económicas por incumplimiento, incentivo primario, no potencia el cumplimiento de las normas, tampoco favorece una concepción más amplia que asegure al medio ambiente como un sujeto de derecho.

Tabla IV.1 Resumen de entrevistas según atributos del régimen de gestión adaptativa.

Resumen de entrevistas		Elementos de transición
Académicos	Gestores	
<p><i>Vulnerabilidad:</i> grado de afectación// deterioro en el bienestar de la población// susceptibilidad a sufrir daños por algún riesgo y capacidad para adaptarse. Tiene que ver con el nivel de desarrollo.</p> <p>1 <i>Adaptación:</i> estrategia para adaptarse al medio cambiante// medida enfocada a reducir la vulnerabilidad.</p> <p>Eficiencia en uso agrícola; desalación; reúso de aguas residuales; cultura de ahorro y mejor uso del agua.</p>	<p><i>Vulnerabilidad:</i> está dada por el nivel de desarrollo// conductas humanas causan afectaciones y viceversa.</p> <p><i>Dependencia del río Colorado:</i> cierre de la llave por parte de U.S.A.// Sinistro en el acueducto (bombardeo).</p> <p><i>Adaptación:</i> prevenir fallas en el suministro de agua. Presas; conexión de emergencia; desalar agua de mar; reúso de aguas tratadas// pozos.</p>	<p>Fomentar un mejor entendimiento de los conceptos y de las implicaciones del cambio climático para fortalecer la toma de decisiones.</p>
<p><i>Liderazgo:</i> ente con capacidad para tomar medidas pertinentes con conocimiento de los problemas// funcionarios de carrera quienes tiene un mejor entendimiento de los problemas// comunicación a diferentes sectores; reunir las preocupaciones de política// fomento de confianza entre sectores// sensibilidad conciencia y visión.</p> <p>2 <i>Cohesión:</i> débil, estrategias desarticuladas// nula articulación entre políticas y programas// sectores no integrados.</p> <p><i>Nivel de autoridad:</i> definido de acuerdo a un estudio de caso// federal planeación y coordinación; estatal replica federal; operación municipal o estatal.</p>	<p><i>Liderazgo:</i> visión más allá de elección de gobierno (agua recurso público; interés político); funcionarios de carrera que conocen la problemática// debe conocer el O.O y debe conocer los problemas de la ciudad para promover e impulsar programas (jefe de departamento, no tiene atribución).</p> <p><i>Cohesión:</i> preferencias de política articuladas desde departamento hasta subdirección (planeación concentra)// participación social limitada.</p> <p><i>Nivel de autoridad:</i> planeación federal, coordinación estatal, implementación municipal o estatal// CESPT: nivel subdirección con base en análisis técnicos por departamento.</p>	<p>Fomentar la permanencia de funcionarios de carrera en áreas clave.</p> <p>Impulsar las prácticas que se desarrollan a nivel CESPT hacia niveles de gobierno más altos.</p> <p>Organismos operadores a nivel estatal presentan más ventajas que los municipales.</p>
<p><i>Sensibilización:</i> a nivel municipal es casi nula// a nivel estatal se fomenta.</p> <p>Técnicos operadores que conocen los problemas; mayor experiencia por la práctica que por capacitación; entendimiento fragmentado de la problemática..</p> <p>3 <i>Educación:</i> programas de capacitación; programas de cultura del agua// capacitación por parte de universidades, INE e IMTA.</p>	<p><i>Sensibilización:</i> comunicación de planes y programas vía escrita y reuniones múltiples// recorridos por instalaciones e información de las implicaciones de sus actividades y de otros compañeros (se da por iniciativa de jefe de departamento).</p> <p><i>Educación:</i> programa de cultura del agua y programa de educación ambiental// área de capacitación técnica; comunicación social// primeros auxilios; control de contingencias y superación personal.</p>	<p>Fomento de programas de sensibilización sobre la problemática hídrica y las posibles consecuencias de cambio climático// así como las repercusiones en actividades de los gestores y operadores.</p>
<p><i>Descentralización:</i> Conagua (federal) da los lineamientos de política y estrategias de manejo; las CEAs misma función a nivel estatal; O.O. municipales o estatales operan. Problema y ventaja: municipales poca capacidad técnica y económica.</p> <p><i>Cooperación:</i> existe pero no es la mejor.</p> <p><i>Participación:</i> del público interesado pero se desconocen los canales// dominan las decisiones de gobierno (conflictos con sociedad y OSCs). Falta de voluntad política.</p> <p><i>Integralidad:</i> gestión integrada en discurso pero no es operativa// ¿cómo se implementa?</p> <p><i>Transversalidad:</i> políticas independientes: agua, salud, educación, desastres hidrometeorológicos; cambio climático.</p> <p><i>Gobernanza:</i> Jerárquica-vertical</p> <p>4</p>	<p><i>Descentralización:</i> lineamientos del PND y del PNH// CESPT organismo autónomo y descentralizado de la CEA pero que depende de su consejo de administración: director de la CESPT, sociedad civil, y gobierno (otras secretarías).</p> <p><i>Cooperación:</i> binacional (EPA; CAL/EPA), con otras secretarías en función del consejo de administración// CESPT: entre departamentos y subdirecciones, concentra la subdirección de planeación (vía oficios)// se sigue el esquema legal (reglamento interno)</p> <p><i>Integralidad:</i> N. D. <i>Participación:</i> ONG's.</p> <p><i>Transversalidad:</i> política y programas de construcción urbana están desarticulados de la política hídrica// CESPT complementaria pero no decisiva// intereses económicos y políticos.</p> <p><i>Gobernanza:</i> CEA establece macro-lineamientos// subdirección de planeación establece plan maestro (2030)// P.E.: departamentos establecen sus demandas a subdirecciones; subdirecciones las plantean ante la unidad de planeación; aprueba consejo de administración.</p>	<p>Descentralización a nivel estatal ofrece mejores resultados que a nivel municipal. Incluir la opinión de niveles más bajos para la toma de decisiones.</p> <p>Fomentar una cooperación más fluida (intersecretarial y binacional).</p> <p>Políticas transversales e integrales efectivas y no solo escritas con poca aplicabilidad en la práctica</p> <p>Es deseable cierto grado de concentración de responsabilidades (planeación y programación)</p>

