



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN URBANISMO
DESARROLLO URBANO Y REGIONAL

ESTRÉS HÍDRICO EN LAS CUENCAS DE LA REGIÓN DEL VALLE DE MÉXICO
LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDAD DE GESTIÓN TERRITORIAL SOSTENIBLE

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN URBANISMO

PRESENTA:
LUIS DÁVALOS NAVA

TUTOR:
DR. DAVID MORILLÓN GÁLVEZ
INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:
DRA. ESTHER MAYA PÉREZ
FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM
MTRA. ANA ARECES VIÑA
FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM
DRA. MARÍA NEFTALÍ ROJAS VALENCIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM
MTRO. VÍCTOR CHÁVEZ OCAMPO
FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., NOVIEMBRE 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Contenido

1.	Introducción.....	4
1.1.	Problemática	4
1.2.	Hipótesis.....	4
1.3.	Objetivos	5
1.4.	Metodología	7
2.	Recursos hídricos y ordenamiento territorial	10
2.1.	Unidades de gestión.....	10
2.2.	Unidades de paisaje.....	21
2.3.	Cuencas hidrológicas	31
3.	Recursos hídricos y desarrollo sostenible	35
3.1.	Cambio climático y desarrollo sostenible.....	35
3.2.	Meta 6.4: uso de agua y escasez hídrica	39
3.3.	Indicador 6.4.2.: Nivel de estrés hídrico	41
4.	Región del Valle de México	51
4.1.	Antiguo sistema de lagos	51
4.2.	Cuencas hidrológicas oficiales.....	54
4.3.	Municipios.....	57
4.4.	Localidades urbanas	60
4.5.	Distribución poblacional	63
5.	Estrés hídrico en la región	66
5.1.	Recursos hídricos disponibles	66
5.2.	Extracción de recursos hídricos	69
5.3.	Estrés hídrico	73
6.	Actividad económica en la región	78
6.1.	Producto interno bruto	79
6.2.	Intensidad de uso por actividad	85
7.	Conclusión.....	90
7.1.	Aumento de volumen de fuentes de recursos	90
7.2.	Distribución de actividades económicas.....	92
7.3.	Agua y cuencas: desarrollo territorial sostenible	94
8.	Referencias bibliográficas	97
9.	Índices	99
9.1.	Ilustraciones	99
9.2.	Gráficas	99
9.3.	Tablas	99
9.4.	Cuadros.....	99



1. ■ Introducción

1.1. Problemática

El deterioro ambiental en la región del valle de México es una problemática que impacta en diversas esferas temáticas en el territorio. La desaparición sistemática del extenso sistema de lagos que contenía la región, ejemplifica las políticas que se han implementado deliberadamente para desaparecer un ecosistema. Con esta motivación es que se delimitó una problemática que integre los aspectos hídricos que influyan en el desarrollo territorial de una región para su estudio y análisis particular. En el desarrollo sostenible la concepción de estrés hídrico puede servir para evaluar un territorio según parámetros que permitan realizar un análisis cuantitativo que pueda otorgar cierta objetividad. Por otro lado, la metodología para la elaboración de programas de ordenamiento territorial, en la definición de modelos de ocupación y unidades de gestión, puede adoptar un enfoque que fomente la conservación y protección del recurso hídrico. Para la delimitación del estudio y, consecuencia del temprano desarrollo, difusión y aplicación del indicador del estrés hídrico, la incógnita que se busca responder gira alrededor del desconocimiento de este indicador a nivel regional en México. La presente investigación busca dar respuesta a la pregunta: ¿Cuál es el nivel de estrés hídrico en las cuencas que conforman la región del Valle de México?

Desconocimiento de la proporción entre disponibilidad y extracción de recurso hídrico, es decir, nivel de estrés hídrico, a nivel regional dentro del territorio mexicano. ¿Cuál es el nivel de estrés hídrico en las cuencas que conforman la región del Valle de México?

Cuadro 1. Planteamiento de problemática.

1.2. Hipótesis

El estado de deterioro ecológico en el que se encuentra la región del valle de México anticipa ciertos escenarios desfavorables en la evaluación de cualquier componente ambiental. En este contexto, los recursos hídricos no serán una excepción e incluso podría anticiparse que de los diversos aspectos en los que se puede aislar el medio natural, el agua es elemento más preocupante en la región. Esta especulación sobre la crisis de agua

en el valle de México, me lleva a adelantar que cualquier aspecto relacionado presentará resultados desalentadores. Considerar el indicador de estrés hídrico, nos lleva a plantear como hipótesis que los niveles de dicho indicador no sólo se encuentran en niveles altos, sino que su comportamiento en el corto plazo presenta una tendencia al alza, es decir, los niveles de estrés hídrico han aumentado en el último periodo inmediato, comprendido entre el año 2014 y 2020, en la región del Valle de México, incrementando el los problemas de abastecimiento en la población. Esta suposición surge derivado de hacer una breve revisión sobre el estado del sistema hídrico natural de las cuencas que integran la región, en el que los cuerpos de agua han sido desecados y sus ríos convertidos en drenajes de aguas negras, sin mencionar la alarmante coyuntura sobre la dependencia de otras regiones para el abasto de agua potable para uso de la gran parte del Valle de México. Es evidente que el planteamiento inicial de la investigación arrojará un escenario desfavorable, casi fatalista, en cuanto al manejo del recurso hídrico en la región a estudiar.

Los niveles de estrés hídrico han aumentado en el último periodo inmediato en la región del Valle de México.

Cuadro 2. Formulación de hipótesis

1.3. Objetivos

El manejo del agua en el territorio es un factor importante en el desarrollo en general, sin embargo, sin un uso eficiente del recurso vital, la regeneración de los ecosistemas se verá afectada, impactando en la productividad de casi todos los sectores económicos y sociales de una región. Para evaluar parte de la escasez del agua se utiliza el indicador del estrés hídrico y la delimitación espacial de la cuenca hidrográfica para calcular el modelo. El objetivo general de la presente investigación será el identificar los niveles de estrés hídrico de las cuencas que conforman la región del Valle de México. Con este estudio también se pretende establecer un antecedente que promueva el uso de dicho indicador, según lo marca la autoridad en la materia. En México es conocido a nivel nacional los niveles de presión, sin embargo, para una mejor evaluación se deberá establecer regionalmente para aplicar estrategias a nivel local para garantizar un desarrollo más sostenible. En general se busca establecer un paradigma en México para estudiar la escasez de agua mediante la relación entre ocupación del territorio y utilización del recurso hídrico.

La determinación de las unidades territoriales de trabajo para el estudio y la planeación es un aspecto relevante en la presente investigación. En el caso de México, la recolección de datos sobre los recursos hídricos puede obtenerse, en su mayoría, a través de las unidades representadas por las cuencas hidrográficas. De esta manera, uno de los objetivos particulares del presente estudio consiste en distinguir las unidades por cuenca adoptadas por las autoridades oficiales. Para delimitar el caso de estudio se determinará una región por los límites de las cuencas oficiales que por sus relaciones hídricas establezcan un sistema regional. En la delimitación de una cuenca hidrográfica, el relieve orográfico del territorio establece un aspecto determinante y existen tecnologías que facilitan este trabajo. El propósito indirecto de la observación de la delimitación oficial por cuencas en México, pretende analizar brevemente la congruencia con el relieve del territorio a estudiar. Delimitar el territorio para su ordenamiento mediante los límites establecidos por una cuenca hidrográfica puede favorecer un ordenamiento territorial que coloque como prioridad la conservación ambiental y un desarrollo más sostenible. Este enfoque puede aportar una visión más equilibrada sobre la explotación y extracción de recursos naturales para mejorar la calidad de vida del ser humano y el bienestar de todos los componentes del ecosistema.

Objetivo general:

- ***Identificar el nivel de estrés hídrico de las cuencas que conforman la región del Valle de México.***

Objetivos particulares:

- ***Distinguir las unidades de cuencas oficiales que conforman la región.***
- ***Calcular el estrés hídrico según las recomendaciones internacionales acreditadas.***
- ***Conceptualizar algunas acciones en el sector territorial para mitigar el estrés hídrico en la región.***

Cuadro 3. Resumen de los objetivos generales y particulares de la investigación.

La determinación del caso de estudio mediante la delimitación de una región del territorio a través de sus relaciones hídricas es el marco en el que se aplicará un modelo que refleje algún estado o variable del desarrollo sostenible. El estrés hídrico es un modelo cuyo carácter se adapta a las unidades territoriales disponibles para la recolección de datos cuantificables para la creación de escenarios. Por su elemento esencial, el agua y su

escasez, el modelo de estrés hídrico puede tomarse como una condición de los territorios para la toma de decisiones en la ocupación y ordenamiento del territorio para un desarrollo sostenible. Dentro de la investigación se pretende calcular el estrés hídrico según las recomendaciones internacionales acreditadas, aunque cabe destacar que dicho fenómeno es asociado por las relaciones entre la densidad poblacional y los recursos hídricos disponibles (Sobrino, 2015), identificar un modelo matemático establecido para la homologación de resultados y cuyas variables sean de fácil recolección y aplicación será un meta a conseguir. Establecer este modelo es uno de los objetivos particulares, no sólo de la investigación, sino en su aplicación en el caso de estudio. En gran medida, las variables y sus relaciones abstractas explicaran las determinantes en el esclarecimiento y entendimiento de los fenómenos territoriales por su población y sus necesidades básicas.

El modelo para medir el estrés hídrico es un indicador que sirve para evaluar acciones en la planeación de políticas públicas. Conservando este sentido, el aplicar un modelo para evaluar el desempeño en una región específica es esencial para la elaboración de mejores proyectos. La intención de conformar un territorio regional articulado por el agua, busca otorgar una visión integral en concordancia con el sistema natural para renovar su funcionamiento en beneficio de la actividad humana. De tal manera que, entre las intenciones particulares de la investigación, gira alrededor de un enfoque, una especie de ideología, en la elaboración de una planificación territorial que incluya una perspectiva integral entre sus componentes urbanos, rurales y de conservación a una escala local en una red de relaciones de funcionamiento global. Particularmente, la investigación busca ofrecer una conceptualización general sobre algunas acciones en el sector territorial para mitigar el estrés hídrico en regiones locales. La intención indirecta de la investigación busca ofrecer una prueba para integrar territorios en unidades programáticas de mayor eficiencia y un enfoque más sostenible en materia de ordenamiento territorial.

1.4. Metodología

Proceso de configuración conceptual

La estructura de la investigación se construyó progresivamente a través de cambios de orientación y enfoques. El marco conceptual de la presente investigación comenzó con el estudio de las unidades de gestión territorial como el reflejo de un modelo de ocupación en los programas de ordenamiento territorial. La definición de unidades territoriales es parte de las etapas progresivas en la metodología para elaborar programas territoriales. La inquietud por las cuencas hidrográficas como unidades naturales para la creación modelos

de ocupación, motiva un enfoque que se relaciona con el desarrollo regional. El recurso hídrico es el elemento articulador y define parte de un desarrollo sostenible en la estructuración de la investigación. La búsqueda de un elemento articulador y un punto de comparación en el ordenamiento territorial, descubre en la concepción de estrés hídrico el pretexto para justificar la delimitación territorial a través de la población y el agua. De esta manera, someter el ordenamiento territorial al sistema hídrico representado por la cuenca, es un atrevimiento para renovar algunos paradigmas en el desarrollo urbano y regional hacia el desarrollo sostenible. La aplicación del marco conceptual en un caso de estudio es el paso coherente para establecer la crisis del agua como justificación para adoptar acciones territoriales de diversa índole e incluso reconsiderar la división formal del territorio para su gestión.

Para establecer la metodología para la investigación se requiere de relacionar variables que expliquen el fenómeno. Para vaciar datos medibles se aplicará un enfoque cuantitativo en el análisis de las variables que pueden intervenir en el desarrollo sostenible territorial. Los resultados pretenden hacer un escenario descriptivo para generar recomendaciones. Determinar el estado actual y el margen de tolerancia a través de alguna variable, busca otorgar un panorama objetivo que pueda ayudar en la toma de decisiones.

La definición de sistemas para aislar variables en un ambiente determinado es necesario para aplicar algún modelo analítico para la recolección de datos. Se busca establecer el modelo de análisis que permita observar el comportamiento cuantificable del nivel de sostenibilidad de la unidad de gestión territorial idónea al paisaje. En el escenario ideal, se desea desarrollar o trabajar sobre alguna unidad hidrológica, para identificar y evaluar los grupos territoriales mediante la descripción de alguna variable que pueda cuantificar su sostenibilidad. Debido a la asociación e importancia de las variables relacionadas con el agua, tanto la metodología para la definición de unidades paisajísticas como en el estudio del desarrollo sostenible, se subraya su importancia en la construcción de una metodología para el ordenamiento territorial.

Antecedentes metodológicos

Para la elaboración de la investigación y la definición del área de estudio se utilizó un enfoque cuantitativo. Para el análisis de resultados se recurrió a una investigación de tipo indirecto en el que la obtención de datos proviene de fuentes recolectados por las autoridades competentes en México, a través de la CONAGUA y el INEGI. La organización de los datos se alinea a los alcances de las variables definidas por el modelo numérico que

se establecerá para el procesamiento de la información, en busca de resultados que faciliten un diagnóstico del estado actual que permitan esbozar diversos enfoques en la resolución de las problemáticas detectadas. El agua y su saneamiento al ser uno de los objetivos dentro de la agenda 2030 de la ONU para el desarrollo sostenible (ODS) facilita la definición de dicho modelo por la adopción de uno de sus indicadores para medir la escasez del agua. Otro aspecto destacable en la metodología en la presente investigación es la delimitación de una región territorial mediante la adopción y homologación de las unidades por cuenca y municipales oficiales y que, en el caso particular del estudio, se articulan por la emergencia ambiental territorial. El vaciado de datos en las variables se realizó con una relativa facilidad, algunos datos se encontraban a nivel municipal y otros a nivel de cuenca, por lo que la conformación de los datos municipales se agrupó según la conformación de la unidad mínima hídrica establecida por la CONAGUA: la cuenca hidrográfica.

Establecer de entre las diversas variables sociales, económicas y ambientales que se pueden abstraer en el proceso del ordenamiento y desarrollo territorial sostenible, será de las primeras acciones para establecer una metodología. El estrés hídrico y otros aspectos que intervienen en la presión ambiental en el territorio es alguno de los diversos conceptos que se relacionan para establecer índices de medición. La disponibilidad de datos como la densidad poblacional y la capacidad de reutilización del agua, aunque se encuentran disponibles, podrían representar una complicación al realizar su recolección. Los parámetros para el estudio del estrés hídrico ya han sido aplicados en análisis precedentes, facilitando su aplicación (Sobrino, 2015) en la presente investigación.

La recolección de datos dependerá de la escala más conveniente a analizar, ya sea estatal, municipal, incluso a través de cuencas o subcuencas. Las unidades de paisaje son delimitaciones con el objetivo de hacer cuantificables aspectos que influyen en la gestión para el ordenamiento territorial (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). Si bien, se busca enfatizar las cuencas como unidad paisajística conveniente, el desarrollo de la investigación se deberá adecuar a la escala en la que se encuentran disponibles los datos de las variables determinadas.

2 ■ Recursos hídricos y ordenamiento territorial

2.1. Unidades de gestión

Unidades gestión territorial

Las unidades de gestión territorial son un componente importante en la conformación de programas de ocupación, la definición de estas es resultado de la combinación de diversos aspectos. Estas unidades son un término utilizado de manera particular en México y según SEDATU (n.d.), "son unidades mínimas de manejo y gestión territorial y manejo administrativo"; establece que son la base para la instrumentación del programa. Estas unidades de gestión son subdivisiones homogéneas resultado de la combinación de características físicas, ambientales, sociales y económicas en las que convergen condiciones actuales según la aptitud sectorial y los conflictos territoriales (ídem). Establecer estas condiciones resultará del consenso del grupo de trabajo que elaborará el programa de ordenamiento y que tiene la representación de los diversos sectores. Se considera que más allá de las aptitudes, los conflictos deberán ser los ejes que determinen esta unidad, por ejemplo, en el desarrollo sostenible, los recursos hídricos son un componente articulador en el desarrollo territorial, la contaminación atmosférica y la del agua son las principales causas del cambio climático, considerar las unidades respecto a sus ecosistemas será una fortaleza en el desarrollo sostenible de la región que se pretenda abordar.

Se ha dejado claro que las unidades de gestión son instrumentos fundamentales para la aplicación de los programas de ordenamiento, son fracciones homogéneas del territorio que se delimitan por sus características físicas y sociales. En la metodología de la SEDATU (n.d.) se describe un proceso de caracterización sencilla a través de una matriz de columnas y filas, es decir, una tabla en la que se descomponen la características físicas o naturales, así como las sociales. En el caso según la metodología observada, se presentan 16 elementos que caracterizan a una unidad de gestión territorial, complementada por un mapa que detalla sus límites territoriales. La mayoría de los mapas detalla aspectos como su superficie, localidades destacables, usos del suelo, conflictos, cantidad de población, entre otros. No queda duda que la delimitación de unidades de gestión se define por el conjunto de características de la población y serán la base para su definición en el ordenamiento territorial. Las consideraciones ambientales en su caracterización deberán ser más

relevantes en la conformación de unidades de gestión. Aunque el referente citado establece criterios sencillos y prácticos, lo hace a través de aspectos cuantitativos y la delimitación física-geográfica se establece de manera sugestiva pero no de manera concluyente.

Modelos de ocupación territorial

Para el establecimiento de las unidades de gestión es necesario la determinación de modelos de ocupación territorial. SEDATU (n.d.), en su guía metodológica establece que el modelo de ocupación es la integración de la visión a futuro o la expresión espacial de un escenario estratégico sobre determinada unidad territorial que proporciona un plan de acción para lograr determinada meta. Las unidades territoriales pueden variar según las políticas de ordenamiento territorial, es decir, los modelos de ocupación son las políticas territoriales específicas que mediante proyectos o acciones buscan lograr metas particulares. Las políticas definidas en los planes de desarrollo son la base sobre las que se determinaran las unidades de gestión territorial para organizar los proyectos que buscan lograr metas mediante acciones cuantificables y serán la materialización de políticas específicas de determinada administración y su visión ideal de prosperidad y progreso de una sociedad. Aclarando esta premisa, los modelos de ocupación territorial deberán responder cada vez más a políticas que busquen la integración con su contexto ambiental en beneficio del ciclo ecológico del que es parte la humanidad y sus actividades que le proporcionan un confort, las cuales deberán ser más congruentes con el sistema del que son parte.

Programa ordenamiento territorial (POT)

Los modelos de ocupación se transmiten a través de programas en los que se delimitan para su cuantificación, en unidades territoriales las cuáles pueden diferir de las unidades político-administrativas oficiales. El objetivo de la guía para la elaboración de programas de ordenamiento establecía que era la "implementación de política pública de desarrollo territorial integral de largo plazo que vincule la sustentabilidad (sic) ambiental con el desarrollo socioeconómico de la población" y establece que es la construcción de escenarios y modelos de ocupación la que dará soporte en la toma de decisiones (SEDATU, n.d.). Aunque es un compendio de ideas generales, también es un manual de procedimientos para implementar acciones y/o proyectos particulares. Las políticas territoriales estarán incompletas sin un proceso sistemático para su implementación y evaluación. Cabe destacar que el énfasis que se establece para el desarrollo sostenible, obliga a abordar la discusión sobre las variables que intervienen en el ordenamiento

territorial sostenible mediante los componentes de una política a través de modelos y sus unidades.

Diseño y fases de los programas de ordenamiento.

Las unidades de gestión son un componente de los modelos de ocupación y que a su vez de una fase en el proceso de diseño de programas de ordenamiento. En México la recomendación a seguir se compone de 5 fases: coordinación institucional, diagnóstico territorial, prospectiva, modelo de ocupación territorial e instrumentación, monitoreo, evaluación y seguimiento (SEDATU, n.d.). Este proceso sugiere una secuencia lineal progresiva donde la siguiente fase es resultado de la resolución de la anterior. En este proceso se puede observar un énfasis en el trabajo en equipo, en el que los actores de diversos sectores deberán convergir según sus intereses en común, que culminarán en la construcción de un escenario a futuro o modelo de ocupación de un territorio particular. En esta construcción deberá quedar implícito el lograr un desarrollo más sostenible. El manejo y explotación de los recursos vitales para el desarrollo humano deberán dar forma a las políticas y modelos, elaborarse alrededor de este objetivo. Las unidades territoriales podrán ser instrumentos de gestión de recursos y su delimitación será más armoniosa si se considera como parte de un ecosistema en favor de su renovación y conservación.

Políticas territoriales

Las gestiones territoriales son un componente importante en el proceso de ordenamiento. Se puede entender como la herramienta a través de las se materializan políticas. Como referencia podemos observar las recomendaciones de SEDATU (n.d.) en cuya guía metodológica las dotaba de líneas de gestión específicas según políticas, lineamientos, metas-proyectos estratégicos y que son la instrumentación del modelo de ocupación. Aunque esta metodología es particular de México y de las administraciones políticas sexenales, refleja una voluntad de sistematizar el proceso de planeación y programación de políticas. Las unidades de gestión en este proceso son importantes para definir políticas de carácter sostenible, se establece la jerarquía más particular de los componentes siendo los proyectos estratégicos las acciones a realizar para lograr las metas propuestas o escenarios ideales a futuro. Estos proyectos deberán enmarcarse según las premisas para el desarrollo sostenible desde la definición de su región como sistema socio-ambiental congruente y eficiente que amplifique los efectos de los proyectos de desarrollo en beneficio del medio ambiente a una escala local con impacto a escala mundial.

Las políticas territoriales se transmiten mediante los lineamientos específicos que se establecen para cada unidad de gestión territorial. Los lineamientos territoriales son el estado ideal de cada unidad y son los objetivos propuestos, junto con los periodos y parámetros de medición que definirán lo planeado, se redactan en forma de enunciado (SEDATU, n.d.). Dicha guía metodológica, también establece que cada unidad puede tener más de un lineamiento dependiendo de sus políticas asignadas. Aunque en la referencia consultada se establecen lineamientos específicos, esta aproximación delata una forma muy pragmática de establecer unidades de gestión y descomponerlas según la intención deseada. Los lineamientos territoriales no deben ser limitativos en su alcance, sin embargo, progresivamente deberán tener como directriz básica la gestión de los recursos naturales en general, especialmente los hídricos como articulador en desarrollo territorial sostenible. Toda política territorial, incluyendo la definición del campo de acción deberá tomar la renovación de los ecosistemas para disminuir el impacto de las actividades humanas y su reflejo en los asentamientos y la forma de ocupación del territorio.