<p><i>Horizonte temporal:</i> mediano plazo (2030)// discurso: mediano y corto plazos// práctica: sexenal y trienal.</p> <p><i>Implementación:</i> diagnósticos de disponibilidad y calidad del agua (poco observado)// escenarios climáticos e impactos en agua// PEACC (mitigación adaptación)</p> <p>5 <i>Monitoreo y evaluación:</i> existe pero es deficiente// no hay de todas las etapas de los programas// funciones administrativas// no hay transparencia en la evaluación..</p>	<p><i>Horizonte temporal:</i> plan maestro CESPT 30 años// plan estatal hídrico 2008-2013.</p> <p><i>Implementación:</i> cumplimiento de metas y objetivos// programa de cultura del agua// programa de educación ambiental// programas de capacitación// programas de ahorro de agua.</p> <p><i>Monitoreo y evaluación:</i> mensual con base en metas preestablecidas; las metas sirven para el diseño de indicadores// realización interna, validada por el consejo administrativo// sanciones económicas por incumplimiento de metas.</p>	<p>Fomentar la planeación a distintos horizontes temporales, a través de políticas articuladas tanto de cambio climático como hídricas.</p> <p>Mejorar el monitoreo y evaluación de programas con órganos distintos al O.O. Mayor transparencia en la evaluación.</p>
<p><i>Producción de información:</i> a todo nivel y sectores –universidad, ONG’s, gobierno (federal, estatal, O.O.)// Red mexicana de escenarios de cambio climático.</p> <p><i>Nivel de agregación:</i> información oficial no es específica. Nivel RHA (demasiado macro para problemas locales)// información específica producida por universidades (no se toma en cuenta)// escenarios climáticos regionales y estatales.</p> <p>6 <i>Intercambio:</i> incipiente.</p> <p><i>Difusión:</i> Difusión limitada.</p> <p><i>Uso:</i> no guía las decisiones de política.</p> <p><i>Incertidumbre:</i> sí se considera estudios del IMTA// se considera sobre todo en los escenarios climáticos// reducción de incertidumbre por tipo de escenario para el PEACC-BC (de 23 modelos// 6 se ajustan).</p>	<p><i>Producción de información:</i> CESPT; se produce a partir de las metas por departamento// creación de indicadores (macro-medición y micro-medición)// estudios técnicos// denuncias.</p> <p><i>Nivel de agregación:</i> nivel O.O. (Tijuana y Rosarito); macro-medición (O.O.) proyecciones de oferta y demanda//, micro-medición (cuentas por usuario).</p> <p><i>Intercambio:</i> flujo constante desde nivel departamento y entre las dependencias y público que la solicite (oficios)// unidad de planeación concentra la información.</p> <p><i>Difusión:</i> plan maestro y metas por departamento.</p> <p><i>Uso:</i> proyecciones de oferta y demanda guían la toma de decisiones// información de escenarios de cambio climático no se consideran (información no real)</p> <p><i>Incertidumbre:</i> no se considera con respecto a cambio climático// proyecciones de consumo en función de la tendencia, el crecimiento poblacional y temperatura para el período.</p>	<p>Articular la producción de información oficial a nivel RHA con la que se produce a nivel O.O. y con estudios realizados en universidades.</p> <p>Fomentar la sistematización de indicadores e incluir otros cualitativos no solo cuantitativos.</p> <p>Fomentar el intercambio y la difusión de la información producida.</p> <p>Considerar explícitamente la incertidumbre durante la elaboración de indicadores y fomentar su uso para la toma de decisiones.</p>
<p>7 <i>Fondos:</i> recursos limitados// fondos por programas de cambio climático (mitigación y adaptación)</p> <p><i>Recuperación de costos:</i> depende del manejo del organismo pero también del tamaño del mismo// bajo nivel de facturación// pago por energía eléctrica es muy alto// solo algunos pueden operar sin pérdidas// recuperación no asegura eficiencia ni ahorro.</p> <p><i>Asignación:</i> Deficiente (atienden consecuencias no causas)</p> <p><i>Tarifas:</i> Agua barata (asimetrías económicas)</p> <p><i>Seguros:</i> No hay.</p> <p><i>Infraestructura:</i> N.D.</p>	<p><i>Fondos:</i> no son suficientes// recursos limitados// gestión de fondos por eficiencia, calidad y manejo adecuado con participaciones federal (tratamiento destacado y por ser zona vulnerable)// recursos adicionales por “buena empresa” (Banobras//Nadbank)// bonificación por factor de potencia en infraestructura (reduce el costo de la energía eléctrica)</p> <p><i>Recuperación de costos:</i> se recuperan los costos// pago por derechos de agua y gasto en energía eléctrica principales barreras.</p> <p><i>Asignación:</i> eficiente// priorización de recursos (erogaciones comunes -operación, reposición, reparación y mantenimiento)// optimización de recursos.</p> <p><i>Tarifas:</i> tarifa progresiva (paga más el que consume más).</p> <p><i>Seguros:</i> sólo por construcción de infraestructura// no hay por eventos hidrometeorológicos extremos.</p> <p><i>Infraestructura:</i> tamaño mediano en comparación con el promedio nacional// vida útil 50 años// infraestructura suficiente para agua potable// una planta adicional de tratamiento y remplazo de otra// en saneamiento optimizar.</p>	<p>Integrar lineamientos de cambio climático con los de las políticas hídricas para tener participaciones federales en los fondos de los O.O.</p> <p>Los incentivos por buenas prácticas en el organismo son una medida que debe fomentarse.</p> <p>Aprovechar los fondos internacionales para cambio climático de adaptación para reducir vulnerabilidad pero además para solucionar problemas actuales.</p> <p>Crear instrumentos financieros para prevención de desastres y seguros por daños en instalaciones.</p> <p>Innovación tecnológica.</p>