En la metodología de referencia, es interesante observar cómo se delimitan las políticas y lineamientos. Las delimitaciones proporcionan las líneas de acción y pueden optarse por una o la mezcla de varias, SEDATU (n.d.) establece 4 políticas básicas; de fortalecimiento territorial, de innovación, control ambiental y rehabilitación; cada una como una línea general que incluirán acciones en busca del logro de metas. En conjunto, se puede observar que podrían englobarse dentro de un enfoque de sostenibilidad en distintas esferas. Las premisas para el desarrollo sostenible son visibles en el enfoque referenciado, siendo la gestión de recursos naturales una línea política general en cualquier unidad territorial, es decir, en cualquier tipo de planeación territorial es necesario fomentar la adopción de políticas ambientales que enmarquen el desarrollo humano hacia el futuro, especialmente en el manejo de los recursos naturales a través del agua y su aprovechamiento. Siendo las unidades de gestión territorial la materialización de políticas, estas deberán fomentar un desarrollo más sostenible. La determinación de unidades territoriales deberá encontrar su justificación en los elementos del ecosistema.

Metas y proyectos territoriales estratégicos

Las metas y proyectos estratégicos conforman parte en la instrumentación de los programas de ordenamiento. Estas se contienen dentro de las unidades de gestión definidas y son la materialización de políticas públicas sobre la visión a futuro de un territorio. Las metas y proyectos estratégicos son la expresión operativa de los objetivos específicos de la unidad de gestión, no solo incluyen acciones para cumplir objetivos en

materia de política pública, también contiene a los responsables de su ejecución por las diferentes instancias de administración en todos los niveles de gobierno (SEDATU, n.d.). La definición de los responsables es tan importante como la definición de metas y proyectos, cada política responde a los intereses particulares de los actores de los diferentes sectores que las establecen. Las unidades de gestión territorial se distinguen, no solo por sus características físicas y sociales, sino por la materialización de sus objetivos a través de metas y proyectos, y sus ejecutores. Al tratar de distinguir una unidad de gestión se debe observar desde sus proyectos estratégicos y sus metas de su programa de ordenamiento.

Constitución política

En el marco legal de México, a través de su carta magna, se establecen algunos artículos que le dan una referencia al ordenamiento territorial y forman parte del apartado dedicado a los derechos humanos y sus garantías. La relación urbano-territorial en la Constitución Política en México se establece en algunos apartados, por ejemplo, en su artículo 4° se garantizan los derechos a un medio ambiente sano para el desarrollo saludable tanto en el acceso, disposición, saneamiento de agua y en general el uso sostenible del recurso hídrico, también garantiza el derecho a una vivienda digna (H, 2020a). Este marco legal es coherente y se adapta a los principios establecidos por los tratados internacionales en materia de desarrollo sostenible que plantea, por ejemplo, el Acuerdo de París para el cambio climático o la agenda 2030 para el desarrollo sostenible. En México se puede establecer que su adscripción a los acuerdos y tratados internacionales es reconocible y cumple con los procesos establecidos para la planificación, su adaptabilidad para el cumplimiento de los compromisos y esfuerzos internacionales. Si entendemos que la planificación y ordenamiento territorial se ejecutan por medio de planes y programas, la condición de la propiedad en México es relevante y también se garantizan en este marco legal nacional.

En el artículo 27° de la Constitución de México se establecen las garantías que abordan los elementos de los que derivaran las leyes y reglamentos que normaran la planeación y ordenamiento territorial. En este se indica la garantía para dictar las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos, es decir, establecer las reservas territoriales, usos y destino de las tierras, aguas y bosques. También, el regular el mejoramiento y crecimientos de los centros de población, tomando en consideración la preservación y restauración del equilibrio ecológico y evitar la destrucción de elementos naturales (H, 2020a). En este apartado de la carta magna de México se enmarca el desarrollo territorial como una visión sostenible tomando como elemento fundamental el equilibrio ecológico,

del que derivaran todos los instrumentos como planes y programas de ordenamiento territorial. La mención de los asentamientos humanos y centros de población en la Constitución, le otorga una referencia directa en el manejo y gestión sostenible del elemento fundamental para el ordenamiento territorial. Entre las leyes que derivan de este enunciado se encuentra la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, siendo esta el resultado de la reglamentación de la instrumentación del desarrollo y ordenamiento territorial en México.

Ley general de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano

La Ley de Asentamientos Humanos es la norma general en México que reglamenta el ordenamiento territorial. No proporciona los instrumentos directos para la ejecución de políticas y proyectos, sin embargo, sí determina la obligación de contar con ellos y los lineamientos generales que deben considerarse. Por ejemplo, en el Art. 4 se establecen varios principios de política pública en el ordenamiento territorial, de los cuales se destaca 3 que inciden y deben otorgar y hacer cumplir en los instrumentos de ordenación establecidos en los planes y programas: derecho a la ciudad, derecho a la propiedad urbana y sostenibilidad ambiental. Estos otorgan la garantía al acceso a vivienda, servicios básicos, protección a la propiedad, la prevalencia del interés público en la ocupación del territorio y evitar la recarga del ecosistema por el crecimiento urbano. (H, 2020b). De esta forma en México se otorga la garantía de programas de ordenamiento territorial que cumplan con las políticas generales que marque la legislación del país. Todos los programas que establece cada administración deben implementar su agenda política y proyectos en el marco de dichos principios. En otros apartados de dicha Ley se delimitan otras consideraciones y contenidos que deberán cumplir los programas estatales y municipales, siempre cumpliendo con las causas de utilidad pública.

Según la Ley, la restauración y la protección del ambiente se establecen como causa de utilidad pública. Según el art. 6, en el establecimiento de reservas y distintos instrumentos urbanos en la ampliación de los centros urbanos, los planes y programas de desarrollo urbano, deben contener e implementar acciones para protegen el patrimonio natural, preservar y restaurar el equilibrio ecológico en los centros de población. (H, 2020b). De esta manera el gobierno, en todos sus niveles, debe implementar políticas que se encaminen hacia acciones que preserven el ecosistema del medio ambiente. La gestión de recursos en los programas de desarrollo deberá canalizarse en el cumplimiento de los proyectos que implementen los principios de políticas sostenibles. En la Ley se particulariza la normatividad en el contenido de los programas territoriales para que deriven y canalicen los

principios políticos que emanan desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Para la articulación de estos principios se establecen 6 condiciones a cumplir en la formulación del contenido de los programas de desarrollo territorial. Para tener congruencia con las estrategias y programas nacionales, en lo ecológico y la prevención de riesgos, como en la normativa territorial vigente, se establecen 6 puntos en el contenido: a) análisis y tendencia de la situación (diagnóstico y pronóstico), b) estrategias y evaluación a mediano y largo plazo, c) acciones y proyectos estratégicos, d) metas y periodos de evaluación, e) instrumentos para el cumplimiento y ejecución y f) congruencia con el atlas nacional de riesgos. (H, 2020b). La Ley General de Asentamientos Humanos, a través de su artículo 29°, establece la estructura general de la metodología en la elaboración de programas de ordenamiento territorial. La legislación mexicana en materia territorial cuenta con el marco legal que garantiza la elaboración de programas de ordenamiento territorial y delimita una metodología para el estudio y formulación de estrategias para gestionar y canalizar los recursos necesarios para lograr las metas en la conservación del medio ambiente.

Guía metodológica (SEDATU)

La guía metodológica de la SEDATU, para la elaboración de programas de ordenamiento territorial, responde a lo establecido por la Ley de Asentamientos Humanos en cuanto a las consideraciones y contenido de dichos programas. La guía fija una metodología para la elaboración de estos en los municipios y estados de México. El objeto principal es la implementación de políticas públicas de desarrollo territorial integral a largo plazo, que vinculen la sostenibilidad ambiental y el desarrollo socioeconómico de la población. (SEDATU, n.d.). En acepciones más pragmáticas, los programas son instrumentos de planificación que buscan identificar las potencialidades y conflictos en el uso del territorio mediante la recopilación de información empírica para la construcción de escenarios y modelos de ocupación como herramienta en la toma de decisiones (SEDATU, n.d.). Este manual metodológico delimita procesos de diseño y las fases que deben considerarse para la definición de un modelo de ocupación y su instrumentación. Identifica las siguientes fases: 1) coordinación institucional, 2) diagnóstico, 3) prospectiva, 4) modelo de ocupación y 5) instrumentación y su monitoreo. (SEDATU, n.d.). Las 3 primeras fases corresponden al estudio de ordenamiento territorial para la definición de conflictos y pronósticos hacia la construcción de un escenario ideal hipotético que se implementará a través de la definición de un modelo de ocupación. El resultado final del estudio y consiste en la expresión espacial del escenario a futuro por sus metas, dentro la delimitación de un territorio a la que se le

denomina “unidad de gestión territorial” la cual contiene los proyectos estratégicos a implementar (SEDATU, n.d.). Los programas son herramientas para la toma de decisiones políticas en el mejoramiento de la gestión territorial en beneficio de la población. Los programas de ordenamiento territorial son la expresión de la voluntad planificadora de la administración pública para el desarrollo y bienestar social, económico y ambiental de una población. Estos programas se procesan mediante la consecución de pasos y etapas que disgregan el conjunto para encontrar problemáticas a resolver mediante acciones concretas. Las unidades de gestión de un modelo de ocupación son la representación más pragmática de la aplicación de un programa y sobre la que se procesan distintos proyectos, se monitorean y se evalúan.

Las unidades de gestión, en el ámbito territorial, son elementos que le dan forma a las políticas de un programa de ordenamiento. Son el aspecto que articula los proyectos derivados de acciones proporcionales para el cumplimiento de metas. La guía metodológica de SEDATU (n.d.) establece a las unidades de gestión territorial como la materialización del modelo de ordenamiento, que conduce a la instrumentación de estrategias:

“Son las unidades mínimas de manejo y gestión territorial y manejo administrativo (...) Son subdivisiones homogéneas del territorio que se delimitan por la combinación única de características físicas, sociales y económicas (...) en las que convergen condiciones ambientales actuales, la aptitud territorial de cada sector y los conflictos territoriales.” (SEDATU, n.d.: 58)

Para su caracterización, la metodología establece la delimitación mediante un mapa en el que se añade una tabla con más de 10 aspectos a llenar según el territorio delimitado, entre los que destacan su superficie por hectáreas, localidad más importante, municipio(s), usos del suelo, aptitudes por actividad, conflictos o problemáticas y algunos datos demográficos como, población, escolaridad, marginación entre otros. (SEDATU, n.d.). Todos estos aspectos que identifican y caracterizan a un territorio para su gestión, deberán entenderse como los requerimientos mínimos que habrá de exponerse en determinado modelo de ocupación. Las unidades de gestión son el instrumento directo de planificación en la toma de decisiones y que se perfila en el desarrollo de un programa de ordenamiento. En estas unidades se establecen el tipo de políticas que se clasifican, también, por aspectos mínimos según la metodología de la guía.

Cada unidad de gestión se define por un enfoque general que delimita el tipo de políticas a instrumentar en proyectos ejecutables. Para la implementación y gestión de estos, la guía plantea la clasificación de lineamientos generales de gestión, a las que habrá que adaptarse para una eficaz implementación. En la guía se determina esta concepción como una política territorial integral que deberá contar con un objetivo del que se desprendan metas y tiempos de ejecución definidos (SEDATU, n.d.). Se puede entender este tipo de políticas por el tipo y carácter de proyectos a los que se les dará prioridad. SEDATU establece 4 líneas políticas que le proporciona, a la unidad de gestión, un destino general y se puede integrar de una o en combinación de otras. Las políticas territoriales integrales (SEDATU, n.d.) son: a) de fortalecimiento territorial, destinado a aquellos territorios que no generen impactos indeseables, b) de innovación territorial, para detener procesos de deterioro ambiental, reordenando patrones de ocupación, c) de control ambiental, cuando los desarrollos urbanos sean incompatibles con los ambientales y, d) de rehabilitación territorial, cuando el deterioro ambiental y social sean evidentes. Con esto se puede intuir que el propósito principal de la guía es la eficaz integración y aplicación de políticas definidas y limitadas, reduciendo su rango de especulación. Las políticas territoriales delimitadas en la guía metodológica, en su mayoría, tienen un propósito ambiental o se complementan con lo social y dejan entrever su carácter pragmático, sin embargo, el resultado de su aplicación deberá comprobarse por el tipo de acciones y proyectos que resultan factibles de ejecutarse. Cabe resaltar que la ejecución de estos es conformada por sus lineamientos y metas específicas que guiaran su correcta culminación.

Al referirse a políticas de ordenamiento territorial se hace alusión directa a los lineamientos de cada unidad de gestión. Aunque la guía no establece parámetros concretos para la definición física, geográfica y cultural (social) de estas, una vez establecidas, el proceso para su instrumentación se encuentra bastante delimitado. Para esto se establece lo denominado como lineamientos territoriales (SEDATU, n.d.), que permiten especificar la aplicación política de cada unidad, mediante la definición de objetivos, su periodo de cumplimiento y sus parámetros de medición. Se interpreta como el estado ideal de cada unidad y se redactan en forma de enunciado contemplando los parámetros que le dan objetividad. Estas unidades incluyen las acciones, proyectos, programas y los responsables de su ejecución, instancias de la administración pública en sus tres niveles de gobierno, siendo la expresión operativa de la unidad de gestión (SEDATU, n.d.). Los sectores que contemplan estas políticas o lineamientos territoriales son variados y proporcionales a su desarrollo en cada territorio y en gran medida son las que le darán forma según sus

intereses en el que el gobierno deberá equilibrar la cartera de proyectos según una agenda de bienestar social y ambiental. La definición de los lineamientos territoriales define pragmáticamente un modelo de ocupación territorial cuyo éxito y continuación dependerá de la eficacia de los proyectos.

Unidades territoriales estratégicas regionales (UTER)

En la aplicación de la metodología de la SEDATU para el ordenamiento territorial podemos destacar como caso de estudio el programa regional del centro de Zacatecas, elaborado según las recomendaciones de dicha guía. En este se establece una metodología más detallada para la definición de las unidades territoriales para la elaboración de programas de ordenamiento. Las denominadas UTER (unidades territoriales estratégicas regionales) son subdivisiones regionales que se delimitan por sus características físicas, sociales y económicas que no responden a criterios administrativos y son resultado de diversas sobreposiciones de información territorial (Zacatecas, 2014). Aunque la guía metodológica contempla un apartado específico para la definición de unidades de gestión territorial, mantiene un proceso abierto a interpretaciones y adecuaciones. Las UTER definidas por el programa regional centro de Zacatecas funciona como un referente en el proceso de definición de unidades de paisaje y proporciona una desagregación más detallada de la que adolece la guía en la que se basa. Para comprender dicho proceso es necesario analizar los pasos consecutivos o proceso de la metodología.

En el caso de las UTER, no solo se definen por sus atributos paisajísticos sino por sus usos de explotación en el territorio. Las unidades de gestión territorial en el caso no solo toman en consideración el paisaje y su orografía, sino su potencialidad de uso. En la definición de su potencialidad se establece diversas esferas temáticas que influyen en el proceso de conformación.

Incluso, el proceso de definición de la unidad de gestión en el caso de la región centro de la entidad federativa de Zacatecas consta de 5 pasos. Estas etapas no son consecutivas, sin embargo, establece una progresión ordenada para su desarrollo. Según el programa de ordenamiento (Zacatecas, 2014), los 5 pasos a seguir establecidos en la guía son: 1) unidades de paisaje, se establece la unidad mínima cartografiada que permite representar espacialmente los componentes de un ecosistema, en el caso se simplificó por lomeríos, montañas, rampas (piedemonte) y planicies. 2) unidades según la aptitud del suelo, que es la diversificación del uso agrícola, pecuario, forestal y áreas de restricción en el territorio. 3) unidades de conflicto, estas se delimitan por indicadores de su fragilidad ambiental, es

decir, la capacidad que tiene un ambiente natural de soportar usos y acciones potencialmente transformadoras, sin que sufra modificaciones. 4) uso de suelo, en esta etapa, se definen pre-unidades por la sobre posición de los conflictos y la aptitud del suelo. Por último, 5) delimitación de la UTER, es el resultado de las etapas que le preceden y donde delimita definitivamente las unidades territoriales para establecer estrategias de acuerdo a sus características y potencialidades. El proceso en la delimitación de unidades territoriales en el programa de ordenamiento regional de Zacatecas es multidimensional y abarca diversas esferas, congruente con las líneas de trabajo que define el estudio de las unidades de paisaje (Franch-Pardo & Cancero-Pomar, 2016). Aunque estas solo se definen por sus aspectos visuales, a través de los sistemas de cuenca, las UTER demuestran los alcances que pueden presentarse al tratar de definir un área de estudio de manera “científica”.

Cuenca hidrográfica y regionalización

Como se ha señalado, las unidades de gestión son un componente relevante en la planificación de un territorio y es un componente que integra una de las fases en la programación del ordenamiento territorial. Las unidades de gestión se delimitan según diversas metodologías, sin embargo, recientemente se han observado criterios que dependen de criterios paisajísticos. Las cuencas hidrográficas resultan criterios de orden visual y de paisaje que conforman unidades territoriales congruentes con un ecosistema en el que el ser humano es un actor preponderante. Granados-Sánchez (2005) señala que, "las cuencas pueden resultar el mejor criterio para la regionalización de la gestión espacial del territorio en los casos en que el agua constituye un punto crítico en la problemática territorial". De esta forma se puede regionalizar un territorio y conformar delimitaciones políticas con una visión de sostenibilidad, que pueda gestionar las relaciones entre lo social y lo ambiental para la explotación de recursos en el desarrollo de los sectores productivos. Las unidades de gestión territorial y político deben adquirir una responsabilidad en la conservación del recurso más importante para la regeneración del ecosistema y en beneficio a largo plazo para la humanidad: el agua.

Unidades territoriales

En la conformación de unidades de gestión territorial existen diversos criterios en su delimitación. Algunos de estos criterios resaltan aspectos sociales, económicos o ambientales y la voluntad de integrar todos estos aspectos pueden encontrarse en algunos ejemplos. Para un desarrollo sostenible dichas esferas temáticas deben funcionar en conjunto para lograr los objetivos propuestos para lograr un cambio estructural en la gestión

de los intereses sectoriales en el territorio. González (2016), en la argumentación en la que presenta el concepto de región hidropolitana, detalla que el corte por cuenca hidrográfica funciona como un sistema ambiental determinado por la actividad humana que se encuentra sometida por la lógica y dinámicas de factores económicos en términos de sus relaciones, es decir, a través de redes, centralidades, corredores y nodos. Considero que la dinámica de redes, ocasionada por el fenómeno de globalización, es el estado natural como se organizan y jerarquizan los asentamientos y sus territorios, sin embargo, sin la integración del recorte por cuenca hidrográfica quedará incompleto el correcto funcionamiento en la gestión y ordenamiento territorial hacia un desarrollo sostenible. Cabe resaltar que, históricamente, las élites políticas y económicas regionales han establecido sus estrategias a partir de la espacialidad por las entidades federativas y no por las delimitaciones de las cuencas hidrográficas (González, 2016).

Conformación territorial

La conformación territorial se define por el tipo de unidad que agrupa variables o componentes de un sistema. Es el proceso en el que se decide la delimitación de un territorio por medio de unidades. De tal manera que pueden existir diversas formas en la conformación territorial, ya sea política, económica y/o ambiental. González (2016) demuestra esta ambivalencia por medio de lo denominado región hidropolitana y que hace referencia a la conformación territorial mediante las relaciones de dependencia según su infraestructura hidráulica, es decir, se delimita un sistema articulado por las redes hidráulicas o de agua de las que depende un territorio y sus localidades de diversa jerarquía. La regionalización se puede trazar de muchas formas dependiendo de los aspectos que se busquen estudiar o administrar y se pueden basar en los flujos artificiales de agua como lo representa la región hidropolitana de la Ciudad de México (González, 2016). Las unidades territoriales se delimitan por sus relaciones ambientales como las de paisaje o las cuencas hidrológicas, pueden representar un modelo de ocupación que facilite el desarrollo sostenible de los recursos naturales, para disminuir el impacto de las actividades humanas y garantizar un desarrollo a largo plazo.

2.2. Unidades de paisaje

Generalidades

En el ordenamiento territorial, la determinación de áreas de estudio resulta relevante para la gestión de planes y programas. Las unidades de paisaje son una técnica que busca cuantificar la capacidad de un territorio, es un parámetro o características que es de utilidad

en la gestión de territorios (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). La aplicación de unidades de gestión que establecen sus límites a través del paisaje y sus características resultan relevantes para su desarrollo e implementación. La delimitación de territorios debe establecer sus límites según la eficiencia de su aprovechamiento y, los procedimientos para su definición deben ser objeto de un estudio más detallado. La reflexión respecto a la fragmentación del territorio para su gestión, congruente con determinados aspectos del paisaje, puede aludir a un contenido filosófico más abstracto, propio del campo epistemológico.

La concepción de la noción de unidad paisajística, para la gestión del ordenamiento territorial, detona una reflexión sobre su marco conceptual en el que se fincará un análisis empírico. Las unidades de paisaje se fincan en el conjunto de componentes perceptibles del sistema terrestre conocido como fenosistema y que relacionan el paisaje y su observación (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). El paisaje y su delimitación es una técnica que se fundamenta en la observación de los elementos geomorfológicos del territorio, principalmente por el relieve. El paisaje es un fenosistema que se puede delimitar por sus componentes visuales, para la cuantificación de diversas variables que se relacionan en el espacio y su territorio. El desarrollo del estudio del paisaje se puede identificar por el proceso de definición de sus enfoques a lo largo de su desarrollo.

El paisaje y su unidad se distingue por la consolidación desde sus diversos enfoques en los que se ha desarrollado su estudio. Franch y Cancer (2016), identifican 3 líneas de trabajo en el manejo del paisaje: 1) desde una perspectiva biofísica, como unidad de síntesis geosistémica, 2) desde una consideración sociocultural; incorporando la cuestión subjetiva del observador y, 3) como proceso interdisciplinar de integridad espacial-temporal. A pesar de estos enfoques en los que se desarrolla el paisaje, su proceso de consolidación puede entenderse como un proceso progresivo que incorpora atributos que le dan una cualidad práctica, para la incorporación en distintas disciplinas. La concepción del paisaje demuestra ser un concepto dinámico que se adapta a los requerimientos para los que se adaptara como medio, para lograr diversos objetivos. El paisaje se ha reconocido como una concepción fundamental en planeación y el ordenamiento territorial.

Las naciones en el mundo, en materia de planeación y ordenamiento, han incorporado progresivamente la noción de paisaje como unidad de síntesis. En México, varias entidades han reconocido la relevancia del paisaje visual en la planeación ambiental (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). Aunque se afirma la consolidación de la unidad de paisaje en la

legislación mexicana, aún queda pendiente establecer los mecanismos para la incorporación de este. El que la legislación de los distintos países incorpore de manera progresiva el paisaje como unidad de gestión, comienza a colocar las bases para el desarrollo eficiente de la planificación y planeación del territorio. Desagregar los componentes que se consideran en su definición, esboza la necesidad de revisar la metodología para elaborar unidades de paisaje.

Paisajes

El territorio y el paisaje guardan una relación estrecha y que puede resultar difícil de distinguir. Ambos pueden conformar unidades o sistemas según criterios específicos e intereses particulares. Al igual que la conformación del territorio, se adoptan esferas temáticas para delimitar el espacio. El paisaje también remite a una diversidad de ellos, los tipos de paisaje son resultado de la caracterización de estos y que se apoya en el relieve, la vegetación, y los usos de suelo (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). La caracterización del paisaje se base en componentes de tipo ambiental y geográficos. Esta conformación del paisaje se agrupa en torno del relieve el que se sobrepone diversas capas para conformar las fronteras de este tipo de unidad. Los flujos de agua superficial influyen en la transformación y conformación del relieve terrestre y conforman un sistema paisajístico congruente con todos los elementos de un ecosistema: la cuenca hidrográfica. Aunque se pueden conformar diversos tipos de paisaje por diversas esferas temáticas, las barreras físicas naturales suelen ordenar y conformar el marco sistemático, sobre el que interactuarán diversos componentes. La caracterización del paisaje, casi siempre coincidirá con lo parteaguas de una cuenca y reafirma el rol articulador del agua en el territorio y el paisaje.

Determinación metodológica

Para la determinación y definición de una unidad de paisaje es necesario seguir un proceso establecido. Según Franch y Cancer (2016), la delimitación de una unidad de paisaje se desarrolla en 3 fases: la elaboración de las unidades visuales mediante los cerramientos, la determinación de los tipos de paisaje (bióticos y abióticos) y el análisis aplicado a las cualidades del paisaje (visibilidad, calidad, fragilidad y aptitud paisajística). Es de destacar que el procedimiento descrito contrasta por su relativa facilidad en comparación con otras metodologías (ver apartado 3.1.). Sin embargo, es concluyente que para la definición de cualquier unidad territorial integrar de diversas esferas temáticas. Esta metodología se basa en enfoques específicos que requieren de una categorización para su mejor comprensión.

Los métodos para la elaboración del procedimiento en la determinación de unidades de paisaje son de relevancia para entender sus alcances y limitaciones. El procedimiento para definir dicha metodología es un enfoque de tipo cuantitativo, un método indirecto de análisis y valoración para la apreciación y estimación objetiva de parámetros para poder incorporarse a las políticas de gestión territorial (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). Las determinaciones paisajísticas para la delimitación de unidades pueden definirse de manera simple y sencilla, su aplicación práctica requiere de bases cuantificables para tener un sustento objetivo que permita extrapolar diversos análisis a otras disciplinas. La gestión y la toma de decisiones demandan de unidades territoriales congruentes con el medio para generar desarrollo a través de programas que satisfagan las necesidades de los asentamientos humanos.

Aunque se deseé que el actuar del ser humano se analice por medios cuantificables exclusivamente, algunos aspectos menos objetivos complementan el perfil del individuo. En los procedimientos indirectos existe una ausencia de la opinión de las poblaciones que habitan determinadas unidades territoriales (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). La formulación de unidades de paisaje como sistemas de gestión territorial, evidencia la paradoja de la dicotomía contrastada de los enfoques científicos, para la solución y progreso en la calidad de vida del ser humano. Los medios al alcance para la solución, intentan equilibrar el pragmatismo en la implementación de acciones, para la rendición de cuentas en las características políticas de la administración territorial.

Proceso metodológico

La elaboración de unidades de paisaje se debe realizar con base un proceso metodológico determinado. Las unidades visuales de paisaje se delimitan a través de un proceso a base de distintas fases. Según el proceso establecido por Franch-Pardo y Cancer-Pomar (2016), aplicado en el caso de la protección de la cuenca del río Chiquito en Morelia, Michoacán, se integra de 3 principales fases. Esta integración consta de la determinación de los cerramientos visuales, el tipo de paisaje y las cualidades del paisaje. Analizando las fases, de manera particular entendemos por cerramientos visuales la conformación de las unidades territoriales, sobre las que se realizarán los análisis paisajísticos, y que se denominan unidades visuales de paisaje (UVP), los tipos de paisaje son el resultado de elementos bióticos y abióticos que conforman el paisaje y, por último, se determina las cualidades del paisaje mediante su visibilidad, calidad, fragilidad y aptitud paisajística. Estas conformaciones territoriales integradas por su paisaje visual determinan varias cualidades clave en los estudio y ordenamiento del territorio. Las aplicaciones de las unidades de

paisaje en el ordenamiento territorial en México podemos encontrar en los manuales y programas para el ordenamiento territorial durante el periodo administrativo político entre los años 2012 y 2018. Estos ejemplos aplicados carecen de una justificación metodológica para la delimitación territorial mediante el paisaje visual. El proceso metodológico descrito por Franch-Pardo y Cancer-Pomar (2016), puede observarse como una oportunidad para comenzar a analizar de manera más objetiva la delimitación de territorio, más armoniosa con un entorno ecológico, que favorezca su conservación y una explotación más eficiente y racional de los recursos naturales con los que cuenta una región.

Enfoque cuantitativo

Las unidades de paisaje son una herramienta para la elaboración de acciones y proyectos en el ordenamiento territorial. Se han establecido unos procesos para su delimitación y su análisis. Como referencia, Franch-Pardo y Cancer-Pomar (2016) detallan estos procesos para definir una unidad visual de paisaje, donde se utiliza un método indirecto de análisis con un enfoque cuantitativo. Esta metodología busca evitar apreciaciones subjetivas, para establecer parámetros más objetivos en la incidencia paisajística, con el principal propósito de ser aplicados a estudios y políticas de gestión territorial en México. Aunque las metodologías, en la conformación de territorios o regiones, buscan un sustento científico en su delimitación, una gran mayoría de las unidades administrativas para la gestión de políticas, acciones y proyectos, se limitan a organizar el territorio según los intereses económicos sectoriales. En el desarrollo territorial, en la medida que se agudice el cambio climático y el aprovechamiento insostenible de los recursos, será imperante la adopción de enfoques cualitativos que permita dimensionar y organizar de manera más eficiente las políticas públicas, para la toma de decisiones de manera más integral, contemplando todas las dimensiones de los problemas en materia de ordenamiento. A pesar de la objetividad que otorga este enfoque, su adopción también puede representar un alejamiento de percepción cualitativa de la población para abordar el territorio.

Paisaje y geografía

La geografía es un ámbito en el que la conformación de paisajes es importante para su desarrollo y consolidación. El paisaje se interpreta por aspectos visuales y que pueden distinguir territorios que se caracterizan por aspectos físicos y naturales, aunque también pueden intervenir otros aspectos. La tecnificación de la cartografía mediante los sistemas de información geográfica (SIG), ha favorecido la integración del paisaje al ordenamiento territorial (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). Para Franch y Cancer (2016) los aspectos visuales del paisaje y su capacidad para ser observado es hacer geografía, para el

ordenamiento territorial, es decir, el paisaje al ser un ente observable que debe protegerse, se integra como una variable ambiental a considerar en el ordenamiento territorial, su desarrollo y conservación. Puede suponerse que el paisaje siempre ha sido un componente que influye en la geografía y el ordenamiento territorial, sin embargo, hasta que el desarrollo tecnológico e industrial se intensificó, los problemas ambientales han sido más fácil de analizar mediante la delimitación física y natural de los paisajes. El manejo cartográfico del territorio y su paisaje geográfico facilita la caracterización de paisajes y esta, entendida como un componente adicional de la esfera ambiental del desarrollo sostenible, contribuye a la construcción de un sistema más coherente con todas las variables que podrían intervenir en su funcionamiento.

Paisaje y ordenamiento territorial

Las unidades de paisaje han adquirido una relevancia considerable en los estudios del territorio. Los estudios del paisaje en relación a sus componentes visuales representan una herramienta que se busca implementar en diversas disciplinas. Franch y Cancer (2016) puntualizan como los mapas de visibilidad, utilizados en la definición de unidades de paisaje, representan un componente de gran utilidad en los estudios del paisaje, con fines para el ordenamiento territorial. De esta forma, el paisaje visual representa una vertiente científico-técnica y es en el ordenamiento del territorio donde mayor desarrollo ha tenido. Se puede observar cómo la delimitación de paisajes y unidades de estudio han desarrollado metodologías que permitan analizar de manera objetiva el territorio. Aunque el predominio de intereses de tipo económico, ha sido el paradigma para establecer sistemas interconectados, en la medida que se demande mayor sostenibilidad en el desarrollo humano, el paisaje visual y sus elementos físicos y biológicos, serán más relevantes para la definición de sistemas, para definir unidades más congruentes con su medio ambiente. El paisaje será una condición esencial en la definición de unidades territoriales, cuyas políticas de ordenamiento deberán empatar con los componentes naturales y artificiales que delimitará. El paisaje visual de un territorio, al tomar en consideración la morfología de este, las cuencas hidrográficas y el recurso hídrico se ubicará como elementos fundamentales para gestionar y ordenar el territorio urbano, rural y de conservación.

Fenosistema

El estudio del paisaje visual se arraiga en la concepción de un sistema basado en dos principales componentes. A través de esta relación dialéctica el desarrollo del estudio del paisaje ha encontrado un método aplicable en diversos territorios. La relación estrecha entre paisaje y observación entronca en el concepto de fenosistema, alusivo al conjunto de

componentes perceptibles del sistema terrestre, acuñado en 1981 por González-Bernáldez (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). El concepto de fenosistema se distingue por abarcar las características físicas del territorio, es decir, se distingue por los rasgos observables de la morfología del relieve, en el paisaje visual no es relevante los elementos no observables que pueden intervenir en un ecosistema. Las cuencas hidrográficas constituyen un fenosistema que delimitan unidades de paisaje visual y que son congruente con el funcionamiento ambiental del territorio. Las unidades de paisaje se conforman por fotosistemas que son los elementos perceptibles de un ecosistema y que suele coincidir con los límites físicos de una cuenca hidrográfica. La concepción de fenosistema puede resultar de gran utilidad en el ordenamiento territorial, le puede otorgar un método congruente con el aspecto físico observable del territorio, haciendo de la delimitación territorial un componente que facilite un desarrollo sostenible en la elaboración de los programas de ordenamiento.

Legislación mexicana

Las legislaciones son importantes de observar al momento de establecer unidades de paisaje, en el ordenamiento territorial la delimitación de unidades administrativas para gestionar recursos en general será importante para establecer procedimientos eficientes. En el caso mexicano muchas legislaciones estatales en materia de planeación ambiental reconocen la relevancia del paisaje visual en las metodologías e instrumentos (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). Al respecto habrá que cuestionarse cuál ha sido las interpretaciones particulares en esta materia, es decir, cómo se ha incorporado y aplicado el paisaje visual en la construcción de legislaciones que normaran los lineamientos y reglamentos. El paisaje visual en el territorio es una variable que se ha incorporado en las herramientas de planeación, sin embargo, aún se encuentra en proceso de desarrollo y consolidación formal en la estructura legal de México. En las metodologías para la elaboración de programas de ordenamiento en la conformación de unidades territoriales son visibles las variables del paisaje en su conformación. La definición del paisaje en los aparatos legales del ordenamiento territorial, sirve para concebir desde lo general políticas más congruentes con el ambiente y su contexto. La delimitación del concepto de paisaje visual en la legislación mexicana es un mecanismo para que, desde la administración pública en todos los niveles, consideren este parámetro para la elaboración de planes urbano-ambientales y de ordenamiento territorial que, contendrán acciones puntuales en un sistema delimitado por sus relaciones eco sistémicas.

Paisaje y gestión

El paisaje es una característica del territorio que puede tener diversas aplicaciones para su organización. El paisaje no solo es una condición física intrínseca de los territorios, también facilitan las delimitaciones espaciales para su gestión y administración. En estos términos podemos entender al paisaje como una técnica que le otorga al territorio su capacidad de cuantificar lo observado y engarza con el propio sentido epistemológico de la geografía; la gestión del territorio es un parámetro más que posee el paisaje y cuya relevancia recae en la administración de los territorios (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). Aunque recientemente se ha utilizado el paisaje como unidad de gestión, las delimitaciones administrativas del territorio han mantenido un predominio de tipo económico, basado en relaciones jerárquicas y globalizantes. Las unidades de gestión territorial son delimitaciones espaciales que no sólo se deben gestionar el interés político y económico sectorial, sino también deberán gestionar la conservación del ambiente. El paisaje y su técnica para observar y cuantificar el territorio, pueden facilitar el proceso de gestión del territorio más sostenible. Los programas de ordenamiento son herramientas de desarrollo que demandan un sustento más objetivo, en favor de un progreso equilibrado con las fuentes de recursos naturales para su eficiente aprovechamiento y garantizar el futuro de nuevas generaciones.

Relieve y UVP

El relieve de un territorio es un aspecto relevante al momento de establecer los límites de una unidad de paisaje y guarda una estrecha relación con otros aspectos como el hídrico. Las unidades visuales de paisaje son una metodología particular en donde el relieve forma parte esencial. Franch y Cancer (2016) en el caso de estudio utilizado para ejemplificar su metodología, la determinación de los cerramientos visuales, coincidentes con los parteaguas de una cuenca y que son resultado de la orografía del territorio, es aplicado en el valle del Chiquito en Michoacán, a través de sus afluentes y su sistema hídrico regional. El relieve es el aspecto fundamental en la conformación del paisaje visual del territorio para la gestión y administración hacia un desarrollo sostenible. Por tal motivo las cuencas hidrográficas se presentan como una unidad conveniente que determina el relieve de un territorio, pero también integra un sistema ecológico donde el ciclo hidrológico es la base de la estructura del funcionamiento ecológico y social, en que se pueden establecer metas y acciones que pueden tener un impacto en el cambio estructural de una sociedad. Adoptar los criterios para el establecimiento de unidades de paisaje visual (UVP) en ordenamiento territorial podría interpretarse como una acción en favor del ordenamiento territorial sostenible.

Escala de UVP

El ordenamiento territorial y los recursos hídricos pueden tener un punto de convergencia en la conformación del paisaje visual como unidad espacial territorial. Esta conformación espacial que se sustenta en la morfología territorial y geográfica representa una ventaja por diversas razones, entre la que destaca la conformación local del sistema territorial, delimitado por los parteaguas de una cuenca hidrográfica. Franch y Cancer (2016) destacan que a menor tamaño de una unidad visual de paisaje (UVP), mayor precisión en las valoraciones o análisis que se realicen, es decir, una escala local representa una dimensión con mayor facilidad operativa. En la observación de los porcentajes de estrés hídrico a nivel nacional y a nivel regional pueden existir variaciones contrastantes, aunque se encuentren contenidas dentro de una misma frontera política. No obstante, el territorio puede administrarse según unidades políticas de extensión diversa, entre más congruente sea con su entorno físico y social, mayor será la precisión en la obtención de indicadores que permitan observar las problemáticas territoriales con mayor objetividad. La escala de las UVP, delimitadas por la orografía de la cuenca, representa un contexto local que favorece la administración y gestión de programas de ordenamiento territorial e hídrico. Las fronteras políticas locales deberán reconfigurar sus límites según el paisaje visual para lograr un desarrollo sostenible eficiente.

Tipos de paisaje en las UVP

La unidad visual de paisaje (UVP) puede estar definida por diversos tipos de aspectos que pueden conformar un paisaje. En esta conformación, la sobre posición de diversos aspectos resulta en una metodología conveniente en la delimitación espacial de una unidad. Las UVP pueden contener diferentes tipos de paisaje y resulta muy raro que esté definida por un solo tipo de paisaje, de manera inversa, un tipo de paisaje puede aparecer en varias unidades diferentes (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). El paisaje desde una perspectiva orográfica y entendido como un sistema perceptible, es una variable que puede aplicarse al ordenamiento de los territorios con mayor facilidad, sin embargo, otros aspectos del paisaje visual pueden significar una recarga en el proceso metodológico en la planificación urbana y regional del territorio. La conformación espacial de las unidades es el resultado de una sobre posición de capas temáticas, que contienen distintos intereses en diversas esferas sectoriales y diversos tipos de paisaje. En el ordenamiento territorial se deberá adoptar las capas más convenientes para sintetizar el proceso y su eficiente aplicación.

Métodos indirectos y población

Las unidades de paisaje es una metodología más objetiva en la delimitación del territorio, su congruencia con su entorno natural puede representar omisiones en la consideración de aspectos de índole cualitativo. Los métodos utilizados omiten variables de tipo subjetivo, difíciles de otorgarles un una estimación medible y cuantificable. En la delimitación de unidades de paisaje se utilizan métodos indirectos en los que la opinión de la población que habita o visita el territorio se omite (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). Este enfoque sacrifica aspectos de índole social que radican en la percepción y opinión de los pobladores del territorio. Esta omisión es una desventaja en el uso de esta metodología, que agrupa los territorios por sus variables que integran un sistema natural articulado por los componentes del paisaje visual. En la adopción del método para su aplicación en el ordenamiento territorial, se deberá considerar los actores activos de la población que intervienen en la productividad sectorial cuantificable y en el desarrollo cualitativo de los habitantes del territorio. La metodología en la determinación de unidades de paisaje, aunque omite aspectos importantes en el desarrollo centrado en el ser humano, las ventajas de gestión y administración son mayores, coloca al entorno paisajístico como un elemento articulador. Las unidades conformadas por la orografía del territorio, y por lo tanto por las cuencas hidrográficas y el ciclo hidrológico del sistema natural, puede auxiliar a tener una perspectiva sostenible sobre la utilización y explotación de los recursos naturales.

Fin de la UVP

La conformación de una UVP cumple un propósito específico y se delimitan para observar un fenosistema, que puede ser aplicado en la planificación y planeación de diversas intenciones. Las UVP se delimitan con fines de conservación y su propósito se logra a través del diagnóstico de cada unidad por los aspectos cuantitativos de calidad, fragilidad y aptitud (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). El estudio del paisaje visual abarca una esfera ambiental para su conservación, es decir, diagnostica el estado de un territorio para implementar acciones en beneficio de su restauración. Aunque su estudio puro no se centra en el desarrollo humano, el ambiente y su conservación es una parte de la que depende para su realización. El ambiente como una parte fundamental en la integración del desarrollo sostenible, puede adoptar algunos de los componentes de la metodología del paisaje visual, para el trazo de unidades territoriales, para la programación de un ordenamiento más consciente de su relación simbiótica con la naturaleza. Este enfoque puede servir para disminuir el impacto en la utilización de recursos, en los procesos productivos del ser humano. El propósito de las UVP es el ser una herramienta que

complemente las metodologías en la conservación del medio local en diversas esferas y tiene una aplicación más inmediata en el establecimiento de modelos de ocupación territorial.

Acciones en el paisaje

Como un método de planificación, las unidades de paisaje son una herramienta que le otorga un marco de acción, para la resolución de problemas en el territorio y es la expresión cartográfica de un modelo de ocupación. Considerar al paisaje como la delimitación de un sistema abarca una intensión conservacionista, pero consiente de la importancia de las demandas económicas y sociales, y de esta manera cercana al desarrollo sostenible. Las acciones en el paisaje podemos clasificarlas en 2 principales según su calidad y fragilidad, para su protección si presenta altos valores y aptas para explotación si presenta bajos valores (Franch-Pardo & Cancer-Pomar, 2016). En los territorios con menos calidad y fragilidad paisajística podemos desarrollar la explotación de recursos para uso consuntivo en las actividades humanas. Esta clasificación, entre conservación y explotación, es un espectro que puede servir en la conformación de programas de ordenamiento territorial, a través de diversas herramientas como lo puede ser la zonificación de suelos. El expandir la dimensión territorial de la zonificación, para su explotación podrá ordenar los sectores según la capacidad de las unidades territoriales y de igual forma para ayudar a la conservación y renovación de los ecosistemas.

2.3. Cuencas hidrológicas

Concepto

Los recursos hídricos y el ordenamiento territorial deberían guardar un estrecho vínculo, para afrontar la problemática del agua como común denominador de otras problemáticas. Las cuencas hidrográficas es la variable que vincula la delimitación territorial y el agua. Por estas podemos entender toda área que genera escorrentía, es un espacio físico en donde el agua se precipita dando origen a cauces y escurrimientos que conforman unidades como ríos, lagunas, lagos, acuíferos, etc. (Granados Sánchez, 2005). La gestión espacial de la cuenca permite estudiar y administrar los recursos hídricos y permite una mejor planeación contemplando al agua en una unidad (ídem). En la ordenación del territorio existen diversas esferas temáticas que permiten delimitar una unidad de gestión, sin embargo, el incremento progresivo en la escasez de agua, obliga establecer prioridades de acción en diversos campos del conocimiento en beneficio de la conservación del recurso vital. Aunque en la actualidad en materia territorial aún no se implementa una visión hídrica que integre las

políticas, objetivos, acciones y metas de un programa, la necesidad y agravamiento de la problemática hídrica ha acercado lentamente esta forma de observar y analizar el territorio para su gestión sostenible.

Combinación de ecosistemas

La cuenca hidrológica resulta una unidad territorial muy conveniente para el desarrollo sostenible. Las cuencas también resultan una unidad reconocible como un sistema de medición más preciso. Las cuencas hidrológicas captan o drenan el agua precipitada y es la unidad natural del paisaje por excelencia; estas abarcan el área total del territorio drenado compuesto por diversas corrientes tributarias en jerarquía (Granados Sánchez, 2005). Las cuencas al formar una unidad natural son congruentes con sus ecosistemas y los combina alrededor del recurso vital. Al considerar la delimitación de un territorio para su ordenamiento, considerar esta según las cuencas hidrológicas, se compromete a establecer un sistema sostenible congruente con los componentes que contiene. Incluso la subdivisión de la misma cuenca, tanto en subcuencas como en microcuencas, facilitará la oportunidad de ubicar áreas de aprovechamiento en armonía con su ecosistema con la intención de disminuir el impacto de las actividades humanas y reforzar la conservación del recurso vital para la vida. Así como el recurso energético determina buena parte de la economía mundial, el agua es y será, crecientemente, una constante en la ecuación del desarrollo económico mundial, para satisfacer la necesidad humana por la creciente población en el horizonte de tiempo.

Manejo del territorio

En el manejo del territorio el recurso hídrico puede ser un factor a considerar en la implementación de los programas de ordenamiento. La morfología del territorio corresponde a los factores naturales del ambiente y por lo tanto son resultado del ciclo hidrológico. En la medida que la escasez de agua se agudice, las comunidades le darán mayor importancia a la administración del recurso hídrico (Granados Sánchez, 2005). En el manejo del territorio, Granados (2005) sugiere que los criterios hidrológicos serán los más adecuados para establecer políticas de ordenamiento territorial. Estos criterios se han revalorizado en los últimos horizontes de tiempo, sin embargo, aún no son integrados en la planeación integral como eje rector de las políticas generales de desarrollo. El agua es un recurso importante para el desarrollo de actividades en distintos sectores que aún no forma parte de los objetivos y metas en los programas sectoriales, incluido el territorial. Los planes y programas que se desarrollarán en un futuro, deberán fijar el agua y su conservación como objetivo fundamental para fijar cualquier acción política sin distinción de actividad o sector.