<p><i>Riesgos:</i> probabilidad que ocurra algo por sus consecuencias// tipos: hidrometeorológicos, financieros y a la salud// probabilidad de que ocurra algo más la vulnerabilidad</p> <p><i>Definición:</i> definidos por expertos// riesgo aceptable definido por ponderación.</p> <p>8 <i>Manejo:</i> no adecuado// programas reactivos no preventivos// riesgos a la salud con manejo pobre y seguimiento nulo.</p> <p><i>Difusión:</i> limitada// los riesgos a la salud son los menos difundidos.</p> <p><i>Percepción:</i> no es adecuado (confunden riesgo con peligro)// no es un factor para evitar la exposición (asentamientos irregulares)</p>	<p><i>Riesgos:</i> probabilidad de que ocurra algo y cause daño.</p> <p><i>Definición:</i> definidos por estudios técnicos// riesgos a la salud// riesgos en el trabajo (bono de riesgo)// riesgo de bombardeo en el acueducto y que no se tenga agua// riesgo a deslizamiento es mínimo// riesgo a inundaciones solo tiene afectación vial// riesgos a sequías y que cierren la llave de agua para México.</p> <p><i>Manejo:</i> estudios técnicos y monitoreo// plan de contingencias//</p> <p><i>Difusión:</i></p> <p><i>Percepción:</i> no se incluye directamente pero se toma en cuenta lo que dicen los periódicos (percepción social).</p>	<p>Fomentar el entendimiento de los riesgos asociados al cambio climático para guiar la toma de decisiones.</p> <p>Cultura de prevención de desastres.</p> <p>Incluir la percepción de las personas en la definición de riesgos.</p> <p>Crear mecanismos para la difusión de los riesgos y la población que está expuesta.</p>
<p><i>Tipo de Regulación:</i> Leyes generales; reglamentos// normas oficiales mexicanas (NOMs)// acuerdos internacionales (adopción de estándares internacionales).</p> <p>9 <i>¿Adecuada?:</i> en papel es buena// contexto económico// leyes para preservar el uso ecológico del agua no existen// no se considera el efecto acumulativo</p> <p><i>Obediencia:</i> es limitada// algunos no conocen las normas que le aplican.</p> <p><i>Premios o sanciones:</i> sanciones económicas.</p>	<p><i>Tipo de Regulación:</i> normas. Potabilización NOM 127 (correlacionada con estándares internacionales OMS y con normas de U.S.A.). Tratamiento NOM 001 (verter aguas nacionales) y NOM 003 para reúso.</p> <p><i>¿Adecuada?:</i> en el papel son muy estrictas// son refrito de otras leyes// incongruencias metodológicas// micro-contaminantes no están regulados.</p> <p><i>Obediencia:</i> alto nivel de obediencia.</p> <p><i>Premios o sanciones:</i> sanciones por incumplimiento (se paga por kg de carga)// fondos federales por tratamiento de agua destacado.</p>	<p>Adecuar la reglamentación al contexto nacional.</p> <p>Corregir las incongruencias metodológicas con la información de estudios técnicos.</p> <p>Programas de incentivos económicos para mejorar la eficiencia en tratamiento y potabilización</p>

Nota: Los elementos de transición se proponen en función de la revisión de las entrevistas y de la revisión conceptual del capítulo I.
Fuente: Elaboración propia con base en Huntjens, Pahl-Wostl & Grin (2007) y Huntjens et al., (2008), con información obtenida de entrevistas a académicos (escenarios climáticos del PEACC-BC; expertos en estudios de la problemática del agua) y gestores de las áreas de potabilización y tratamiento de aguas residuales de la CESPT.

En el documento se trato de demostrar que la gestión adaptativa del agua es un modelo analítico más adecuado, y sobre todo operativo, para lidiar con a las exigencias futuras ante un escenario de escasez de agua y de cambio climático.

El agua y el cambio climático son temas prioritarios en la agenda política nacional e internacional. La política pública nacional establece una serie de consideraciones, expuestas anteriormente, que dan cuenta del avance en el abordaje teórico de dichos temas. Sin embargo, también refleja que los programas establecen objetivos y metas, que dado los esquemas actuales de gestión, son poco realistas.

El discurso político dista mucho de las “realidades nacionales”, su retórica es seductora pero carece de profundidad analítica. Se adoptan conceptos de los esquemas de gestión internacionales sin tomar en cuenta el contexto nacional, regional y local, por ello su aplicabilidad es reducida.

Para aprovechar de manera consistente la fortaleza teórica del concepto vulnerabilidad, en esta investigación se trataron de evidenciar las restricciones institucionales que no permiten reducir la fragilidad de los recursos hídricos en Tijuana ante la variabilidad y el cambio climático. En consecuencia, se determinaron algunos elementos de la sensibilidad de los recursos hídricos en Tijuana de los cuales destacan: el diseño institucional en materia de agua, el estado y calidad de los acervos de agua; las características contemporáneas de aprovechamiento del recurso; la política pública en materia hídrica y de cambio climático.

Debido a que los modelos analíticos de cambio climático basados en escenarios de impactos presentan dificultades para proveer información útil para los hacedores de política a escala local, en esta investigación se optó por centrar el análisis en las políticas de adaptación con el objetivo de atender esas deficiencias.

El estudio demuestra que la falta de articulación entre la política en materia de hídrica y la de cambio climático se debe en gran medida a la falta de coordinación real entre los distintos sectores y niveles administrativos. A que en la práctica las políticas transversales en materia hídrica no se desarrollan de manera adecuada. Y a que el principio de integralidad en la gestión del agua, que presenta gran profundidad analítica, ha tenido reducida aplicabilidad.