Los asentamientos humanos y su ordenamiento generan impactos en el ambiente y por lo tanto en la explotación del recurso hídrico, se deberá prestar especial atención en la formulación de políticas de ordenamiento territorial que favorezcan el uso eficiente y sostenible del agua.

Impactos en sus procesos

La importancia del paisaje como delimitador del territorio, adquiere relevancia al considerar los impactos en el ambiente. Las cuencas hidrográficas son las que le pueden otorgar carácter al paisaje por sus características observables, sin embargo, se distinguen por sus procesos naturales asociados al ciclo hidrológico. La ocupación del territorio genera diversos impactos en el equilibrio ambiental y en el caso de las cuencas, los procesos como la precipitación, infiltración, evaporación y transpiración pueden verse afectados por las actividades resultantes del manejo de las tierras, que pueden alterar la magnitud de varios de los componentes de almacenamiento incluyendo el agua en el terreno, lagos, pantanos y ríos (Granados Sánchez, 2005). Debido a que la presencia de los asentamientos humanos y su demanda de recursos genera impactos importantes que el ordenamiento territorial deberá dar solución, la diversidad de suelo entre tipo urbano, rural y de conservación pueden desequilibrar el ciclo hidrológico. Considerar a la cuenca como unidad básica de ordenamiento puede facilitar la comprensión del territorio de manera integral. El recurso hídrico es un componente vital para el desarrollo sostenible, considerarlo como base en los distintos sectores que participan en la elaboración de programas de ordenamiento territorial, modelos de ocupación y unidades de gestión puede simplificar la definición de territorios a través de los parteaguas de una cuenca hidrográfica.

Componentes generales de una cuenca

Las cuencas son unidades naturales definidas por el ciclo hidrológico que conforman relieves específicos. Las cuencas son fenosistemas conformados por los parteaguas de esta, es decir, el relieve que encierra una cuenca hidrográfica es uno de los elementos perceptibles que conforman paisajes. Las cuencas pueden entenderse como una unidad de paisaje congruente con los ciclos hidrológicos que determina la disponibilidad de recursos hídricos. Siendo el agua la base de la existencia y desarrollo de la vida, pueden establecerse modelos de ordenamiento sostenibles. Una cuenca puede subdividirse para su estudio, gestión y administración, conocer sus componentes que la integran será de utilidad para dichos fines. "Las cuencas hidrológicas incluyen, tanto las aguas superficiales como las subterráneas. Los tres principales componentes que la conforman: interfluvios y cauces, redes hidrográficas y sistemas subterráneos" (Granados Sánchez, 2005). Las

cuencas hidrográficas no sólo integran los elementos perceptibles de un paisaje por su estructuración hídrica y es la materialización de un ecosistema. Adoptar este modelo de ocupación puede favorecer la visión de un desarrollo local y jerárquico y por los tanto, favorecer un desarrollo más sostenible. Fomentar el observar y entender el territorio por cuencas hidrográficas y por sus componentes que la integran, podrán ayudar a cambiar el subconsciente en imaginario de una sociedad y su relación con su entorno.

3

■ Recursos hídricos y desarrollo sostenible

3.1. Cambio climático y desarrollo sostenible

Acuerdo de París

El marco de los acuerdos de París, para el cambio climático, sirve como referencia internacional en el desarrollo sostenible, permite introducir a la concepción de justicia climática para garantizar el medio ambiente. El Acuerdo en lo general, establece la importancia de garantizar la integridad de todos los ecosistemas y adopta el concepto de justicia climática como un modo de hacer frente al cambio climático. (Naciones Unidas, 2015). Dicho documento establece las particularidades para reducir el cambio climático y en algunos artículos se enmarca la problemática de los impactos perjudiciales, pero también las políticas que pueden contribuir en el ambiente, sin embargo, existen pocas menciones que se refieran directamente a los proyectos específicos que deban realizarse en materia de ordenamiento territorial. El acuerdo de París es una referencia auxiliar complementaria en la formulación de otros marcos jurídicos más especializados, tanto para el ordenamiento territorial, como para otras disciplinas o sectores productivos con fuerte impacto en el ambiente. Se pueden distinguir algunos artículos que hacen referencia a la gestión de recursos naturales y algunos procesos de planificación en la adaptación de programas y planes.

En el artículo 5, párrafo 2 del Acuerdo de París, se hace mención de la gestión integral sostenible de los bosques, los cuales inciden, por su dimensión natural y social, en el impacto del ordenamiento territorial. En este se indica la necesidad de implementación de políticas alternativas para reducir las emisiones debidas a la deforestación y degradación de los bosques y suelos, mediante funciones de conservación, gestión sostenible y aumento de reservas forestales. (Naciones Unidas, 2015). En este enunciado, del artículo en mención, queda claro uno de los aspectos más importantes del ordenamiento territorial, el cuidado del recurso natural existente en un territorio, cuya amenaza radica en las actividades humanas y la ocupación del suelo. El recurso forestal y su gestión es fundamental en el impacto ambiental y factor importante en la generación de emisiones que ocasionan el cambio climático. El énfasis en este tipo de recomendaciones queda asentado

en un acuerdo internacional a manera de norma legal que deberán acatar los distintos países firmantes, en un marco jurídico del que emanarán leyes y reglamentos.

El Acuerdo de París podría tomarse como una legislación general y condensada a la que las diversas legislaciones de tipo nacional deberán adaptarse. En su art.7, en el noveno párrafo, enuncia la necesidad de emprender procesos de planificación y adoptar medidas para mejorar planes y políticas que incluirán formulaciones y ejecuciones para su adaptación. También, se deberá vigilar y evaluar las medidas de implementación, así como los efectos en el cambio climático teniendo en cuenta, a las personas, los lugares y los ecosistemas. Establece que se deberá aumentar el nivel de resiliencia en los sistemas socioeconómicos y ecológicos mediante la diversificación de la economía y la gestión sostenible de los recursos naturales. (Naciones Unidas, 2015). En los programas de desarrollo es importante el nivel de adaptabilidad o de resiliencia que le permita funcionar eficientemente en la implementación de políticas en un periodo de corto, mediano y largo plazo. La adaptabilidad en los instrumentos de desarrollo es uno de los aspectos sostenibles en la implementación de políticas y proyectos, es decir, que consideran la flexibilidad al cambio de enfoques o instrumentos en la planeación y programación indispensable para el desarrollo sostenible. En este sentido hay que considerar y observar cómo se insertan y adaptan las distintas leyes y políticas de los países firmantes en el marco general que establece el Acuerdo de París en contextos más locales como el caso de México.

Agenda 2030 para el desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible tiene su sustento formal en los programas internacionales en los marcos establecidos por la Organización de las Naciones Unidas y sus integrantes. Se ha establecido un programa de acciones que se engloban en una serie de objetivos que garantizan un desarrollo sostenible a nivel internacional y a una escala planetaria. Dichos objetivos se encuentran contenidos en la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, que contiene los 17 objetivos, derivados en 169 metas con sus respectivos indicadores dispuestos en el texto aprobado por la Asamblea General de la ONU (2017). Se destaca que esta agenda o programa es un compromiso común y universal, las naciones firmantes que integran la organización enfrentarán retos y problemáticas particulares y específicas en su búsqueda del desarrollo sostenible. El estado de cada nación tiene soberanía plena sobre su riqueza, recursos y actividad económica, cada nación fijará su propias metas (ONU, 2017), apegándose, como referencia metodológica, a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Aunque los objetivos de la agenda son un compromiso implícito para los

integrantes de la organización, sólo es un referente metodológico en el que los diversos países pueden fijar sus metas y métodos para evaluar sus acciones. Se debe recalcar que estos compromisos deberán permear en los planes de desarrollo de todos los países del mundo, en beneficio del sistema ecológico para garantizar nuestra existencia armoniosa a largo plazo.

Naciones Unidas, a través del acuerdo de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, se fija los objetivos y metas que todo plan y programa nacional debe integrar, para lograr un desarrollo equilibrado con el ambiente. La agenda se apega a lo que la Asamblea General de la ONU denominó Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que plantean “17 objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental” (ONU, 2017). Estos objetivos plantean garantizar el marco general en el que se pueden basar los planes de desarrollo de cada país, sin embargo, requiere de adoptar un compromiso común y universal. En México, como integrante y firmante de este compromiso, integra esta concepción de desarrollo a través del Plan Nacional de Desarrollo, instrumento que guía las políticas, proyectos y, en general, la visión a futuro de una nación. Aunque estos instrumentos funcionan como la reglamentación de leyes, cada Estado goza de soberanía propia, la agenda deberá adaptarse a las metas nacionales de cada país, es decir, la agenda 2030 para el desarrollo sostenible de la ONU son recomendaciones emitidas y serán adecuadas a voluntad de cada país. Los objetivos planteados en esta agenda son concretos y generales, abarcan e integran diversos sectores y temáticas para el desarrollo sostenible, cada objetivo incluye diversas metas que orientan el tipo de política a implementar y ejecutar.

Los ODS plantean su estructura como indivisible, sin embargo, en materia urbana y territorial se pueden distinguir 3 objetivos y, dentro de ellos, varias metas que lo abarcan. Los objetivos que pueden contener, por su temática, la planeación territorial: “ciudades y comunidades sostenibles” (objetivo 11), “vida de ecosistemas terrestres” (objetivo 15) y por su importancia articuladora en el desarrollo sostenible, “Agua limpia y saneamiento” (objetivo 6). La planificación y la gestión urbana deberá fomentar espacios más inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, resolver los problemas más comunes como la congestión, falta de fondos para servicios básicos, deterioro de la infraestructura y falta de políticas en materia de tierras y vivienda. Otro de los retos que enfrenta el desarrollo sostenible, en el que puede impactar la planeación territorial, es el fortalecer la gestión de recursos naturales y aumentar la productividad de la tierra, evitar la deforestación y desertificación provocadas por la actividad humana. El agua es un elemento esencial y los

propósitos del objetivo será la gestión racional de los ecosistemas de agua dulce entre las comunidades locales. (ONU, 2017). Aunque en la teoría, para alcanzar el desarrollo sostenible, no se puede tomar o implementar por objetivos y metas aisladas, para fines de entender el ordenamiento territorial como materia práctica, debe de desagregar la agenda por sus partes, para poder identificar lo sostenible en los planes y programas de ordenamiento territorial. Los objetivos pueden entenderse como una respuesta de los impactos y que corresponden a determinados sectores. Esta agenda para el desarrollo, implementada por la ONU ayuda a entender el equilibrio ecológico a través de acciones sostenibles, que generen el menor impacto de la actividad humana por medio de la implementación conjunta de objetivos en los planes de desarrollo a una escala planetaria. Adicional a esta agenda para el 2030, existen otros acuerdos de carácter internacional a los que se adscriben diversas naciones con el compromiso de darle un marco general a las leyes y programas de desarrollo en cada país, por ejemplo los objetivos de desarrollo del milenio (ODM).

Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento

El recurso hídrico forma parte fundamental en la agenda 2030 para el desarrollo sostenible. En los 17 ODS, el objetivo 6, agua limpia y saneamiento, es el enunciado que enmarca las metas e indicadores que miden el desempeño del recurso hídrico. El propósito del objetivo es "mejorar el acceso al agua apta para el consumo y al saneamiento, y la gestión racional de los ecosistemas de agua dulce entre las comunidades locales en varios países en desarrollo" (ONU, 2015). Las metas que se pueden vincular con el ordenamiento territorial son 3: 6.4., relacionado con el aumento del uso eficiente del recurso hídrico en todos los sectores y asegurar su extracción sostenible para hacer frente a la escasez de agua; la meta 6.5. que busca mejorar la gestión integrada de los recursos hídricos en todos los niveles y a través de la cooperación transfronteriza; y la meta 6.6. que busca proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos bosques, montañas, humedales, ríos, acuíferos y lagos (ONU, 2015). Los ODS es un programa cuya aplicación se realiza de forma integrada, sin embargo, descomponer el objetivo en metas es de ayuda en el análisis de las variables que interviene en su desempeño. Estas metas son una fracción del total de las abarca el objetivo, pero por sus intenciones y alcances se puede observar una vocación hacia lo territorial a través de la restauración y conservación de paisajes y ecosistemas.

Gestión racional de ecosistemas

Los ODS que contiene la agenda 2030, funcionan de manera integrada, es decir, para lograr un progreso en el desarrollo sostenible deben implementarse todas las acciones de un plan integral que le otorgue un orden. La relevancia del tema hídrico, contenido en el objetivo 6, es de especial importancia hacia la realización de un desarrollo sostenible. La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2018) establece que "el acceso al agua y el saneamiento seguros, así como una gestión racional de los ecosistemas de agua dulce, constituyen la base del desarrollo sostenible". Es decir, sin el cumplimiento del recurso hídrico será difícil garantizar un desarrollo sostenible. Aunque dicho desarrollo es un plan multitemático donde participar objetivos en materia ambiental, social y económico, el agua será parte de un conjunto de objetivos que se deberán llevar a metas a cumplir mediante diversas acciones particulares. Garantizar el abasto y distribución del agua en lo general será la base en la prioridad de políticas generales del que deberán partir los diversos actores o sectores para garantizar su propia subsistencia teniendo en consideración la codependencia de cada elemento en el proceso ecosistémico y que deberá gestionarse racionalmente.

3.2. Meta 6.4: uso de agua y escasez hídrica

Definición y alcances

La escasez hídrica se desglosa del objetivo 6 "agua y saneamiento" de los ODS, establecidos por la ONU, y que es acompañado por la comunidad internacional. Las diversas metas e indicadores en los que deriva la escasez del agua y su uso eficiente se engloba dentro la meta 4 del objetivo antes mencionado. En la meta 4 se propone aumentar la eficiencia en el uso del agua en todos los sectores y así asegurar la sostenibilidad en la extracción y abastecimiento del agua (FAO, 2018). Por medio de la eficiencia en la explotación del recurso hídrico se pretende aliviar la escasez de agua en general, de la que destaca el indicador de estrés hídrico como parámetro de evaluación. Este indicador no es el único que monitorea las acciones que impactaran en el cumplimiento de la meta, sin embargo, conjuga una relación que permite observar el grado de explotación y su disponibilidad. Esta relación de variables se considera fundamental en el desarrollo sostenible, por las decisiones que se tomen con relación a este y los otros indicadores sobre el recurso hídrico, comprometerán el desarrollo del territorio según su escasez de agua a largo plazo. La consolidación del desarrollo sostenible es el conjunto de variables que definen varios objetivos y que funcionan relacionados entre sí en distintas esferas

temáticas. Se puede considerar que el estrés hídrico y la escasez de agua se caracterizan por pertenecer a la esfera ambiental y social del desarrollo sostenible.

Escasez de agua

En el caso de objetivo 6 de agua y saneamiento se desglosan metas particulares. Estas se desglosarán en diversos indicadores para la evaluación y monitoreo de cada meta. La meta 6.4., se engloba la problemática de la escasez del recurso hídrico. El objetivo de esta meta es el de velar por que el agua sea suficiente para la población, la economía y el medio ambiente a través del uso eficiente del agua en todos los sectores económicos (FAO, 2018). La meta aborda la escasez del agua desde la perspectiva de los distintos actores que intervienen en un sistema para que funcione, no solo como necesidad humana, sino como recurso indispensable en la cadena de la que se beneficia el ser humano a través del bienestar de los componentes del sistema. El cumplimiento de las metas restantes del objetivo 6 de los ODS son fundamentales para dar una visión integrada de las políticas sobre sostenibilidad, sin embargo, la escasez de agua como una problemática prioritaria adquiere una atención especial para lograr un bienestar planetario a largo plazo. Cabe destacar como la integración de las esferas temáticas sobre el desarrollo sostenible tienen un matiz particular al abordar la escasez del recurso hídrico; el social, en el económico y el ambiental.

Complementariedad de indicadores

Las metas en las que se derivan los objetivos, cada una tiene un indicador que mide su desempeño. En el caso de la meta 6.4. que aborda la escasez hídrica se mide por medio de dos indicadores que se complementan. Entre estos indicadores existe una estrecha complementariedad, por un lado se evalúa el crecimiento económico según la explotación del agua de un país, es un indicador de carácter económico; mientras que el otro indicador, de carácter más ambiental, mide la disponibilidad física de recursos de agua, es decir, mide el estrés hídrico de una delimitación territorial (FAO, 2018). Aunque ambos indicadores se integran de variables que abarcan distintas esferas temáticas, lo hacen mediante la integración general que las contienen en el desarrollo sostenible. Cabe destacar que las esferas económicas y la ambientales se complementan y vinculan estrechamente para obtener cifras que reflejen el estado actual de la escasez hídrica. Depende de la explotación y no sólo de la disponibilidad, el analizar los sectores y actividades económicos se convierte en un factor relevante a estudiar por sus componentes. Esta condición delata la esencia del desarrollo sostenible en todas las disciplinas y campos del conocimiento humano, su integración y relación es lo más importante en esta ideología o paradigma.

3.3. Indicador 6.4.2.: Nivel de estrés hídrico

Estrés hídrico: Definición

La disponibilidad de agua dulce de los distintos tipos de fuente: superficial y subterránea, junto con los volúmenes que se extraen para sus distintos usos, definen en gran medida el estrés hídrico o presión sobre el recurso. Es un modelo que se establece dentro del marco del desarrollo sostenible que complementa los indicadores para medir las acciones y/o políticas para prevenir la escasez de agua. "El estrés hídrico se define como la proporción de agua que extraen todos los sectores en relación con los recursos hídricos disponibles" (FAO, 2018). Los niveles de estrés hídrico miden la relación entre la disponibilidad de agua y la extracción de esta para uso humano, determina el porcentaje de presión sobre el recurso analizando, qué cantidad de agua hay y cuanta se usa para desarrollar diversas actividades en un territorio. De forma general podemos establecer que, en el nivel de estrés hídrico, los factores determinantes son la cantidad de agua extraída y el agua disponible de fuentes naturales, resultado del ciclo hidrológico. Cabe destacar que, en el modelo adoptado por la FAO como indicador en la evaluación de la presión sobre el recurso hídrico, se le añade una tercera variable que se relaciona con el volumen de agua dulce disponible: la necesidad de caudal ambiental.

Responsables del indicador

El estrés hídrico se ha adoptado como una medida para evaluar el desarrollo de los objetivos de sostenibilidad. Este desarrollo demanda una cooperación internacional para disminuir el impacto ambiental en la utilización de recursos para la actividad humana. La acción conjunta internacional para el desarrollo sostenible es fundamental y exige su organización mediante una metodología común para la adopción de objetivos, metas y acciones. La ONU mediante la agenda 2030 desarrolló el marco conceptual que sustenta las acciones particulares de cada país mediante la integración de las esferas sociales, económicas y ambientales. En el caso de los aspectos hídricos y particularmente de la escasez de agua, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO por sus siglas en inglés, es la encargada de facilitar apoyo técnico o logístico en el caso del indicador 6.4.2. que mide el nivel de estrés hídrico (FAO, 2018). El modelo que se establece para medir el estrés hídrico como parte de la evaluación de la escasez del recurso hídrico, es un parámetro que se ha estudiado desde finales del siglo XX y que se ha modificado para su perfeccionamiento.

Importancia de nivel de estrés hídrico

El indicador del nivel de estrés hídrico, como ya se mencionó, deriva de los esfuerzos internacionales en el marco del desarrollo sostenible que busca contribuir a revertir el cambio climático y reducir el impacto del ser humano en el ambiente. Dentro del marco de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible de la ONU, el indicador se desarrolla para medir los progresos en materia hídrica. El informe sobre estrés hídrico elaborado por la FAO (2018) aborda la importancia de reducir los niveles de presión que ejerce la actividad humana en los recursos naturales, especialmente, de agua dulce. La FAO destaca que este indicador ofrece una indicación de la sostenibilidad ambiental del uso de los recursos hídricos. Aunque no se pueden integrar diversos indicadores para crear un índice general que mida la sostenibilidad, el nivel porcentual de estrés hídrico en una región, anticipa el nivel de impacto y la situación actual en el manejo del agua. En el desarrollo sostenible, el agua es un aspecto medular que articula las diversas esferas temáticas que integran el paradigma sostenible de desarrollo. Sin una adecuada gestión y un eficiente manejo del agua, no se podrá lograr garantizar la extracción de recursos a largo plazo y los objetivos establecidos en la agenda 2030 para el desarrollo sostenible quedarán inconclusos y desintegrados.

Alcance del indicador

El programa de desarrollo sostenible establecido por la ONU instituye objetivos para lograr metas de desarrollo en distintas esferas. La descomposición programática que se exige de una metodología planificadora, establece metas específicas y los indicadores que darán sustento en la toma de decisiones. En particular, los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), de los 16 que establece, el sexto compete directamente al manejo del recurso hídrico y que se subdivide en metas. Dentro del objetivo "agua limpia y saneamiento" el alcance del indicador del nivel de estrés hídrico (6.4.2) integra la medición de la meta sobre uso y escasez de agua (6.4). Este indicador sobre nivel de estrés hídrico de los ODS deriva y es muy similar a los establecidos por los objetivos de desarrollo del milenio (ODM) con la diferencia que el primero integra una nueva variable en el modelo que establece el nivel de caudal ambiental requerido para que el ecosistema se regenere (FAO, 2018). Aunque el alcance de dicho indicador, el estrés hídrico de una región, conforma uno de los diversos componentes que integran objetivos y metas. Su determinación en diversas escalas territoriales otorga una herramienta en el diagnóstico general sobre el uso y explotación del agua, recurso vital para el desarrollo sostenible.

El indicador que mide el estrés hídrico, establecido en lo ODS, es un modelo matemático que calcula el porcentaje de este. Dicho indicador sirve para medir la relación entre disponibilidad y extracción del recurso hídrico. EL modelo es una relación entre tres variables: la extracción total de agua dulce, el total de recursos renovables de agua dulce y la necesidad de caudal ambiental, TFWW, TRWR y EFR por sus siglas en inglés, respectivamente. Excepto el caudal ambiental, que es una constante en forma de porcentaje, las otras 2 variables del modelo denotan volumen y se expresan en km³. La expresión matemática del modelo es el siguiente (FAO, 2018): $WS (\%) = [TFWW / (TFWW - EFR)] * 100$. Este tipo de indicador también se puede detallar según el tipo uso consuntivo para establecer los distintos niveles de presión o estrés hídrico. Sin embargo, este modelo y sus variables es recomendado y sugerido por los estándares internacionales, el homologarlo facilitará la evaluación de los proyectos y metas a escala mundial y que determinará el progreso de las políticas en favor del desarrollo sostenible mundial. La adopción del modelo puede interpretarse como un acto de cooperación y alineación de las políticas en todos los niveles y escalas en la comunidad internacional.