Se encontró que un nivel de concentración de autoridad, en este caso a nivel estatal, permite un mejor desarrollo y cohesión de política. También permite agilizar la comunicación entre distintos niveles administrativos. Para el caso de la CESPT, existe un esquema de gobernanza mixto, por un lado, la planeación y programación presupuestal se desarrolla de manera jerárquica-vertical en función de las competencias estipuladas en la normativa de las comisiones estatales de servicios públicos de Baja California. No obstante, existen normas (formales e informales) que permiten el consenso y priorización de necesidades, se toma en cuenta la opinión de niveles administrativos de mediana jerarquía y se aprueban en consenso las prioridades del organismo.

También se expusieron las limitantes institucionales que retrasan el proceso de adaptación y que no permiten incorporar las prácticas de manejo que han logrado que la CESPT sea un Organismo Operador con altos niveles de eficiencia a nivel nacional. Si bien, los resultados del análisis adelantan posibles obstáculos para la implementación de una gestión adaptativa,

determinados en gran medida por el marco institucional y legal que restringe las actividades de los Organismos Operadores.

Una posible línea de investigación para estudios subsecuentes sería un estudio comparado entre distintos organismos con altos y bajos niveles de eficiencia. Así, se podrían ahondar más en las explicaciones en cuanto a si son las prácticas y los procesos de toma de decisiones los que no han permitido una gestión integral del agua, o como se argumenta en esta investigación, se debe al modelo de gestión tradicional de recursos hídricos el cual es inoperante ante los retos presentes y futuros ante un contexto de cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adger, W. Neil, 2006, "Vulnerability", *Global Environmental Change*, vol. 16, núm. 3, pp.268-281.
- Alvarez, Guillermo, Tito Alegría Olazábal y Gerardo Ordóñez, 2008, "Legalizando la ciudad. Asentamientos informales y procesos de regulación en Tijuana", *EURE*, vol. 34, núm. 102, pp.139-143.
- Barkin, David, 2008, "Una Nueva Cultura del Agua para el Abasto Urbano en México", en R. Olivares and R. Sandoval, comp., *El agua Potable en México*, México, D.F., Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C. (ANEAS), 259-278.
- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, 2008, "El Cambio Climático y el Agua" Documento técnico VI del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, 224.
- Bharwani, S. y T.E. Downing [Reporte], 2009, "Methodological footprints. Multiple pathways for analyzing dynamic vulnerability in coupled socio-ecological systems.", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management Under Uncertainty, Stockholm, 17. <http://www.newater.uni-osnabrueck.de/index.php?pid=1050>
- Bharwani, S., *et al.* [Reporte], 2008, "Vulnerability, adaptation and resilience. Progress toward incorporating VAR concepts into adaptive water resource management", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management Under Uncertainty, Oxford, 43. <http://www.newater.uni-osnabrueck.de/index.php?view=folders&showPage=1064>
- Bisaro, Alexander, Jochen Hinkel y Nicole Kranz, 2010, "Multilevel water, biodiversity and climate adaptation governance: evaluating adaptive management in Lesotho", *Environmental Science & Policy*, vol. 13, núm. 7, pp.637-647.
- Bitrán, Daniel [Reporte], 2000, "Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México, en el período 1980-99", C. Y. CEPAL, <http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/sinsigla/xml/5/8385/P8385.xml&xsl=/mexico/tp/p10f.xsl&base=/mexico/tpl/top-bottom.xslt>
- Bocco, Gerardo, Roberto A. Sánchez y Hugo Riemann, 1993, "Evaluación del impacto de las inundaciones en Tijuana (enero de 1993). Uso integrado de percepción remota y sistemas de información geográfica.", *Revista Frontera Norte*, vol. 5, núm. 10, pp.53-83.
- Brooks, Nick y Neil Adger, 2005, "Assessing and enhancing adaptive capacity", *Technical Paper 7*, vol. núm. pp.167-180.
- Cañón, Julio, Javier González y Juan Valdés, 2007, "Precipitation in the Colorado River Basin and its low frequency associations with PDO and ENSO signals", *Journal of Hydrology*, vol. 333, núm. 2-4, pp.252-264.
- Carabias, Julia, 2005, *Agua, medio ambiente y sociedad : hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*, México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México/ El Colegio de México/ Fundación Gonzalo Río Arronte, 221 p.

- Carabias, Julia, *et al.*, 2009, *Ecología y Medio Ambiente en el Siglo XXI*, México, D.F., Pearson Educación de México, 250 p.
- Castro, José L. y Vicente Sánchez, 2004, "Experiencias y desafíos en torno a la gestión binacional del agua: el caso de la región Tijuana-San Diego", en R. G. (Compilador), comp., *Contradicciones entre planeación y realidades regionales, metropolitanas y socioambientales. Los casos del norte de México, Puebla y Valle de México*, Tijuana, Baja California, El Colegio de la Frontera Norte, 183-211.
- Cenapred, "Centro Nacional de Prevención de Desastres", SEGOB/UNAM, <http://www.cenapred.unam.mx/es/>, 14 de enero de 2011.
- CESPT, 2006, *Un testimonio de esfuerzos. 40 años de la CESPT, 1966-2006*, Tijuana, Baja California, CESPT, 120.
- Chávez, Manuel, Alfonso Andrés Cortez y Scott Whiteford, 2005, "El nuevo manejo binacional de recursos compartidos: Cuando la seguridad es interdependiente", en S. W. y. M. C. c. Alfonso Andrés Cortez, comp., *Seguridad, agua y desarrollo. El futuro de la frontera México-Estados Unidos*, Tijuana, Baja California, El Colegio de la Frontera Norte, 27-62.
- CICC, 2007, *Estrategia Nacional de Cambio Climático*, México, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Semarnat, 157.
- Conagua, 2008a, *Estadísticas del Agua en México*, edición 2008, México, D.F., Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 228.
- Conagua, 2008b, *Programa Nacional Hídrico 2007-2012*, Conagua, México, D.F., Semarnat, 164.
- Conagua, 2009, *Semblanza histórica del agua en México*, Conagua, México, Semarnat, 82.
- Conagua, 2010, "CONAGUA", <http://www.conagua.gob.mx/>,
- Conagua, 2011, *Estadísticas del agua en México*, edición 2011, México, D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 183.
- Constantino, Roberto, 2006, *Agua: seguridad nacional e instituciones. Conflictos y riesgos para el diseño de las políticas públicas*, México, D.F., Universidad Autónoma Metropolitana /Instituto de Investigaciones Legislativas, LIX Legislatura, Senada de la República,
- Constantino, Roberto, Graciela Carrillo, Carlos Muñoz y Eduardo Morales, 2011, "La situación de los recursos hídricos en México y el contexto institucional de la eficiencia en su aprovechamiento", en PNUMA and R. Mercosur, comp., *Estudio No. 3. Eficiencia en el uso de los recursos en América Latina: Perspectivas e implicancias económicas*, PNUMA/Red Mercosur, 320-337.
- Constantino, Roberto y Hilda Dávila, 2011, "Una aproximación a la vulnerabilidad y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos en México", *Política y cultura*, vol. otoño, núm. 36, pp.15-44.
- Contreras, Hugo, 2008, "La última generación de proyectos de participación pública privada en sistemas de agua en México: quince años de experiencias", en R. Olivares and R. Sandoval, comp., *El agua Potable en México*, México, D.F., Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C. (ANEAS), 105-121.
- Cortez, Alfonso, Scott Whiteford y Manuel Chávez, 2005, "Introducción", en A. Cortez, Scott Whiteford y Manuel Chávez, comp., *Seguridad, agua y desarrollo. El futuro de la frontera México-Estados Unidos*, Tijuana, B. C., El Colegio de la Frontera Norte, 11-23.

- CTMMA, 2003, *El recurso Hídrico en México. Análisis de la situación actual y perspectivas futuras*, Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, A.C. (CTMMA)/The Nippon Foundation/Miguel Ángel Porrúa, 161-193.
- Das, Tapash, Michael Dettinger y Daniel Cayan, 2010, "Potential impacts of global climate change on Tijuana River Watershed hydrology – An initial analysis", *UCSD Sustainability Solutions Institute, UC San Diego, eScholarship*, vol. núm. pp.1-20.
- Dawadi, Srijana y Sajjad Ahmad, 2012, "Changing climatic conditions in the Colorado River Basin: Implications for water resources management", *Journal of Hydrology*, vol. núm. 0,
- De la Rosa, Yecenia [Tesis de tesis de maestría], 2010, "Factores para la disponibilidad a aportar económicamente por parte de usuarios urbanos del agua para la conservación de recursos hídricos: el caso de la sierra de Zapaliname, Saltillo, Coahuila", Tijuana, B.C., El Colegio de la Frontera Norte, MAIA, sin pie de imprenta.
- DOF, 2010, Acuerdo por el que se establecen las reglas de operación del fondo para prevención de desastres naturales, México D.F., SEGOB/Diario Oficial de la Federación (DOF),
- Dow, Kirstin, *et al.*, 2007, "Why worry? Community water system managers' perceptions of climate vulnerability", *Global Environmental Change*, vol. 17, núm. 228-237,
- Downing, T.E. y S. Bharwani [Reporte], 2006, "Baseline vulnerability assessment.", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management Under Uncertainty, Oxford, 39. <http://www.newwater.uni-osnabrueck.de/index.php?view=folders&showPage=1064>
- Downing, Thomas y Anand Patwardhan [Reporte], 2005, "Assessing vulnerability for climate adaptation", U. N. D. P. (UNDP). Technical Paper 3, http://www.undp.org/gef/undpgef_publications/publications/apf%20technical%20paper03.pdf
- Eakin, H. y M. Wehbe, 2009, "Linking local vulnerability to system sustainability in a resilience framework: two cases from Latin America", *Climatic Change* vol. 93, núm. 3, pp.355-377.
- Etkin, David y Elise Ho, 2007, "Climate change: perceptions and discourses of risk", *Journal of Risk Research*, vol. 10, núm. 5, pp.623-641.
- Flores, Jenny [Tesis de tesis de maestría], 2008, "Las políticas de reforzamiento del pago y su impacto en la provisión de los servicios de dos organismos operadores de agua en el norte de México", Tijuana, B.C., El Colegio de la Frontera Norte, MAIA, sin pie de imprenta.
- Frausto, Jesús [Tesis de tesis de doctorado], 2007, "La construcción de la conciencia ambiental en torno al agua. El caso de Nuevo Laredo, Tamaulipas", Tijuana, B.C., El Colegio de la Frontera Norte, DCS/ER, sin pie de imprenta.
- Füssel, Hans-Martin, 2007, "Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research", *Global Environmental Change*, vol. 17, núm. 2, pp.155-167.
- Füssel, Hans-Martin y Richard J.T. Klein, 2006, "Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking", *Climatic Change*, vol. 75, núm. pp.301-329.
- Ganster, Paul, 2010, "La cuenca binacional del Río Tijuana", en H. C. (coordinador), comp., *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*, México, D.F., INE,