$WS = \frac{TFWW}{TRWR - EFR} * 100$ <p><i>WS = nivel estrés hídrico (%)</i></p> <p><i>TFWW = extracción total de agua dulce (km³)</i></p> <p><i>TRWR = total de recursos renovables de agua dulce (km³)</i></p> <p><i>EFR = necesidad de caudal ambiental (%) = (TRWR * 29%)</i></p>

Cuadro 4. Modelo para calcular el estrés hídrico.

Utilidad del indicador

El indicador del nivel de estrés hídrico representa una herramienta para el establecimiento de políticas públicas en materia hídrica. Los resultados obtenidos del cálculo del modelo ponen en evidencia las problemáticas de un territorio en materia de escasez de agua dulce. "El indicador 6.4.2 resulta de gran utilidad para la formulación de políticas, pone de relieve qué regiones se ven sometidas a un elevado estrés hídrico y, de ese modo, proporciona a los países información sobre dónde centrar los esfuerzos para mejorar el uso de los recursos hídricos y promover el ahorro de agua" (FAO, 2018). El indicador de los niveles de presión sobre el recurso hídrico es un recurso auxiliar en la elaboración de acciones dentro

de la programación de un plan. En el caso de estudio en cuestión, puede ser de gran utilidad en el ordenamiento del territorio. Aunque el desarrollo se finca en diversas esferas temáticas, entre los social, lo económico y lo ambiental, el agua como un recurso vital para la existencia de vida y el desarrollo de sectores productivos, es un indicador que puede ayudar a integrar las distintas esferas de desarrollo articulado por el agua dulce y su nivel de presión. El volumen de extracción depende de la intensidad de los sectores productivos agrícolas o por la densidad y extensión de localidades urbanas.

Variables en la metodología

El indicador de estrés hídrico es un modelo matemático que contempla determinadas variables para su cálculo, es un modelo que mide la presión o demanda de agua dulce en relación a su disponibilidad y su extracción. El modelo que se establece para su monitoreo internacionalmente (FAO, 2018), establece 3 variables principales que intervienen, el volumen de extracción de agua para usos consuntivo (TFWW), el volumen de agua disponible total, ya sea por fuentes superficiales o subterráneas (TRWR), y el porcentaje de necesidad de caudal ambiental (EFR). Las dos primeras variables se calculan en km³ al año y la gran mayoría cuenta con estos datos a nivel país, sin embargo, la FAO recalca la importancia de que los países cuenten o mejoren su sistema en la recolección de los datos sobre el uso del agua. La relación que se establece entre estas variables es sencilla y fácil de realizar, aunque la adecuación de la variable sobre la necesidad de caudal ambiental ha sido de las más complicadas de determinar por su reciente incorporación al modelo y en la que pueden intervenir una amplia variedad de factores que intervienen para definir esta constante. Para comprender el modelo de estrés hídrico formulado por la FAO, basta con observar los consumos de agua, para el desarrollo productivo de los distintos sectores, en relación con la cantidad de agua que posee una región y sus necesidades naturales para su regeneración.

Antecedentes

El indicador sobre estrés hídrico se ha desarrollado para un horizonte de tiempo relativamente corto. La ONU, desde la última década del s. XX, ha desarrollado la medición del modelo para el estrés hídrico, sin embargo, es hasta el s. XXI que se integra a los programas de desarrollo internacional. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ha recolectado los parámetros del modelo desde 1994 a través de su sistema mundial de información (AQUASTAT), a partir del establecimiento de los Objetivos del Desarrollo del Milenio (ODM) en 1999 es cuando se integra formalmente la modelación del estrés hídrico como indicador en la evaluación de programas de desarrollo

(FAO, 2018). Aunque el indicador derivado de los ODS es similar a los de sus antecesores, se han incorporado nuevas variables que intervienen en el sistema hídrico para su regeneración. El estrés hídrico se ha desarrollado para un tiempo menor a 30 años, periodo relativamente corto, y se ha posicionado como un factor relevante en desarrollo sostenible en general. Por su reciente observación y estudio, no hay que descartar que dicho modelo pueda actualizarse en beneficio de la veracidad de sus resultados, sin embargo, la síntesis del modelo facilita su incorporación y constante actualización en un periodo de tiempo corto.

Consecuencias

El indicador que mide el estrés hídrico no solo sirve para establecer indicadores cuantitativos, además para evaluar las políticas implementadas. Las consecuencias derivadas del estrés hídrico se pueden ver reflejadas en distintas esferas temáticas y que se vinculan con otras metas del desarrollo sostenible. "Un déficit hídrico elevado puede acarrear consecuencias negativas para el desarrollo económico y la seguridad alimentaria, al aumentar la competencia y los posibles conflictos entre los usuarios." (FAO, 2018). Para mitigar estas consecuencias, según la FAO (2018), se requieren de políticas de gestión de la oferta y la demanda y el aumento del uso eficiente del agua, aunado con la preservación y resiliencia de los ecosistemas para que se regeneren y se mantengan (necesidades de caudal ambiental). El indicador de estrés hídrico funciona de manera aislada, sin embargo, las causas y soluciones se integran para generar políticas eficientes para disminuir la presión del recurso hídrico. Es importante resaltar que los indicadores son herramientas para la evaluación de políticas y acciones, el analizar los resultados servirá para describir un estado actual y crear propuestas creativas para solucionar un problema ecológico con implicaciones directas en el desarrollo humano. El recurso hídrico y sus modelos de evaluación establecidos, en diversas variantes, delata que su influencia en otros aspectos ajenos al hídrico, fomenta tendencias favorables o negativas en otras esferas de desarrollo, por lo que se deberá considerar seriamente delimitar las diversas acciones en un sistema hídrico-territorial para un desarrollo sostenible.

Agricultura e industria

La agricultura y la industria son actividades que representan factores en la reducción del estrés hídrico. Este indicador derivado de las metas y objetivos para el desarrollo sostenible, al medir la relación de disponibilidad y extracción de agua dulce, obliga a realizar un análisis sobre los principales sectores que tiene un impacto en la utilización del recurso vital. Según la FAO (2018), la industria y, principalmente la agricultura, son los sectores económicos con el mayor volumen de extracción de agua y por lo tanto ofrecen el mayor número de

oportunidades para reducir las extracciones y de ahorro de agua. En la agricultura se sugiere incluir una forma de producción de alimentos más eficiente (más producción por gota) mediante el uso de tecnologías y una gestión más sostenibles, por ejemplo, limitando los cultivos que requieren grandes cantidades de agua en regiones donde escasea; el uso de aguas residuales y la desalinización del agua ayudan a aliviar el estrés que sufren los recursos hídricos (FAO, 2018). La gestión del agua por sector o actividad económica es una manera de abordar el desarrollo sostenible y que se vincula con su distribución territorial, para otorgar una zonificación más equilibrada. Resulta complicado, en el corto plazo, implementar acciones que restrinjan el uso del suelo en relación a la disponibilidad de agua, especialmente en naciones subdesarrolladas donde las acciones de ordenamiento son poco eficaces.

Datos

La recolección de datos para el llenado de variables del modelo, para el cálculo del estrés hídrico, es un hecho relevante para entender su funcionamiento. La recolección de datos, para la evaluación, implica una logística importante a considerar y el determinar sus procedimientos técnicos deberán analizarse, para obtener una descripción fidedigna del estado de cada unidad o cuenca. En el reporte sobre los progresos del nivel de estrés hídrico de la ONU (FAO, 2018), resalta la necesidad de más datos que permitan elaborar un análisis desglosado por cuenca hidrográfica de los patrones de uso del agua. Esta condición compromete a la comunidad de naciones a definir unidades hídricas para la recolección de datos. Aunque se perciba como una jerarquía sectorizada, la intención de delimitar territorios por medio de la clasificación de los niveles de explotación de agua según su uso, compromete la elaboración de políticas con base a la gestión sostenible del recurso hídrico. La incógnita resultante se basa en establecer procedimientos eficientes para la toma de muestras para su análisis estadístico. Otras políticas podrán adecuarse a los parámetros y delimitaciones establecidos por el sistema hídrico representado por la cuenca hidrográfica.

Análisis por cuenca

La aplicación del indicador del estrés hídrico puede variar y presentar sesgos informativos según la dimensión que se esté realizando. Los territorios según la dimensión de las fronteras administrativas, por país, estado, o municipio pueden presentar cifras o datos diferentes, favorable o desfavorables, según sea la escala seleccionada de estudio. En el marco del proceso piloto para la medición del indicador del estrés hídrico, llevado a cabo por la ONU a través de la FAO en un rango limitado de países, demostró que la recopilación

de datos y la aplicación del indicador sería más eficiente si se realizara a nivel de cuenca (FAO, 2018). Según la FAO, por el proceso llevado en Perú, se demostró que la interpretación de los resultados del indicador mejoraría si se efectuara de manera pormenorizada regionalmente y/o por cuenca hidrográfica. Cabe resaltar que la autoridad responsable de este campo destaca que, entre los retos y limitantes en el desarrollo de este indicador, se encuentra la ampliación en la disponibilidad de datos a nivel cuenca, es decir, gran cantidad de naciones aún no cuenta con información a este nivel. En el caso mexicano, los datos para las variables del modelo de medición del estrés hídrico se encuentran disponibles con una actualización anual.

• **Método Q90:** *el caudal superado en el 90% del período registrado se considera el caudal necesario para mantener los ecosistemas.*

• **Método 20-40:** *estima que los ecosistemas necesitan entre el 20% y el 40% del total de recursos renovables de agua dulce. En el caso de los Países Bajos se consideró que correspondía al 30%.*

• **Método de datos de entrada modelizados:** *las necesidades de caudal ambiental se estiman conforme al modelo del Instrumento Hidrológico de los Países Bajos (NHI), que utiliza datos relacionados con ecosistemas acuáticos vulnerables.*

*Cuadro 5. Tipo de metodologías para determinar la necesidad de caudal ambiental adoptado por los Países Bajos, (en México se ha considerado el 29%).
Fuente: FAO, 2018.*

Caudal ambiental EFR

Entre las variables que participan en el cálculo del nivel de estrés hídrico, establecido por el modelo de la FAO, destaca la constante denominada necesidad de caudal ambiental (EFR). Esta variable podemos considerarla como una constante que, en su mayoría se establece por país, sin embargo, es un componente aún con posibilidades de experimentación para su determinación. Según la FAO (2018), las necesidades de caudal ambiental es el volumen de agua dulce anual necesario para mantener los ecosistemas y los medios de vida del humano, así como el bienestar que depende de ello. Las necesidades de caudal ambiental es un parámetro porcentual que se determina según lo establezca cada país o región y que puede variar según las políticas que se adopten en este tema. Aunque la determinación de este parámetro aún padece de criterios ambiguos y su recién aplicación es la consecuencia de dicha condición. De manera general podemos establecer que las necesidades de caudal ambiental es el porcentaje de agua que se debe considerar para que los ciclos naturales se puedan mantener y regenerar para su explotación. Es un parámetro que le otorga al modelo de estrés hídrico un carácter

sostenible en la extracción y uso del recurso hídrico. Para poder hacer uso del agua dulce en los distintos sectores de la actividad humana, se debe garantizar el volumen disponible de agua de determinada región, sin que su explotación merme dicha disponibilidad.

Medidas para aliviar el estrés hídrico

En el nivel de estrés hídrico, entre menos porcentaje tenga, más favorecedor será para el desarrollo sostenible de la región. Un estrés elevado puede indicar una escasa disponibilidad de agua proveniente tanto de fuentes superficiales o subterráneas, como una extracción desproporcionada para uso consuntivo. Teniendo en consideración estas dos variables, las medidas para aliviar la presión sobre el recurso depende de fuentes alternativas como el aumento en la capacidad de tratamiento de aguas residuales, el aprovechamiento de la escorrentía del agua de lluvia, es decir, las vertientes de fuentes fluviales, el aumento de la captación de agua de lluvia o pluvial y la desalinización del agua de mar (FAO, 2018). Algunos territorios pueden encontrarse predeterminados por su disponibilidad natural de agua dulce, sea favorable o no. Aunque algunas regiones como las de África del norte y medio oriente, con una limitada disponibilidad, tienden a ser regiones sometidas a una alta presión sobre el recurso, las medidas para aliviarlo son vitales para el funcionamiento de dichos territorios. Dependiendo de la región, algunas estrategias para aliviar el estrés hídrico podrán ser utilizados en su debida proporción, por ejemplo, en regiones desérticas donde la precipitación es escasa, la desalinización será una acción estratégica para el funcionamiento y sobrevivencia del territorio. Complementario a estas formas de aliviar el estrés hídrico, cuando el territorio se encuentra ampliamente urbanizado, se pueden complementar diversas estrategias de ordenamiento y zonificación para aliviar la presión sobre el recurso hídrico.

En territorios con alto grado de urbanización, el estrés hídrico suele producirse por la extracción para uso de la red de abastecimiento, es decir, el mayor consumo se registra por la utilización de agua dulce, directamente de la infraestructura hidráulica para diversos usos, habitacional, industrial, etc. Complementario a la implementación de acciones como tratamiento, captación y aprovechamiento de afluentes de agua, la zonificación y ordenamiento de usos puede ayudar a la reducción del porcentaje de nivel de estrés hídrico. Según la FAO (2018), mediante el uso eficiente del agua y el traslado del peso de las actividades económicas a sectores que consuman menos agua, puede disminuir y aliviar la presión sobre el recurso hídrico en un territorio con localidades urbanizadas, conurbadas, áreas metropolitanas y contextos megalopolitanos. La zonificación de los usos del suelo, congruente con el nivel de estrés hídrico, puede ser un enfoque con el que se puede

desarrollar la disciplina urbanística, al restringir los sectores con mayor extracción de agua en territorios o regiones donde la presión sobre el recurso es elevada o no existe una amplia disponibilidad de agua dulce. Complementado con las políticas en materia de desarrollo urbano y sus derivaciones en los proyectos de infraestructura y construcción, la zonificación en el ordenamiento del territorio, considerando al agua como eje articulador del desarrollo sostenible, podría reducir el impacto de los distintos sectores productivos en las distintas regiones en beneficio de un ambiente más equilibrado.

Monitoreo

El estrés hídrico es un indicador que sirve para evaluar los resultados de distintas políticas que se implementan en materia hídrica. El monitoreo de las acciones y proyectos a desarrollar relacionadas con el agua y el saneamiento es una fase importante en la realización de los objetivos propuestos en los ODS. Si bien todos los objetivos de la agenda 2030 de la ONU cuenta con sus propios parámetros o indicadores para evaluar su incidencia, en materia hídrica la FAO (2018) destaca el monitoreo integrado GEMI que es la iniciativa de monitoreo de las metas de los ODS relacionadas con el agua y el saneamiento. El indicador del nivel de estrés hídrico lo engloba esta iniciativa y monitoreo junto con otros indicadores en los que se desglosa el objetivo como el de escasez de agua. La aplicación del GEMI¹ se ha centrado en la elaboración de metodologías de monitoreo de los indicadores como herramientas de apoyo y consulta, de 2015 a 2018 se aplicó la primera fase de esta iniciativa (FAO, 2018). El nivel de estrés hídrico como un indicador del monitoreo de los alcances del objetivo y metas es fundamental para la medición y evaluación de políticas y acciones que implemente cada país o región. Las metodologías desarrolladas por FAO han sido adoptadas para revertir y prevenir la escasez del líquido vital.

Para llevar un monitoreo eficiente de los indicadores es necesario su constante observación en el tiempo. Esta condición que debe tener los indicadores es fundamental para el logro de los programas en la planificación de políticas hídricas de cada territorio en el marco establecido por la agenda 2030 de la ONU, donde se establecen los objetivos para un desarrollo sostenible. Para lograr esto la FAO (2018) recomienda que el establecimiento de mecanismos para la recopilación de datos es fundamental para el eficiente monitoreo de los indicadores. En cada país o territorio se debe implementar o reforzar dichos mecanismos en la evaluación del nivel de estrés hídrico y en general el de cualquier indicador. En el caso

¹ – Monitoreo Integrado del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 (FAO, 2019)

particular del estrés hídrico, las unidades territoriales de las que se recopila los datos de las variables del modelo que establece la metodología de la FAO, deberán ser más congruentes con las cuencas hidrográficas y mantener un monitoreo constante en el tiempo. El monitoreo y evaluación del progreso de las acciones de los programas de planeación, es un aspecto que suele despreciarse, pero que guarda una importancia vital para el funcionamiento de la planeación y planificación. Porque los niveles porcentuales de presión sobre el recurso hídrico, engloban la meta sobre la escasez de agua, su monitoreo es de vital importancia para la sobrevivencia de cualquier ecosistema y el desarrollo socio-ambiental de cualquier territorio.

Sesgo por escala

En la aplicación del indicador sobre el nivel de estrés hídrico, la extensión de la superficie puede significar un sesgo en el resultado obtenido. La magnitud del territorio en el cálculo del indicador puede obtener resultados que oculten una realidad local. En el reporte sobre estrés hídrico, la FAO (2018) apunta que los promedios regionales enmascaran realidades inherentes a cada país, por ejemplo, México a pesar de contar a nivel nacional con una presión sobre el recurso hídrico bajo, si analizamos las regiones dentro de las fronteras del país, pueden presentar resultados drásticamente contrastantes. El caso de estudio de la presente investigación da evidencia de esta condición, contrastando con el porcentaje de estrés hídrico nacional, el Valle de México presenta un porcentaje drásticamente alto, superiores al 100%. El indicador del nivel de estrés hídrico, para un mejor sustento en la toma de decisiones debe considerar una planeación a nivel local, sin embargo, no todos los países cuentan con los datos sobre disponibilidad y extracción de agua dulce a una escala local. En México se cuenta con la información requerida para el cálculo del modelo a nivel de cuenca y representa una ventaja sobre otros países, sin embargo, aún falta extender el estudio y la aplicación de análisis en las diversas regiones del país.

4. ■ Región del Valle de México

4.1. Antiguo sistema de lagos

Delimitación conceptual

La región del Valle de México puede entenderse por sus componentes hídricos. El territorio objeto de estudio se articula por medio del antiguo sistema de lagos existente en la región. Por sistema lacustre se entiende la región del lago y las pequeñas lagunas con sus tres subcuencas: Zumpango en el norte, Texcoco en el centro y Chalco-Xochimilco en el sur (Tortolero, 1999). Según Tortolero (1999), este sistema lacustre suele omitirse en muchos estudios. La transformación del territorio ha provocado concepciones equivocadas y una gran confusión a nivel ecológico y cultural en sus habitantes. A pesar de la extensa documentación durante siglos sobre su transformación, la concepción del sistema de lagos es difícil de entender para la población en general y dificulta el arraigo y la pertenencia como parte de un sistema natural del que se forma parte. Aunque el sistema de lagos se encuentra casi extinto, es importante mantener su delimitación natural para fomentar su restauración en beneficios de la extracción sostenible del recurso hídrico y su eficiente utilización. Recalcar la delimitación de las cuencas y los cuerpos de agua en la región, ejerce una presión sobre las acciones políticas multisectoriales para crear planes y programas que fomenten la conservación del agua para consumo de sus habitantes.

Configuración hídrica

La configuración hídrica de la cuenca la podemos describir por sus cuerpos de agua. Estos articulan la configuración territorial de las cuencas en la región, sin embargo, es un sistema integrado por varios componentes adicionales que conforman el sistema hidrológico de la región. Las condiciones de azolvamiento y las temporadas de sequía han definido áreas que al sobrepasar sus niveles dejaban un solo cuerpo de agua y que al contraerse en temporada de estiaje forman lagos individuales: al norte Zumpango y Xaltocan, seguido por Texcoco delimitado al norte para la sierra de Guadalupe y al sur por la sierra de Sta. Catarina, y al sur Xochimilco y Chalco (Ávila-Gómez, 2015). La transformación del paisaje ha sido ocasionada por la presencia humana y ha puesto énfasis en la separación de los lagos por calzadas, desniveles artificiales y diques o albarradones como los de Tláhuac,

San Cristóbal y el de la Cruz del Rey, fraccionando Zumpango en los lagos de Citlaltépec y Coyotepec (Ávila-Gómez, 2015). Esta configuración se ha transformado lentamente por la actividad humana, actualmente el sistema de lagos es irreconocible en el paisaje por sus cuerpos de agua, incluso las transformaciones más congruentes de la época prehispánica han desaparecido. La morfología de las cuencas junto con algunas microcuencas o vertientes son los pocos testimonios naturales que se observan de los elementos hídricos que conforman la cuenca del Valle de México

Para llevar un monitoreo eficiente, de los indicadores es necesario su constante observación en el tiempo. La condición que debe tener los indicadores es fundamental para el logro de los programas en la planificación de políticas hídricas de cada territorio en el marco establecido por la agenda 2030 de la ONU, donde se establecen los objetivos para un desarrollo sostenible. Para lograr ello la FAO (2018) recomienda que, el establecimiento de mecanismos para la recopilación de datos es fundamental para el eficiente monitoreo de los indicadores. En cada país o territorio el implementar o reforzar mecanismos en la evaluación del nivel de estrés hídrico y de cualquier indicador es importante. En el caso particular del estrés hídrico, las unidades territoriales de las que se recopila los datos de las variables para el modelo que establece la metodología de la FAO, deberán ser más congruentes con las cuencas hidrográficas y mantener un monitoreo constante en el tiempo. El monitoreo y evaluación del progreso de las acciones de los programas de planeación es un aspecto que suele despreciarse pero que guarda una importancia vital para el funcionamiento de la planeación y planificación. Los niveles porcentuales de presión sobre el recurso lo engloban la meta sobre la escasez de agua, su monitoreo es de vital importancia para la sobrevivencia de cualquier ecosistema y el desarrollo ambiental y social de cualquier territorio.

Destrucción ecológica

La destrucción del sistema de lagos es evidente y ha sido el resultado de acciones sistemáticas para su desaparición durante siglos. Podemos considerar que la región se encuentra en un estado de extrema transformación, ambientalmente podríamos considerar el territorio un desastre ecológico. Se considera que la destrucción ecológica de la cuenca y de la mayoría de sus componentes hidrológicos, como un fenómeno natural donde los habitantes del territorio han hecho inevitable la transformación de la cuenca (Tortolero, 1999). Los ecosistemas y los territorios que lo conforma están sometido a un lento proceso de cambio y envejecimiento natural, sin embargo, la presencia del ser humano y sus actividades han provocado acelerar el envejecimiento del ecosistema de la cuenca en

distintos patrones por época, por ejemplo, la indígena y la española (Tortolero, 1999). La expansión urbana en la cuenca puede ser una de las principales causas del deterioro ambiental en el territorio, gran parte de los proyectos de desecación de los cuerpos de agua, han sido en beneficio de la conservación de la ciudad y evitar problemas de inundación. El deterioro ecológico ha llevado a la desaparición del diverso sistema hidrológico, incluido lagos, ríos y acuíferos.