- GobBC, Gobierno del Estado de Baja California, S.F., Atribuciones de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana, CESPT, Tijuana, GobBC, 3.
- Grimmond, Sue, 2009, "Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming", *The Geographical Journal*, vol. 173, núm. pp.83-88.
- Guevara-Sanginés, Alejandro [Reporte], 2006, "Water subsidies and aquifer depletion in Mexico's arid regions", H. D. R. Office, Human Development Report 2006. Water for Human Development, 23. http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2006/papers/guevara-sangines_alejandro.pdf
- Günter, Hans, 2009, "Introduction: Facing global environmental change and sectorialization of security", en H. Günter, comp., *Facing global environmental change: Environmental, Human, Energy, Food, Health, and Water Security Concepts*, Berlin, Springer/Verlag, 21-42.
- Heltberg, Rasmus, Paul Bennett Siegel y Steen Lau Jorgensen, 2009, "Addressing human vulnerability to climate change: Toward a 'no-regrets' approach", *Global Environmental Change*, vol. 19, núm. pp.89-99.
- Howitt, R. E., et al., 2008, "Hydro-Economic Analysis of Water Supply for Baja California, Mexico", en comp., *World Environmental and Water Resources Congress 2008*, American Society of Civil Engineers, 1-10.
- Huntjens, Patrick , et al. [Reporte], 2008, "The role of adaptive and integrated water management (AIWM) in developing climate change adaptation strategies for dealing with floods or droughts - A formal comparative analysis of eight water management regimes in Europe, Asia, and Africa", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management Under Uncertainty, Osnabrück, Germany, <http://www.newwater.uni-osnabrueck.de/index.php?view=folders&showPage=1063>
- Huntjens, Patrick, Claudia Pahl-Wostl y John Grin [Reporte], 2007, "Formal Comparative Analysis of Adaptive Capacity of Water Management Regimes in Four European Sub Basins", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management Under Uncertainty, Osnabruck, Germany, 170. <http://www.newwater.uni-osnabrueck.de/index.php?view=folders&showPage=1063>
- INE, 2010, "Cambio climático en México", Instituto Nacional de Ecología (INE)/Semarnat/PNUD México, http://cambio_climatico.ine.gob.mx/,
- Ionescu, C., et al. [Reporte], 2005, "Towards a Formal Framework of Vulnerability to Climate Change", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty, Osnabrück, Germany, ii+20. <http://www.newwater.uni-osnabrueck.de/index.php?pid=1020>
- IPCC, 2001, *Cambio climático 2001: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Ginebra, Suiza, IPCC, 206.
- IPCC, 2007, *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Ginebra, Suiza, IPCC,
- Jones, Lindsey y Emilie Boyd, 2011, "Exploring social barriers to adaptation: Insights from Western Nepal", *Global Environmental Change*, vol. 21, núm. 4, pp.1262-1274.
- Landa, R., B. Ávila y M. Hernández, 2010, *Cambio climático y desarrollo sustentable para América Latina y el Caribe. Conocer para comunicar.*, British Council/PNUD México/Cátedra UNESCO-IMTA/FLACSO México, 140.

- Landa, Rosalva, Víctor Magaña y Carolina Neri, 2008, *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*, México, D.F., SEMARNAT, 128.
- Lawler, Joshua, 2009, "Climate change adaptation strategies for resource management and conservation planning", *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1162, núm. pp.79-98.
- MacDonald, Glen M., 2010, "Water, climate change, and sustainability in the southwest", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, núm. 50, pp.21256-21262.
- MacDonald, Glen M., Konstantine V. Kremenetski y Hugo G. Hidalgo, 2008, "Southern California and the perfect drought: Simultaneous prolonged drought in southern California and the Sacramento and Colorado River systems", *Quaternary International*, vol. 188, núm. 1, pp.11-23.
- Martínez, Polioptro, Nahún García y Víctor Bourguett, 2008, "La transformación del subsector agua potable, drenaje y saneamiento, una visión a través del conocimiento y la tecnología", en R. Olivares and R. Sandoval, comp., *El agua Potable en México*, México, D.F., Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C. (ANEAS), 327-339.
- Matter, Margaret A., Luis A. Garcia, Darrell G. Fontane y Brian Bledsoe, 2010, "Characterizing hydroclimatic variability in tributaries of the Upper Colorado River Basin—WY1911-2001", *Journal of Hydrology*, vol. 380, núm. 3-4, pp.260-276.
- McMichael, Anthony, 1993, *Planetary overload: global environmental change and the health of the human species*, Cambridge University Press, 352.
- Medellín-Azuara, J., et al., 2009, "Virtues of simple hydro-economic optimization: Baja California, Mexico", *Journal of Environmental Management*, vol. 90, núm. 11, pp.3470-3478.
- Medellín-Azuara, Josué, et al., 2008, "Adaptability and adaptations of California's water supply system to dry climate warming", *Climatic Change*, vol. 87, núm. 0, pp.75-90.
- Medema, Wietske y Paul Jeffrey [Reporte], 2005, "IWRM and Adaptive Management: Synergy or Conflict?", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management Under Uncertainty, 43. http://www.newwater.uni-osnabrueck.de/deliverables/D111_final%20draft.pdf
- Méndez, Elizabeth, 2009, "Importancia del manejo urbano del agua y su impacto a la salud ambiental. El caso de la región de Tijuana, Tecate y Playas de Rosarito", en D. d. E. U. y. d. M. A. E. Colef), comp., *Retos ambientales y desarrollo urbano en la frontera México-Estados Unidos*, Tijuana, Baja California, , El Colegio de la Frontera Norte, 49-96.
- Nagler, Pamela L., Edward P. Glenn y Osvel Hinojosa-Huerta, 2009, "Synthesis of ground and remote sensing data for monitoring ecosystem functions in the Colorado River Delta, Mexico", *Remote Sensing of Environment*, vol. 113, núm. 7, pp.1473-1485.
- Navarro, Shirley [Tesis de tesis de maestría], 2010, "La problemática del agua urbana en la ciudad de Tijuana, Baja California y algunas alternativas para una gestión sustentable", Tijuana, Baja California, El Colegio de la Frontera Norte/ Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, MAIA, sin pie de imprenta.
- Pahl-Wostl, Claudia, 2007, "Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change", *Water Resource Management*, vol. 21, núm. pp.49-62.