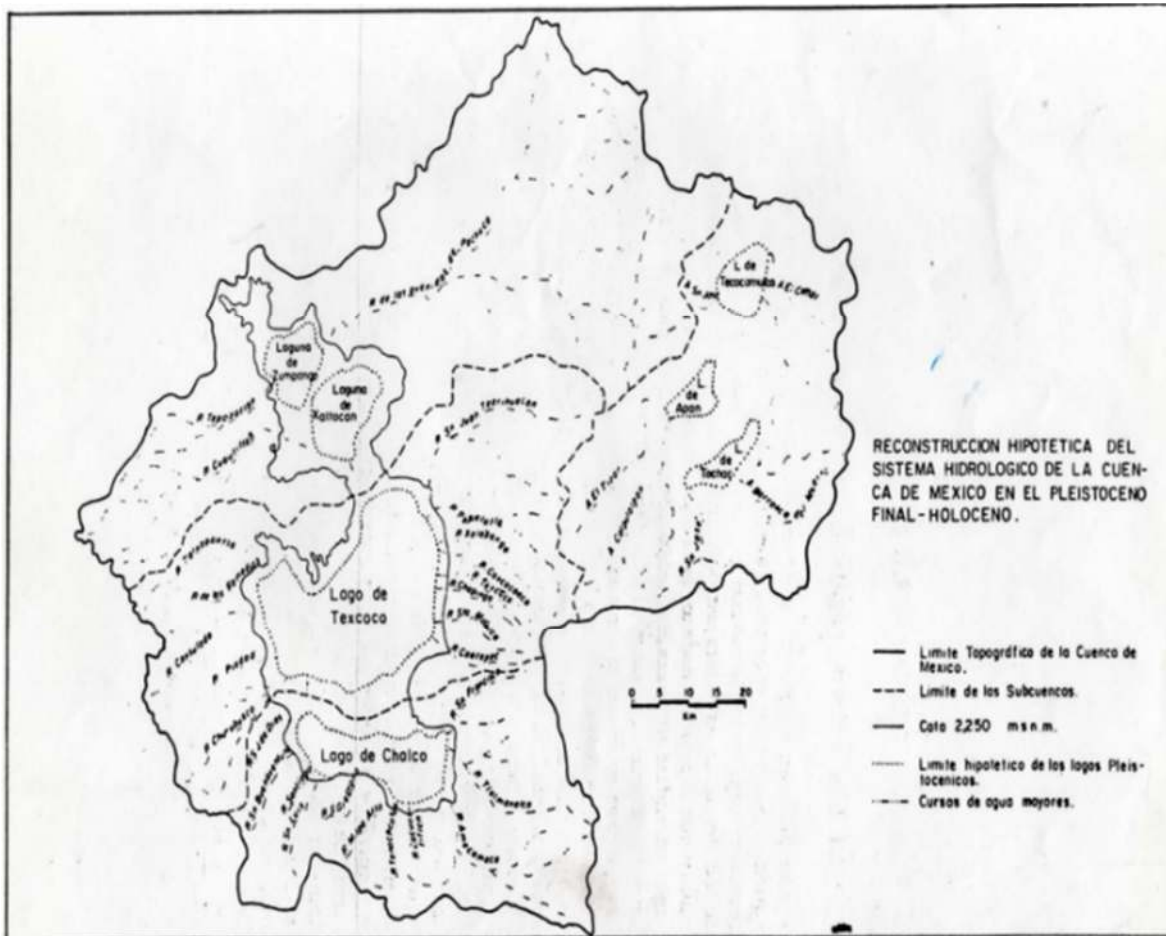


Ilustración 1. Sistema hidrológico de la cuenca de México en el pleistoceno final-holoceno. Fuente: (Ávila-Gómez, 2015).

Importancia simbólica

La cuenca y sus componentes hidrológicos que conformaban el antiguo sistema de lagos, no solo tienen una importancia ambiental para la explotación sostenible de recursos, también representa un rasgo de identidad cultural para sus habitantes. “La importancia del lago no sólo es material, tiene que ver con la cosmovisión y el simbolismo.” (Tortolero, 1999). Es decir, no solo la trascendencia del paisaje se distingue por sus componentes naturales, también el arraigo de sus habitantes por el territorio y el sentido que le otorga a su existencia. Aunque el estudio sobre la transformación de la cuenca del Valle de México

se aborda, en su mayoría, por sus aspectos ambientales y ecológicos, los aspectos socio-culturales desde una perspectiva antropológica, es relevante para integrar la problemática de la transformación y desaparición de los diversos componentes hidrológicos. El paisaje y el territorio son factores que arraigan culturas y desarrollan formas particulares de justificar la existencia en general. Actualmente, la globalización ha fomentado la generalización de la cosmovisión humana, sin embargo, este proceso ha influido en el desarraigo en el habitar de manera local y regional y por lo tanto en el deterioro y desprecio por la conservación ambiental del lugar que se habita. No hay que olvidar que, en el marco ideológico del desarrollo sostenible, el ser humano y su bienestar es la medida de referencia con la que se elaboran políticas y acciones de planeación, que abarcan esferas temáticas en lo social, económico y ambiental.

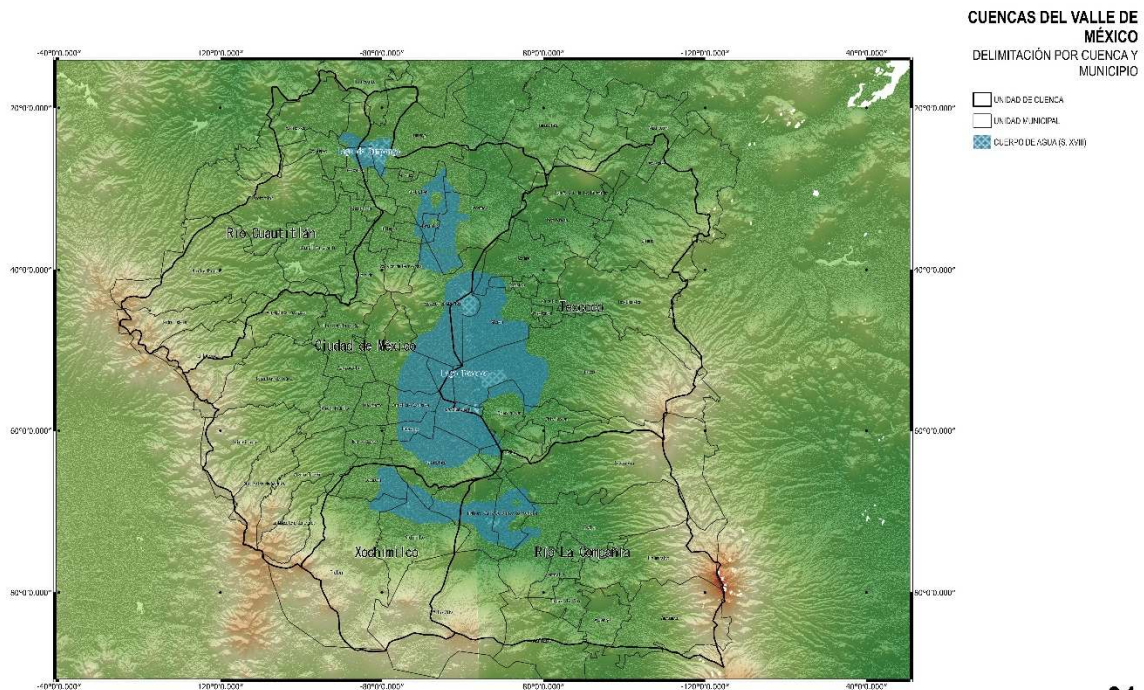
4.2. Cuencas hidrológicas oficiales

Descripción general

En la región del Valle de México entendida como un ecosistema, puede delimitarse a través de su ciclo natural en el que participa en una amplia proporción el agua. Como territorio, los recursos hídricos ejercen una delimitación natural y que se materializa a través del ciclo hidrológico. Teniendo en consideración esta circunstancia natural, con fines administrativos del sector, la unidad mínima hídrica en México es la cuenca. La SEMARNAT, por medio del CONAGUA, establece una delimitación específica en la nación mexicana y considerando el casi extinto sistema de lagos que existe en la región, podemos articular 5 cuencas que distingue el andamiaje institucional actual, denominadas: Río Cuautitlán, Ciudad de México, Texcoco, Xochimilco y Río de la Compañía (CONAGUA, 2021). Se puede distinguir que la delimitación de cuenca oficial es congruente y corresponde a los parteaguas existentes en el relieve territorial, sin embargo, cabe destacar que la cuenca de la Ciudad de México podría abarcar tanto la del lago de Xaltocan como la de "Tenochtitlan", si consideramos el antiguo sistema de lagos de la región. Es evidente el sesgo que padece la oficialidad respecto al ecosistema que habita y que ha deformado sistemáticamente como meta en el programa cultural dominante de varios siglos.

Configuración territorial

La delimitación física de los parteaguas que conforman las cuencas hidrográficas se basan en referencias oficiales y que se utilizan como unidades en la recopilación de datos en materia hídrica. Estas delimitaciones espaciales y territoriales son configuradas por medio del relieve físico como es establecido por las características de estos sistemas morfo-hidrológicos. Al comparar los límites por cuenca establecidos por la CONAGUA con el relieve del territorio se puede inferir su congruencia, sin embargo, difiere de la delimitación de otras referencias. Por ejemplo, según Ávila (2015), la cuenca del Valle de México se subdivide en subcuencas y que se pueden nombrar y entender según el cuerpo de agua que nutren en: las subcuencas de Chalco, Texcoco, Zumpango y de Apan. Esta última se conforma por pequeños cuerpos de agua y las podríamos considerar ajena al sistema de lagos delimitados por las sierras del Valle de México como son la sierra Nevada, Chichinautzin, y de las Cruces. Incluso por sus nombres, las cuencas delimitadas oficialmente, encubren una realidad natural del sistema ecológico en el que se asienta una de las urbes más grandes del planeta. A pesar de lo anterior, como base para el estudio las delimitaciones por unidad básica, conserva la congruencia metodológica suficiente, para considerarlas como base en la clasificación y organización de datos e información de carácter cuantitativo e hidrológico.



01

Ilustración 2. Cuencas del Valle de México: Río Cuautitlán, Ciudad de México, Texcoco, Xochimilco, Río de la Compañía.

Fuente: Elaboración propia con datos de: (CONAGUA, 2021), (Stangl, 2019), (INEGI).

Dimensiones territoriales

El territorio conformado para el estudio del estrés hídrico responde a las delimitaciones que competen a criterios hídricos, es decir, son las unidades por cuenca hidrográfica convenida por las autoridades oficiales en materia de agua. Aunque CONAGUA es la encargada en su conformación, responde a criterios paisajísticos observables, en el caso particular del ecosistema definido (en gran parte por el ciclo hidrológico y su espacio) por el antiguo sistema de lagos en el Valle de México, ha perdido relevancia en la coherente conformación territorial y geográfica de las unidades por cuenca, a la que se tiene acceso de manera oficial. Basta comparar la delimitación a la que hace referencia Ávila-Gómez (2015) como sistema hidrológico de la cuenca de México, en el que se subdividen 4 cuencas, congruente con los cuerpos de agua que delimitaban las cordilleras. Habiendo acotado esta incongruencia, por cuestiones metodológicas se ha tomado la unidad básica hidrológica fijada por las autoridades oficiales, para poder cuantificar las variables en el modelo seleccionado para el cálculo del estrés hídrico. Las dimensiones dadas por esta fuente cuantifican un total de superficie territorial de 5,673.47 km². De las 5 cuencas establecidas como la región del Valle de México, las más destacables por su dimensión territorial se encuentran: Ciudad de México con 32%, la de Texcoco con 24% y la del Río de La Compañía con el 20%, La del Río Cuautitlán y la de Xochimilco son las de menor extensión territorial con el 14% y 9%, respectivamente.

Criterio de selección

Para la delimitación de la región de estudio, como lo recomienda la FAO, ha sido conformada por las cuencas hidrográficas delimitadas de manera oficial, articulado por la presencia del extenso suelo urbano y el antiguo emplazamiento del sistema lacustre. La existencia de una delimitación por cuenca en el territorio mexicano resultó ser ventajoso para el análisis particular de la región. Esta delimitación adoptada guarda una congruencia razonable con el paisaje visual conformado por los parte-aguas de una cuenca. Sin embargo, cabe destacar que las delimitaciones territoriales por cuenca oficiales carecen del rigor establecido para la delimitación de unidades de paisaje, según la metodología de Franch y Cancr (2016). El aprovechamiento del desarrollo tecnológico, en la aplicación de la geografía, ha determinado metodologías para la delimitación de cuencas hidrográficas, como lo sugiere Alves Sobrinho et al. (2010), utilizando como recursos, proyecciones satelitales del relieve terrestre, resultado del proyecto espacial SRTM² y que se utilizan en

² Misión topográfica Radar Shuttle, por sus siglas en inglés.

los análisis territoriales por SIG. El proceso para el estudio por sí mismo, representa una empresa que supera los alcances y objetivos del presente estudio. La delimitación por subcuencas, según el sistema hidrológico, también escapa a las dimensiones del territorio delimitado, sólo se busca delimitar los territorios bajo la influencia de los cuerpos lacustres, que casi han desaparecido en su totalidad, debido al impacto de las actividades humanas sobre el territorio.

4.3. Municipios

Selección de municipios

Para la obtención de datos sobre disponibilidad y extracción se realizó una interpolación entre las unidades municipales y por cuencas hidrográficas según la delimitación establecidas por la CONAGA. La base de datos disponible en México, para agrupar los datos sobre disponibilidad por fuente se agrupan por cuenca y los referentes a la extracción por uso consuntivo se agrupan por municipio. Esta condición obliga a seleccionar y/o agrupar municipios que son contenidos por las delimitaciones de las cuencas oficialmente establecidas, ambas delimitaciones físicas no se complementan. Se puede establecer que la respuesta política institucional es de tipo interestatales y municipales, para dar respuesta a las problemáticas de índole hídrica, como lo es la presión sobre los recursos hídricos o estrés hídrico. En el caso de estudio cada cuenca contiene una cantidad de municipios que rebasan las fronteras de estas. La interpolación de estos 2 niveles de clasificación para cuantificar las variables, parte de un leve sesgo en el cálculo del modelo, para evaluar el estado y eficacia de las políticas públicas de los programas administrativos. Entre más se agudice el problema del agua, más relevante será homologar las unidades político administrativas para optimizar las acciones a implementar a escala regional para integrar un desarrollo sostenible.

Cantidad de municipios por cuenca

El área de estudio está conformada por las 5 cuencas que abarca un total de 68 municipios. Esta unidad de trabajo ha conformado regiones interestatales y se integra por diversos municipios, para el agrupamiento de datos a nivel de cuenca. La cuenca con mayor proporción de municipios contenidos es la de la ciudad de México la cual contiene el 40% con 27 municipios, le sigue la Texcoco y Río de la Compañía con 24% y 18%, respectivamente. De los 68 municipios agrupados, la cuenca del Río Cuautitlán y Xochimilco son las que menos agrupan municipios con el 15% y 4%. Esta clasificación territorial, por su magnitud, obtiene su carácter por la cuenca de la Ciudad de México.

Aunque la unidad municipal representa su expresión administrativa básica, por su reducida superficie, su impacto estratégico en un ecosistema es insuficiente. Cabe resaltar que algunas fronteras municipales sobrepasan el parteaguas establecido por las cuencas. Las unidades por cuenca se pueden interpretar como un criterio alternativo en la formación de entidades a nivel federal, con mayor congruencia con el sistema ecológico que le proporciona recursos para su explotación y que deben utilizarse de manera más sostenible para no perjudicar el entorno y por lo tanto los medios de subsistencia de la actividad humana.

#	cve_cuen	nom_cuen	id_mpio	nom_mun	id_edo	nom_edo
1	2665	Xochimilco	9003	Coyoacán	9	Ciudad de México
2	2665	Xochimilco	9012	Tlalpan	9	Ciudad de México
3	2665	Xochimilco	9013	Xochimilco	9	Ciudad de México
4	2666	Río La Compañía	9009	Miipa Alta	9	Ciudad de México
5	2666	Río La Compañía	9011	Tláhuac	9	Ciudad de México
6	2666	Río La Compañía	15009	Amecameca	15	México
7	2666	Río La Compañía	15017	Ayapango	15	México
8	2666	Río La Compañía	15022	Cocotitlán	15	México
9	2666	Río La Compañía	15025	Chalco	15	México
10	2666	Río La Compañía	15039	Ixtapaluca	15	México
11	2666	Río La Compañía	15050	Juchitepec	15	México
12	2666	Río La Compañía	15083	Temamatla	15	México
13	2666	Río La Compañía	15089	Tenango del Aire	15	México
14	2666	Río La Compañía	15103	Tlalmanalco	15	México
15	2666	Río La Compañía	15122	Valle de Chalco Solidaridad	15	México
16	2669	Texcoco	15002	Acolman	15	México
17	2669	Texcoco	15011	Atenco	15	México
18	2669	Texcoco	15016	Axapusco	15	México
19	2669	Texcoco	15028	Chiautla	15	México
20	2669	Texcoco	15029	Chicoloapan	15	México
21	2669	Texcoco	15030	Chiconcuac	15	México
22	2669	Texcoco	15031	Chimalhuacán	15	México
23	2669	Texcoco	15061	Nopaltepec	15	México
24	2669	Texcoco	15065	Otumba	15	México
25	2669	Texcoco	15069	Papalotla	15	México
26	2669	Texcoco	15070	La Paz	15	México
27	2669	Texcoco	15075	San Martín de las Pirámides	15	México
28	2669	Texcoco	15092	Teotihuacán	15	México
29	2669	Texcoco	15093	Tepetlaoxtoc	15	México
30	2669	Texcoco	15099	Texcoco	15	México
31	2669	Texcoco	15100	Tezoyuca	15	México
32	2670	Ciudad de México	9002	Azcapotzalco	9	Ciudad de México
33	2670	Ciudad de México	9004	Cuajimalpa de Morelos	9	Ciudad de México
34	2670	Ciudad de México	9005	Gustavo A. Madero	9	Ciudad de México
35	2670	Ciudad de México	9006	Iztacalco	9	Ciudad de México
36	2670	Ciudad de México	9007	Iztapalapa	9	Ciudad de México
37	2670	Ciudad de México	9008	La Magdalena Contreras	9	Ciudad de México
38	2670	Ciudad de México	9010	Á Ivaro Obregón	9	Ciudad de México
39	2670	Ciudad de México	9014	Benito Juárez	9	Ciudad de México
40	2670	Ciudad de México	9015	Cuauhtémoc	9	Ciudad de México
41	2670	Ciudad de México	9016	Miguel Hidalgo	9	Ciudad de México
42	2670	Ciudad de México	9017	Venustiano Carranza	9	Ciudad de México
43	2670	Ciudad de México	15013	Atizapán de Zaragoza	15	México
44	2670	Ciudad de México	15020	Coacalco de Berriozábal	15	México
45	2670	Ciudad de México	15033	Ecatepec de Morelos	15	México
46	2670	Ciudad de México	15037	Huixquilucan	15	México
47	2670	Ciudad de México	15044	Jaltenco	15	México
48	2670	Ciudad de México	15057	Naucalpan de Juárez	15	México
49	2670	Ciudad de México	15058	Nezahualcóyotl	15	México
50	2670	Ciudad de México	15059	Nextlalpan	15	México
51	2670	Ciudad de México	15081	Tecámac	15	México
52	2670	Ciudad de México	15084	Temascalapa	15	México
53	2670	Ciudad de México	15096	Tequixquiac	15	México
54	2670	Ciudad de México	15104	Tlalnepantla de Baz	15	México
55	2670	Ciudad de México	15108	Tultepec	15	México
56	2670	Ciudad de México	15109	Tultitlán	15	México
57	2670	Ciudad de México	15120	Zumpango	15	México
58	2670	Ciudad de México	15125	Tonanitla	15	México
59	2671	Río Cuautitlán	15023	Coyotepec	15	México
60	2671	Río Cuautitlán	15024	Cuautitlán	15	México
61	2671	Río Cuautitlán	15035	Huehuetoca	15	México
62	2671	Río Cuautitlán	15038	Isidro Fabela	15	México
63	2671	Río Cuautitlán	15046	Jilotzingo	15	México
64	2671	Río Cuautitlán	15053	Melchor Ocampo	15	México
65	2671	Río Cuautitlán	15060	Nicolás Romero	15	México
66	2671	Río Cuautitlán	15091	Teoloyucan	15	México
67	2671	Río Cuautitlán	15095	Tepotzotlán	15	México
68	2671	Río Cuautitlán	15121	Cuautitlán Izcalli	15	México

Tabla 1. Listado de municipios agrupados por cuenca que intervienen en la recopilación de datos.

Fuente: Elaboración propia con datos de (CONAGUA, 2021), (INEGI)

Entidades federativas participantes

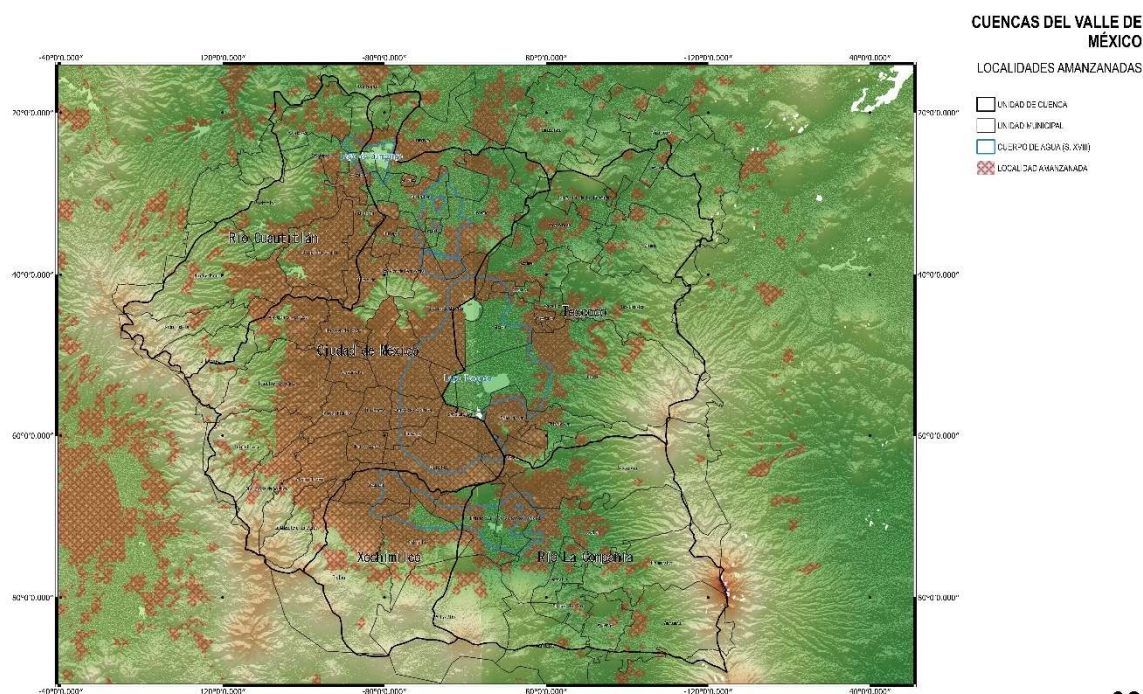
La delimitación de la región, para el estudio en cuestión adquiere su carácter a través de las cuencas hidrográficas que se integran por el sistema lacustre existente, drásticamente modificado. Esta integración territorial es motivada por las recomendaciones de la ONU, para ampliar el uso de las cuencas como unidad de gestión, tanto para la recopilación de información, como para el uso de modelos analíticos para la elaboración de políticas o acciones de los programas de planificación territorial. Entre las principales entidades federativas que contienen las 5 cuencas analizadas destacan únicamente 2: la Ciudad de México y el Estado de México. Cabe resaltar que, por el sistema hidrológico común, no solo es articulado por los cuerpos de agua de Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco; también se contempla el valle de Apán con sus cuerpos de agua de menor extensión, ubicado dentro de las fronteras político-administrativas del estado de Hidalgo, incluso algunas municipalidades las abarca Tlaxcala y Puebla. Para el presente estudio, por la carga cultural que representa el ecosistema de los cuerpos de agua antes mencionados en el desarrollo histórico del territorio, el análisis se ha limitado aproximadamente a las cuencas que contienen dicho sistema lacustre. En resumen, el territorio observado está integrado por diversas capas sobrepuestas de distintas unidades administrativas, que corresponden a 5 cuencas, 2 entidades federativas y más de 60 municipios.

4.4. Localidades urbanas

Área metropolitana de la CDMX

Las cuencas delimitadas para el estudio, articuladas por el antiguo sistema de lagos del Valle de México, abarcan casi la totalidad del área metropolitana de la Ciudad de México. Esta condición en el territorio le otorga una relación particular a la extracción de agua en la región, distinta a nivel nacional. La extensión superficial del área urbana, alcanza un amplio territorio de suelo que sólo es detenido por las barreras físicas de las serranías y que en algunos casos las absorbe. El área urbana se asienta y crece por casi la totalidad de las zonas del antiguo sistema lacustre. Este fenómeno humano que transforma recursos en servicios y "commodities" tiene un impacto en el ecosistema en el que se asienta, adicional a la complejidad de relaciones que establece lo urbano a esta magnitud, como lo hace la Ciudad de México. Además de la implicación ambiental y sobre los recursos hídricos, la ciudad tiene implicaciones en los aspectos socio-culturales de los habitantes de un territorio. Se puede resumir que los cuerpos de agua han sido remplazados por amplias extensiones de suelo urbano, junto los impactos a los que lleva en materia ambiental. Por ejemplo, en

el caso del Valle de México, la extensión de la estructura urbana de la Ciudad de México conlleva una amplia red de abasto pública de agua en sus diversas categorías y por lo tanto un mayor volumen de extracción para el uso consuntivo que representa el abastecimiento público.



02

*Ilustración 3. Localidades amanzanadas o urbanas en el Valle de México, 2020.
Fuente: Elaboración propia con datos de: (CONAGUA, 2021), (Stangl, 2019), (INEGI).*

Localidades amanzanadas urbanas y rurales

En México las localidades son clasificadas por el INEGI en dos categorías. Esta clasificación puede tener algunas contradicciones, sin embargo, puede tener indiferencia sobre sus imprecisiones cualitativas, son mayores las cuantitativas para realizar los estudios, para establecer la capacidad de programas de ordenamiento territorial. En la región delimitada por las 5 cuencas del Valle de México existe el registro de un total de más de 700 localidades, clasificadas en urbanas y rurales. Se puede considerar que el total de estas localidades como el área urbanizada en el territorio, propiamente son territorios "amanzanados", denominados por el INEGI. Cabe resaltar la proporción que se hace en dicha clasificación, donde más del 30% corresponde a localidades amanzanadas de ámbito urbano y el resto son rurales. Esta aparente contradicción, que ambas presentan una estructura urbana innata a la ocupación en manzanas regulares del territorio, podría representar un sesgo de información, al tomar en consideración como territorios

urbanizados únicamente considerando el ámbito urbano, según los grupos asignados por el INEGI. Omitiendo este posible sesgo, se observa que más del 40% del territorio integrado por las 5 cuencas mencionadas, es área urbana, es decir aún no supera a los territorios para uso agrícola, pecuarios y de conservación, pero se encuentra cercano a igualarlo. La ciudad o lo urbano, es un componente humano que comienza a impactar el ecosistema de manera desproporcionada y que puede afectar su propia subsistencia.

Crecimiento urbano

En el territorio delimitado para el análisis de estrés hídrico, lo urbano adquiere una relevancia predominante. La integración de la región estudiada contiene el área metropolitana de la Ciudad de México y las localidades en proceso de conurbación que conforman la megalópolis más grande dentro del territorio mexicano. Esta condición le otorga al territorio una condición particular, la extensión del suelo urbano se presenta casi en la totalidad de la extensión territorial del área de estudio. El crecimiento urbano es un factor relevante en el caso, por ser de los principales factores del deterioro ambiental. Si bien, el crecimiento del suelo urbano comenzó desde que se habitó la cuenca por civilizaciones indígenas, a partir del dominio hispano, las acciones de ocupación y urbanización en la cuenca comenzaron a tener un mayor impacto en el entorno natural y sus procesos. A partir de la segunda mitad del s. XX, el crecimiento de la ciudad comenzó a consolidarse de manera más rápida y a partir de la década de los 50, el crecimiento urbano se presentó a un ritmo acelerado. La Ciudad de México a lo largo de este proceso, la conurbación con otras localidades del valle terminó por consolidarse a finales del s. XX y su ritmo de crecimiento actual se ha desacelerado. Es de resaltar como de un extenso sistema de lagos, progresivamente fueron sustituidos por una extensa estructura urbana, que hoy tiene un impacto importante en el ecosistema de la región.

4.5. Distribución poblacional

Cantidad de habitantes

La integración de las cuencas estudiadas abarca una población considerable, equivalente a la del área metropolitana de la Ciudad de México. Las 5 cuencas delimitadas para el estudio integran una población total de más de 19.8 millones de habitantes, según datos del censo de población y vivienda (INEC, 2010). La cuenca de la Ciudad de México es la que concentra mayor población con más del 66% del total, el resto de las cuencas concentran una población equilibrada abarcando de entre los 1.2 a 1.9 millones de habitantes, cada una. Los municipios con mayor proporción de población son Iztapalapa, Ecatepec y Nezahualcóyotl, con más de un millón de habitantes y forman parte de la cuenca de la Ciudad de México. Las municipalidades con menor población rondan entre las 8 y 10 mil personas, por ejemplo, el municipio de Ayapango en la cuenca del Río de la Compañía. En la región agrupada por las 5 cuencas del Valle de México habita 1/6 de la población total del país. En un territorio de superficie relativamente compacta concentra una buena cantidad de habitantes, esto debido a la presencia del fenómeno metropolitano que representa la Ciudad de México, a lo largo de su acelerada expansión territorial.

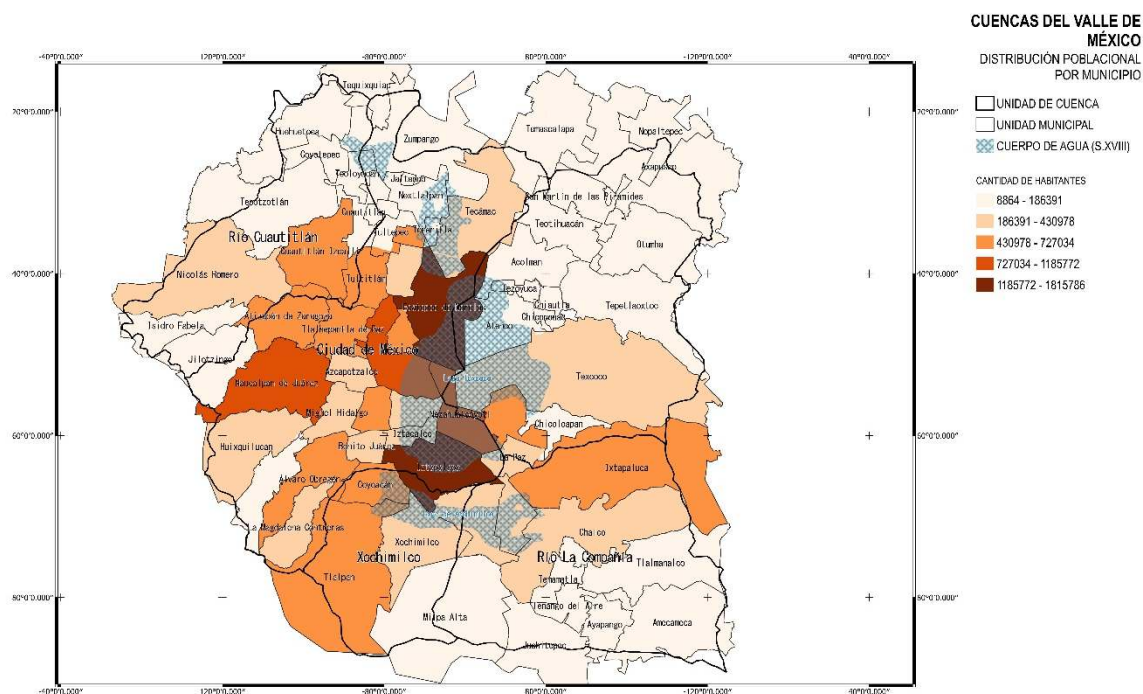


Ilustración 4. Distribución poblacional por municipio en el Valle de México, 2021.
Fuente: Elaboración propia con datos de: (CONAGUA, 2021), (Stangl, 2019), (INEGI).

Distribución de densidades

El estudio de la distribución poblacional evidencia cómo sus habitantes se concentran en el territorio. Estos patrones de distribución se han consolidado por diversas razones durante varios periodos, pero principalmente en los últimos 50 años. En los últimos años se puede observar una concentración en el centro y sur-poniente de la región del Valle de México. Aunque también se extiende hacia el oriente, el patrón principal se distribuye en sentido contrario. Es de resaltar que los municipios con mayor concentración de la población se encuentran en las antiguas zonas lacustres. La cuenca de la Ciudad de México, la de Xochimilco y la del Río de la Compañía son las más densamente pobladas. La densidad promedio en la región es de más de 3000 habitantes por km², sin embargo, la cuenca de la Ciudad de México tiene una densidad poblacional de más de 7000 habitantes por km², comparado con la menos poblada, con menos de 1300 habitantes por km² correspondiente a la cuenca de Texcoco. La saturación de la población puede provocar un aumento en la extracción de agua para uso del abasto público. Entre mayores concentraciones de población en un territorio, mayor será la demanda de servicios y de recursos hídricos, por lo que estos escenarios deberán instrumentar acciones de mayor eficiencia en el consumo de dicho recurso.

Municipios más habitados

La regionalización del territorio mediante cuencas se organizó entorno a la recopilación de cifras a nivel municipal. En el estudio se observó que algunos municipios que destacan por los amplios márgenes de diferencia entre otros. En este caso destacan 2 municipios por la amplia población que concentran: Ecatepec e Iztapalapa. Estos municipios, ambos, superan los 2 millones de habitantes. Este escenario provoca un impacto considerable en las cifras sobre consumo de agua. La concentración de población puede entenderse como la consecuencia de la consolidación de un contexto hiper urbanizado, a través de las que se ramifican las redes de abastecimiento y drenaje, para satisfacer la demanda del recurso vital. Ambos municipios, son los que concentran los principales volúmenes de extracción de agua para uso consuntivo y por lo tanto los que representan los municipios que más impactan en la región. Cabe resaltar que, Ecatepec e Iztapalapa, a pesar de ser los de mayor jerarquía por su masividad, otros municipios como Gustavo A. Madero, Nezahualcóyotl y Naucalpan son los que le siguen en jerarquía con poblaciones de entre los 700 mil y superiores al millón de habitantes, cada uno. Aunque existen otros rangos jerárquicos con un mayor número de municipios, es importante resaltar que los principales

impactos en la escasez del agua en contextos metropolitanos como la del Valle de México, se concentra en pocos municipios.

5. Estrés hídrico en la región

5.1. Recursos hídricos disponibles

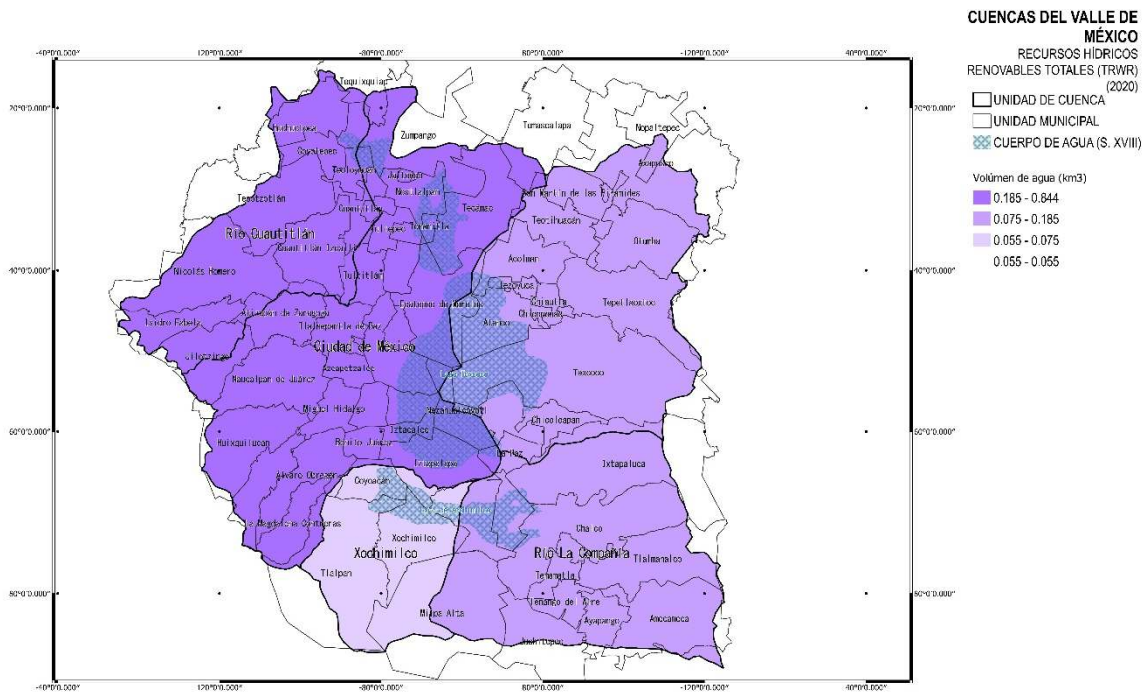
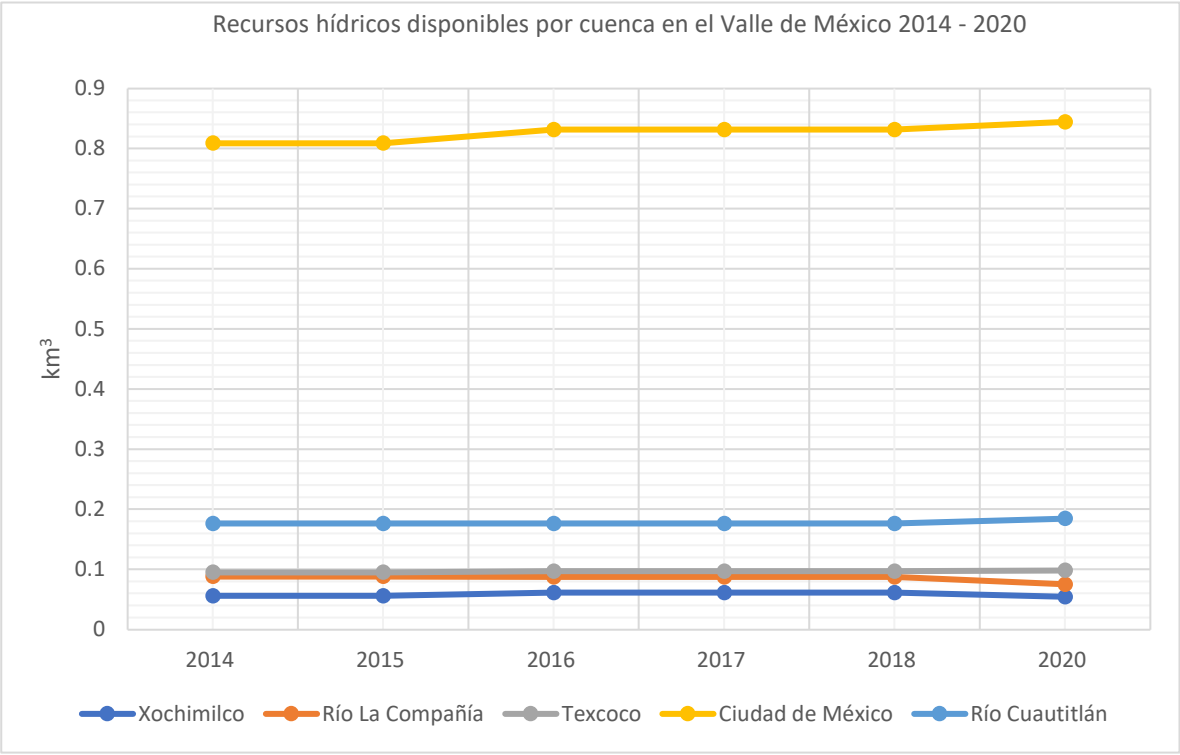


Ilustración 5. Recursos hídricos renovables totales (TRWR) por cuenca en el Valle de México, 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de: (CONAGUA, 2021), (Stangl, 2019), (INEGI).

Forma de disponibilidad de agua

La forma de disponibilidad del recurso hídrico son componentes que se relacionan con el nivel de estrés hídrico. Las disponibilidades hídricas pueden ser subterráneas y superficiales y ambas conforman el total de disponibilidad del recurso hídrico de un territorio. En la región del Valle de México, se depende del recurso hídrico subterráneo, el caudal de agua superficial aprovechado representa una mínima parte del total en la extracción para los distintos usos consuntivos en la región (González, 2016). Esto quiere decir que para el abasto de agua en la región se extrae más de los acuíferos que del agua de lluvia que escurre por la cuenca, dicha condición delata el deterioro ambiental al que se encuentra sometida la región del Valle de México. Debido a que la región se integra por 5 cuencas articuladas por el sistema de lagos, casi extinto, podemos deducir que la

dependencia de la extracción de agua subterránea es un indicador del desaprovechamiento de los caudales superficiales de las cuencas. El balance entre estas dos formas de disponibilidad, sin un proceso de análisis detallado, describe la situación en la gestión y conservación del recurso vital en el territorio. El desbalance que presenta la región en la extracción según su fuente de disponibilidad de recurso hídrico, esboza la orientación que deberán tener los objetivos y acciones para mitigar la presión sobre el recurso. En un escenario ideal, la extracción de agua subterránea se deberá equiparar en proporción al extraído por el caudal de aguas superficiales y, por lo tanto, la implementación de acciones que orienten el eficiente aprovechamiento de las precipitaciones y los afluentes y drenajes naturales de la región.

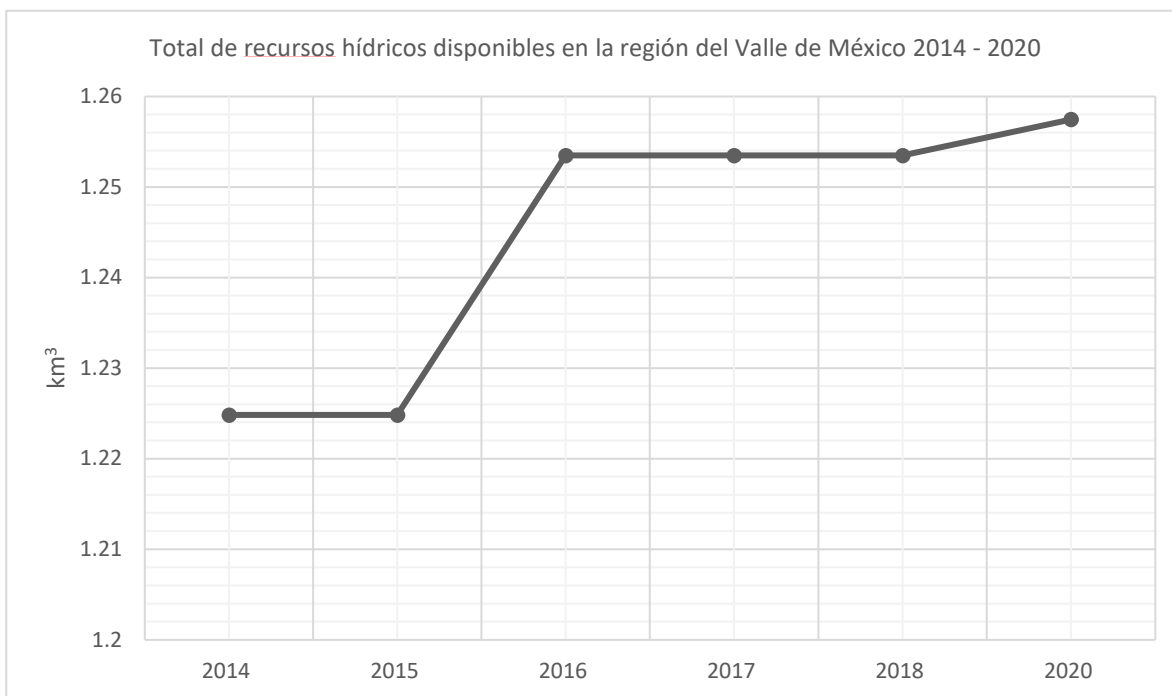


Gráfica 1. Recursos hídricos disponibles por cuenca en el Valle de México 2014 – 2020.
Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

Disponibilidad de recursos por cuenca

Al desglosar los componentes del modelo para calcular el estrés hídrico se obliga a analizar sus componentes de forma aislada. En el caso a tratar, la disponibilidad del agua dulce para usos consuntivo, representa uno de los componentes que integran la ecuación. Dentro la región delimitada para su estudio, las cuencas de la Ciudad de México y del río Cuautitlán destacan por su volumen de disponibilidad de agua, indiferente del tipo de fuente, es decir, por el volumen total de agua disponible para consumo humano en sus diversos sectores.

Entre estas dos cuencas el volumen disponible para usos consuntivos desde el abastecimiento público, agrícola, industrial entre otros, oscila entre el 0.185 al 0.844 km³ de agua superficial y subterránea anual. El rango más bajo de disponibilidad de agua dulce es de entre 0.075 y 0.055 km³ al año, representado en el caso de estudio por la cuenca de Xochimilco. En el rango intermedio se encuentran la cuenca de Texcoco y Río de la Compañía con un volumen disponible de 0.185 a 0.075 km³ de recurso hídrico anuales. Como total de disponibilidad anual en la región integrada por las 5 cuencas del antiguo sistema de lagos del Valle de México, encontramos cifras superiores a los 2 km³ de agua en el último trienio a partir del 2021.