- Pahl-Wostl, Claudia, 2008, "Requeriments for Adaptive Water Management", en P. K. y. J. M. Claudia Pahl-Wostl, comp., *Adaptive and Integrated Water Management Coping with Complexity and Uncertainty*, Berlin, Springer-Verlag, 1-22.
- Pahl-Wostl, Claudia, *et al.* [Reporte], 2005, "Transition to Adaptive Water Management; The NeWater project.", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management Under Uncertainty, Osnabrück., 1-23. <http://www.newwater.uni-osnabrueck.de/index.php?pid=1020>
- Pahl-Wostl, Claudia, Georg Holtz, Britta Kastens y Christian Knieper, 2010, "Analyzing complex water governance regimes: the Management and Transition Framework", *Environmental Science & Policy*, vol. 13, núm. 7, pp.571-581.
- Pahl-Wostl, Claudia, *et al.* [Reporte], 2007, "Integrated management and transition framework", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management Under Uncertainty, 59. <http://www.newwater.uni-osnabrueck.de/index.php?view=folders&showPage=1063>
- Pahl-Wostl, Claudia, *et al.* [Reporte], 2006, "Paradigms in Water Management", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management Under Uncertainty, 39. <http://www.newwater.uni-osnabrueck.de/deliverables/D112.pdf>
- Pahl-Wostl, Claudia y Jan Sendzimir [Reporte], 2005, "The relationship between IWRM and Adaptive Water Management", N. Project, New Approaches to Adaptive Water Management Under Uncertainty, 1-15. <http://www.newwater.uni-osnabrueck.de/index.php?pid=1020>
- Patt, Anthony, R.J.T. Klein y Anne de la Vega-leinert, 2005, "Taking the uncertainty in climate-change vulnerability assessment seriously", *C.R. Geoscience*, vol. 337, núm. pp.411-424.
- PEACC-BC, 2010, Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático. Baja California, CICESE/UABC/EL Colef/GobBC,
- PECC, 2009-2012, Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Poder Ejecutivo Federal, 2009, 98.
- Pineda, Nicolás y Alejandro Salazar, 2008, "De las juntas federales a las empresas de agua: la evolución institucional de los servicios urbanos de agua en México 1948-2008", en R. Olivares and R. Sandoval, comp., *El agua Potable en México*, México, D.F., 57-75.
- Plan-Indicativo, 2009, Plan Indicativo para el Desarrollo Competitivo y Sustentable de la Región Transfronteriza México-Estados Unidos, Monterrey, El Colegio de la Frontera Norte/ Wilson Center, 2009, 140.
- PND, 2007-2012, Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, México, Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República, 323.
- Quaas, Roberto [conferencia], 2005, "Avances y restos del atlas nacional de riesgos", Encuentro Nacional de Protección Civil Sobre Atlas de Riesgos, 24 de junio, 2005,
- Quadri, Gabriel, 2008, "Políticas públicas, sustentabilidad y eficiencia en los sistemas de agua", en R. Olivares and R. Sandoval, comp., *El agua Potable en México*, México, D.F., Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C. (ANEAS), 241-245.
- Ramos, José Maria, 2002, "Gestión intergubernamental y capacidad estratégica en el desarrollo local y regional fronterizo", *Región y Sociedad*, vol. XIV, núm. 25, pp.153-196.

- Ridder, D y Claudia Pahl-Wostl, 2005, "Participatory Integrated Assessment in local level planning", *Regional Environmental Change*, vol. 5, núm. pp.188-196.
- Rodríguez, Emiliano, 2008, "Agua y saneamiento en México: avances, errores y alternativas", en R. Olivares, & Sandoval, comp., *El agua Potable en México*, México, D.F., Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C. (ANEAS)
- 29-48.
- Rodríguez, Juan Manuel, 2009, "Conformación del riesgo a desastre en la frontera México-Estados Unidos. La cuenca del río Tijuana, México", en D. d. E. U. y. d. M. A. E. Colef), comp., *Retos ambientales y desarrollo urbano en la frontera México-Estados Unidos*, Tijuana, Baja California, El Colegio de la Frontera Norte, 129-164.
- Romo, María de Lourdes [Tesis de tesis de maestría], 1996, "Riesgos naturales y vulnerabilidad social en Tijuana, B.C.", Tijuana, Baja California, El Colegio de la Frontera Norte/ Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, MAIA, sin pie de imprenta.
- Saavedra, C. y William Budd, 2008, "Climate change and environmental planning: Working to build community resilience and adaptive capacity in Washington State, USA", *Habitat International*, vol. núm. pp.1-7.
- Saldívar, Américo, 2007, *Las aguas de la ira: Economía y cultura del agua en México ¿Sustentabilidad o gratuidad?*, UNAM/Facultad de Economía, 9-27, 55-133, y 249-280.
- Sánchez, Roberto, 1991, "Environment. Mexican Perspective", en R. Sánchez, comp., *US-Mexican Industrial Integration: The Road to Free Trade*, México, WESTVIEW PRESS, 1-15.
- Sánchez, Roberto, 1997, "Water conflicts between Mexico and the United States: towards a transboundary regional water market?", en E. H. P. Brans, E. J. d. Haan, A. Nollkaemper and J. Rinzema, comp., *The Scarcity of water. Emerging legal and policy responses*, London, KLUWER LAW INTERNATIONAL, 260-276 pp.
- Sánchez, Roberto 1992, "Cambios climáticos globales en el norte de México. El caso del agua", *Ciencia*, vol. 43, núm. especial, pp.121-127.
- Semarnat, 2010, "Cambio climático", Semarnat, <http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php>, 3 de septiembre.
- Semarnat y EPA [Reporte], 2006, "Situación ambiental en la región fronteriza. Frontera 2012: Programa Ambiental México-Estados Unidos", Semarnat/EPA, 20.
- Sinaproc, "Sistema Nacional de Protección Civil", Secretaría de Gobernación (Segob), <http://www.proteccioncivil.gob.mx>, 14 de enero de 2011.
- Smit, Barry y Johanna Wandel, 2006, "Adaptation, adaptive capacity and vulnerability", *Global Environmental Change*, vol. 16, núm. pp.282-292.
- Smithers, John y Barry Smit, 1997, "Human adaptation to climatic variability and change", *Global Environmental Change*, vol. 7, núm. 2, pp.129-146.
- Stern, Nicolas, 2006, *Stern review on the economics of climate change*, Cambridge, 712.
- Stern, Paul C. , Oran R. Young y Daniel Druckman, 1992, *Global environmental change: understanding the human dimensions*, National Academies Press,
- Timilsena, Janak, Thomas Piechota, Glenn Tootle y Ashok Singh, 2009, "Associations of interdecadal/interannual climate variability and long-term colorado river basin streamflow", *Journal of Hydrology*, vol. 365, núm. 3-4, pp.289-301.

- UN [Reporte], S.F., "UN-Water Task Force on Indicators, Monitoring and Reporting. Final Report. Monitoring progress in the water sector: A selected set of indicators", UN-Water, U. N. (UN), pp. 44.
http://www.unwater.org/downloads/TFIMR_FinalReport.pdf
- Vincent, Khaterine, 2007, "Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale", *Global Environmental Change*, vol. 17, núm. pp.12-24.
- Vogel, Coleen, Susanne C. Moser, Roger E. Kasperson y Geoffrey D. Dabelko, 2007, "Linking vulnerability, adaptation, and resilience science to practice: Pathways, players, and partnerships", *Global Environmental Change*, vol. 17, núm. pp.349-364.
- Zenteno, René, 1995, "Del rancho Tía Juana a Tijuana: Una historia breve de desarrollo y población en la frontera norte de México", *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 10, núm. 1, pp.105-132.

ANEXO

Guía de entrevista académicos.

1. Defina vulnerabilidad y adaptación. ¿Cuál es su relevancia para la gestión de agua en México?
2. Agencia. ¿Qué tipo de liderazgo es necesario para afrontar los eventos extremos relacionados con el clima? ¿Cuál es el nivel de cohesión en la formulación de políticas? ¿Cuál es el nivel de autoridad más adecuado para tomar decisiones y cual el nivel para poner en práctica acciones? ¿Cómo debe llevarse a cabo la coordinación entre esos niveles en caso de ser diferentes?
3. Sensibilización y educación. ¿Cuál es el nivel de conocimiento de los programas relacionados con la problemática hídrica? ¿Cuál es el nivel de implementación de programas de educación hídrica para gestores/profesionales?
4. Gobernanza y cooperación. ¿qué tipo de gobernanza es característica del sector hídrico en México? ¿cuál es el nivel de participación en la toma de decisiones (legal, cooperación entre organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, no gubernamentales –planteamiento de problemas / manejo)? ¿cuál es el nivel de cooperación entre sectores y entre niveles administrativos?
5. Desarrollo de políticas e implementación. ¿Qué tipo de horizonte temporal es considerado? ¿qué tipo de políticas son implementadas en la actualidad? ¿existe monitoreo y evaluación de esas políticas?
6. Manejo e intercambio de información. ¿existe participación de otros actores además del los gubernamentales en su producción de las políticas? ¿cuál es el nivel de agregación, (sub-cuenca, cuenca, sector)? ¿se considera explícitamente la incertidumbre de los impactos del cambio climático? ¿se comunica ampliamente la información respecto al cambio climático y sus impactos sobre el sector agua? ¿la información nueva sobre esos impactos es utilizada para orientar la formulación de políticas?
7. Finanzas y recuperación de costos. ¿existen y están disponibles recursos suficientes para la recuperación de costos en el sector agua? ¿se recuperan esos costos actualmente? ¿los recursos se asignan de manera eficiente? ¿existe participación del sector privado; de qué tipo?
8. Manejo de riesgos. ¿los riesgos son definidos por expertos o también se incluye la percepción de las partes involucradas? ¿cómo se define un nivel de riesgo aceptable? ¿qué tipo de instrumentos financieros están disponibles para reducir los riesgos?
9. Regulación. ¿Qué tipo de reglamentación es instrumentada? ¿cuál es su nivel de obediencia? ¿se adopta la regulación internacional?

Elaboración propia a partir de Huntjens, Pahl-Wostl & Grin (2007)

Guía de entrevistas gestores del organismo operador.

1. Conceptos. ¿Qué representa el cambio climático para la ciudad? ¿Conoce los términos y adaptación? ¿Cuál es su relevancia para la gestión de agua en Tijuana? ¿Qué representan para el desempeño de su trabajo?
2. Agencia. ¿Qué tipo de liderazgo es necesario para afrontar los eventos extremos relacionados con el clima? ¿Cuál es el nivel de cohesión en la formulación de políticas? ¿Cuál es el nivel de autoridad más adecuado para tomar decisiones y cual el nivel para poner en práctica acciones? ¿Cómo debe llevarse a cabo la coordinación entre esos niveles en caso de ser diferentes?

3. Sensibilización y educación. ¿Cuál es el nivel de conocimiento de los programas relacionados con la problemática hídrica? ¿Cuál es el nivel de implementación de programas de educación hídrica para gestores/profesionales?
4. Gobernanza y cooperación. ¿qué tipo de gobernanza es característica de la CESPT? ¿cuál es el nivel de participación en la toma de decisiones? ¿cuál es el nivel de cooperación entre sectores y entre niveles administrativos?
5. Desarrollo de políticas e implementación. ¿Qué tipo de horizonte temporal es considerado? ¿qué tipo de políticas son implementadas en la actualidad? ¿existe monitoreo y evaluación de esas políticas? ¿existe participación de otros actores además de los gubernamentales en el diseño de política? ¿Qué tipo de infraestructura es característica del sector? ¿Es suficiente? ¿Qué otras tecnologías son deseables?
6. Manejo e intercambio de información. ¿cuál es el nivel de agregación, (sub-cuenca, cuenca, sector)? ¿se considera explícitamente la incertidumbre de los impactos del cambio climático? ¿se comunica ampliamente la información respecto al cambio climático y sus impactos sobre el sector agua? ¿la información nueva sobre esos impactos es utilizada para orientar la formulación de políticas?
7. Finanzas y recuperación de costos. ¿existen y están disponibles recursos suficientes para la recuperación de costos? ¿se recuperan esos costos actualmente? ¿los recursos se asignan de manera eficiente? ¿existe participación del sector privado; de qué tipo?
8. Manejo de riesgos. ¿los riesgos son definidos por expertos o también se incluye la percepción de las partes involucradas? ¿cómo se define un nivel de riesgo aceptable? ¿qué tipo de instrumentos financieros están disponibles para reducir los riesgos?
9. Regulación. ¿Qué tipo de reglamentación es instrumentada? ¿cuál es su nivel de obediencia? ¿se adopta la regulación internacional?