Gráfica 2. Recursos hídricos totales disponibles en la región del Valle de México 2014 – 2020.
Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

Tipo de fuente característico por cuenca

Como se ha esbozado, las fuentes de abasto de agua dulce para diversos consumos humanos se clasifican en 2 grupos: superficial y subterránea. En el caso de estudio referido al Valle de México y sus cuencas, al último corte de tiempo registrado por el Sistema Nacional de Información del Agua, el tipo de fuente predominante de abasto es la subterránea en casi 60 de un total de 69 municipios que integran las 5 cuencas de la región. Esto no quiere decir que los municipios en cuestión dependan de un solo tipo de fuente de agua, sin embargo, en el caso de estudio existe una casi total dependencia del agua subterránea para uso consuntivo en la región. Del total anual consumido, de 2,224.89 hm³, más del 85% de agua dulce proveniente de fuentes subterráneas. Este panorama deja ver

una casi absoluta desproporción en el tipo de fuente de abasto de agua en el Valle de México. En un estudio más detallado se deberá comparar el total de agua superficial comparado al total de agua superficial utilizada para alguna actividad. Esta comparación podría auxiliar en la determinación de la gran mayoría del volumen de agua que llueve y escurre por las partes que conforman una cuenca hidrográfica. Dado el estado desfavorable de conservación ecológica de muchos de estos componentes en la región del Valle de México, sería lógico inferir que un alto volumen de este tipo de fuente sea desperdiciado por falta de una infraestructura adecuada y sea contaminado por aguas residuales de todo tipo según el caso particular que se observe.

Nombre de cuenca	Clave cuenca	RECURSOS HÍDRICOS DISPONIBLES (km ³ /año)					
		2014	2015	2016	2017	2018	2020
Xochimilco	2665	0.056091	0.056091	0.0613781	0.0613781	0.0613781	0.05451
Río La Compañía	2666	0.088222	0.088222	0.08722567	0.08722567	0.08722567	0.07542
Texcoco	2669	0.095144	0.095144	0.0967491	0.0967491	0.0967491	0.09843
Ciudad de México	2670	0.809065	0.809065	0.831695	0.831695	0.831695	0.8444
Río Cuautitlán	2671	0.17631	0.17631	0.1764171	0.1764171	0.1764171	0.1847
Total		1.224832	1.224832	1.25346497	1.25346497	1.25346497	1.25746

Tabla 2. Recursos hídricos disponibles por cuenca en el Valle de México 2014 – 2020.
Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

5.2. Extracción de recursos hídricos

Panorama actual

Conocer el volumen de recurso hídrico extraído es un componente básico en el cálculo del estrés hídrico. Esta variable es uno de los aspectos, en materia de recolección y compilación de datos, que firmemente sugiere la FAO para lograr una accesibilidad de datos universal para su estudio y determinación de evaluaciones en beneficio del mejoramiento de acciones políticas. En el caso particular de estudio, en el Valle de México, se puede extrapolar los datos de dicha variable a nivel de cuenca. Hasta el 2019 la región de estudio integrada por 5 cuencas extraía un volumen total de agua para usos consuntivos de 2.222 km³, siendo la cuenca con mayor porcentaje de consumo la Ciudad de México, con volúmenes de consumo anual superiores al km³, más del doble de extracciones a la cuenca que le continúa. La cuenca de Xochimilco representa el menor volumen de extracción de agua, con un volumen de 0.12 km³ en 2019. La cuenca de la Ciudad de México del territorio conformado por los parteaguas establecidos articulados por el antiguo sistema de lagos, es la de mayor impacto en el territorio por su intensidad en el uso del agua en actividades

productivas agrupadas. Las cuencas restantes mantienen extracciones más equilibradas de entre los 0.12 a 0.37 km³ anualmente. Esta condición representa la concentración del territorio con mayor explotación y posiblemente con el mayor impacto en el medio ambiente.

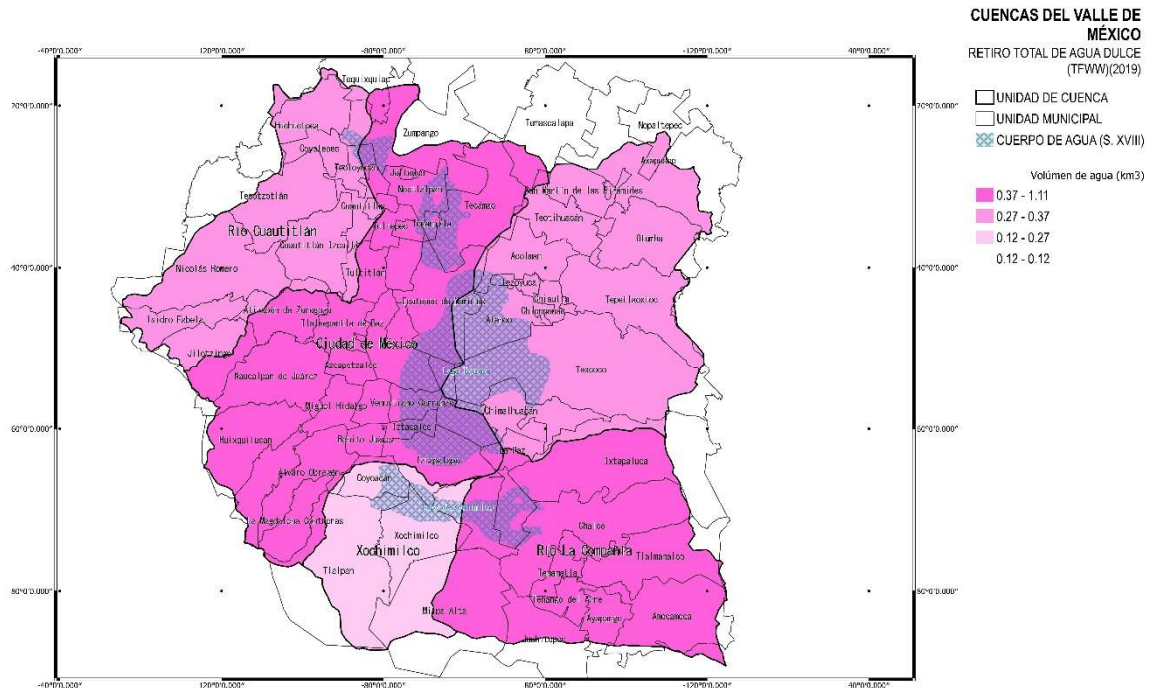
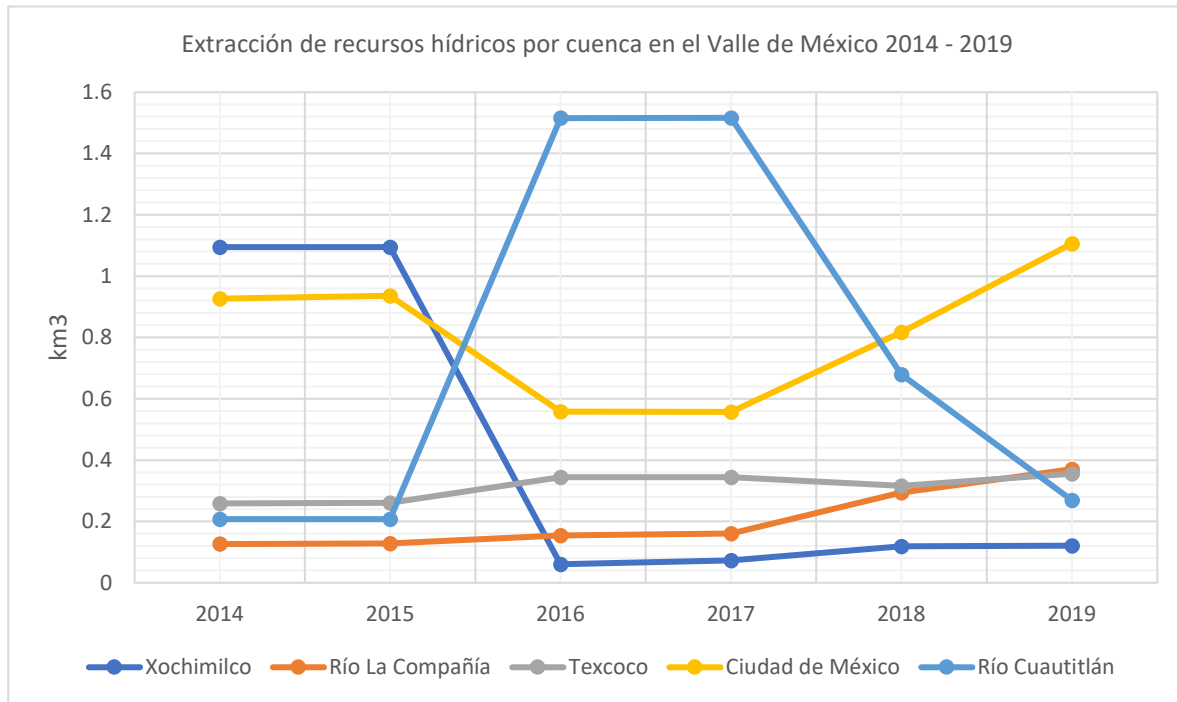


Ilustración 6. Retiro total de agua dulce (TFWW) por cuenca en el Valle de México, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de: (CONAGUA, 2021), (Stangl, 2019), (INEGI).

Distribución por cuencas

La revisión del parámetro de evaluación que representa el indicador del estrés hídrico, obliga a revisar la extracción de agua como un componente o variable cuantificable por volumen. En el caso particular de estudio se observan estos elementos por su comparación, en el Valle de México, las 5 cuencas delimitadas concentran un total promedio anual de 2.5 km³ de recurso hídrico, para uso humano durante los últimos 5 años. De las cuencas estudiadas, la mayoría mantienen rangos de volumen similares, menores al km³ anuales, mientras que la que se destaca es la de la Ciudad de México, superior al característico en la región. Las que mayor uso de agua presentan, de forma jerárquica, después de la Ciudad de México, es la del Río de la Compañía, seguida de Texcoco y Río de Cuautitlán, la que menos agua extrae es la de Xochimilco. No obstante, hay que tener en el panorama de análisis que estas jerarquías han variado anualmente. Descifrar el comportamiento y variaciones de volumen extraído de agua será una interrogante destacable para integrar el

tema hídrico desde una perspectiva sostenible que, dependa de evidencia comprobable mediante la particularización de la problemática territorial.

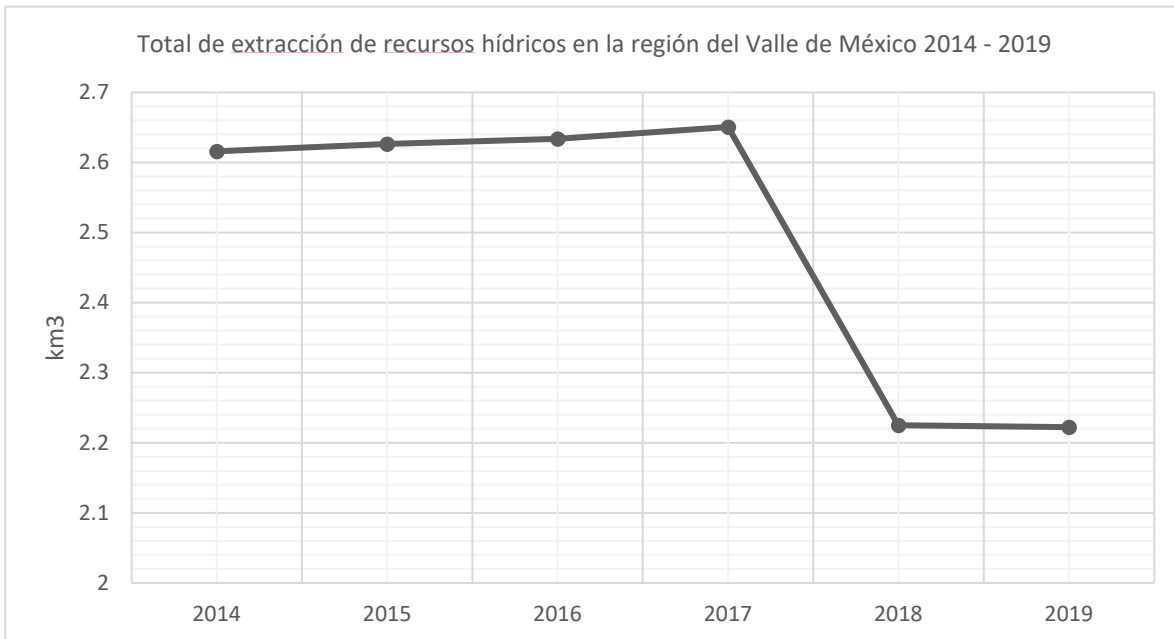


Gráfica 3. Extracción de recursos hídricos por cuenca en el Valle de México 2014 – 2019.
Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

Variaciones en el tiempo

La extracción del recurso hídrico en el último lustro ha variado significativamente. El análisis comparativo entre las cuencas establecidas, muestra el tipo de variación y jerarquías en la explotación del agua en la región. Las que se destacan por su patrón de comportamiento en el tiempo son las de Ciudad de México, Cuautitlán y Xochimilco. Esta última, de ser la de mayor volumen de extracción, a la fecha se coloca como la de menor volumen de todas las cuencas estudiadas, pasó del más de un km³ de extracción de agua en 2014, a un volumen de menos de 0.2 km³ anuales en el 2019. Similar a este patrón de variación se encuentran la de Ciudad de México y Río Cuautitlán, en menor o mayor volumen y en decremento o crecimiento, respectivamente. Las cuencas con menos variaciones en el tiempo han sido la de Texcoco y Río de la Compañía, ambos con volúmenes entre los 0.2 km³ a menos de los 0.4 km³ de extracción de recurso hídrico, una variación aproximada del 0.2 km³ de agua para consumos, tanto de fuentes subterráneas, como superficiales. Comparado con variaciones mayores de más del 1.3 km³ anuales, como la del Río Cuautitlán durante el 2015 al 2016. El promedio total de la región presenta una tendencia

decreciente en la extracción de agua, para uso consuntivo durante el último lustro, con una variación aproximada del 0.45 km³ hacia la baja, a partir del año 2017.



Gráfica 4. Total, de extracción de recursos hídricos en la región del Valle de México 2014 – 2019.
Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)

Extracciones totales en la región

Los volúmenes de agua extraídos para el desarrollo de los sectores productivos en la región del Valle de México, en el último lustro han presentado un comportamiento relativamente constante. La extracción de recursos hídricos para uso consuntivo en la región mencionada varía entre los 2.6 a los 2.2 km³. Se puede observar una disminución considerable en el volumen de agua dulce utilizados en distintos sectores como el agrícola, industrial y para uso de la red pública urbana. Cabe destacar que a partir del año 2018 se presentó un descenso de 0.4 km³ el cual se mantiene hasta el último año de registro en el Sistema Nacional de Información del Agua. Este escenario resulta favorable para la disminución de los niveles de estrés hídrico que presenta la región del Valle de México. A pesar de este comportamiento a la baja en la extracción de recurso hídrico, para uso consuntivo en las 5 cuencas que se integran, para formar la región del Valle de México, el nivel de estrés hídrico se encuentra en niveles muy altos. Este comportamiento a la baja genera el cuestionamiento sobre qué acciones influyeron en la baja en las extracciones. Sin conocimiento de las causas podemos adelantar que esta disminución son resultados de mejoramiento en el uso eficiente del agua, consecuencia quizá, de campañas de

concientización sobre el ahorro del agua que han permeado en el inconsciente colectivo de los distintos sectores que afectan los volúmenes en la extracción de agua dulce.

EXTRACCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS (km³/año)

Nombre de cuenca	Clave cuenca	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Xochimilco	2665	1.09505	1.095051	0.060735	0.073343	0.118401	0.120457
Río La Compañía	2666	0.127055	0.127709	0.153884	0.160336	0.294218	0.370355
Texcoco	2669	0.259031	0.260568	0.344229	0.343767	0.31564	0.355762
Ciudad de México	2670	0.926731	0.935483	0.558599	0.557172	0.817138	1.10634
Río Cuautitlán	2671	0.207993	0.207625	1.516027	1.515956	0.679498	0.269538
Total		2.61586	2.626436	2.633474	2.650574	2.224895	2.222452

Tabla 3. Extracción de recursos hídricos por cuenca en el Valle de México 2014 – 2019.
Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

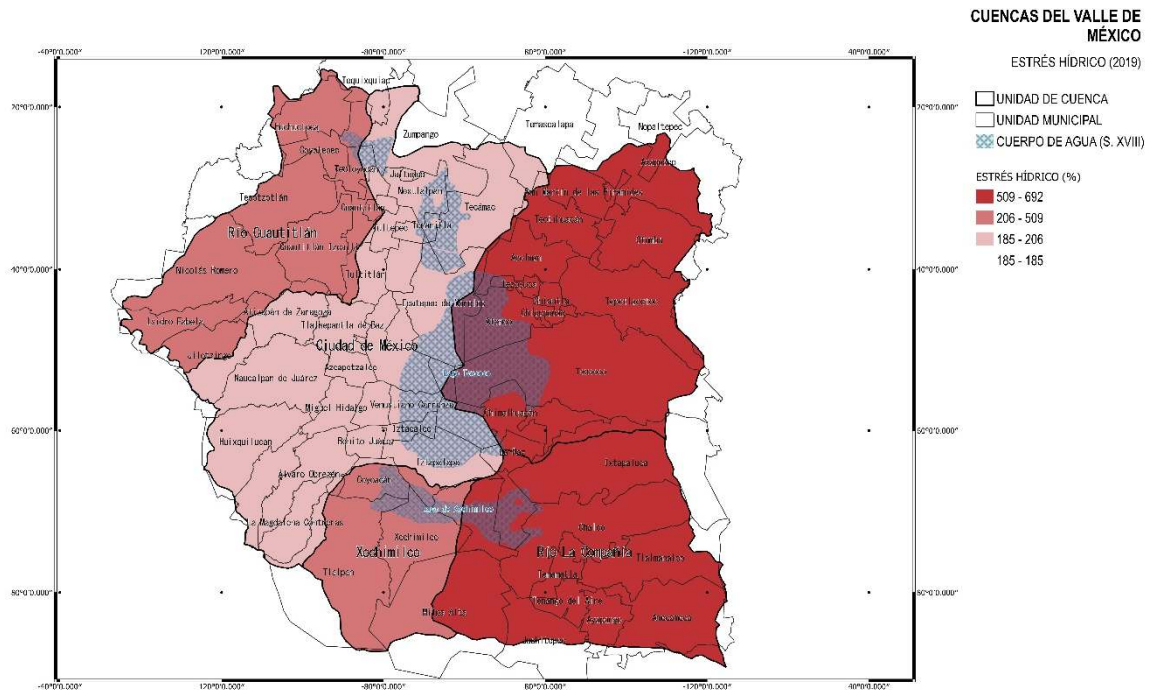
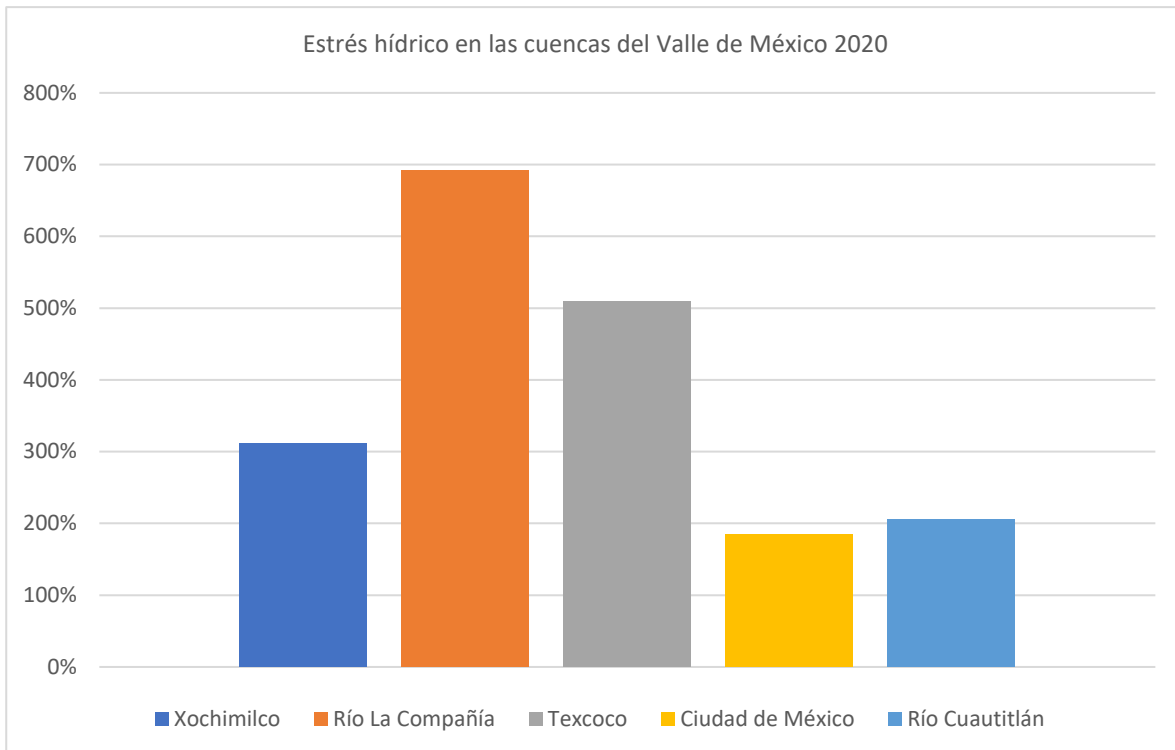


Ilustración 7. Estrés hídrico (WS) por cuenca en el Valle de México, 2019.
Fuente: Elaboración propia con datos de: (CONAGUA, 2021), (Stangl, 2019), (INEGI).

5.3. Estrés hídrico

Grado de presión sobre el recurso

En los usos de agua se establecen indicadores para evaluar el rendimiento y la eficiencia en la explotación, en este contexto se inserta el indicador del estrés hídrico o el grado de presión sobre el recurso. Existe un consenso internacional que define el indicador que mide el estrés hídrico, en México el grado de presión sobre el recurso se define como "el porcentaje de agua para uso consuntivo respecto a la disponibilidad total." y se considera que un porcentaje mayor a 40% indica un estrés alto; México posee un porcentaje de presión hídrica entre el 19 y 21% (Comisión Nacional del Agua, 2018). Es importante destacar que los porcentajes pueden variar dependiendo la escala o jerarquía que se esté analizando, es decir, México posee un estrés hídrico bajo, pero un análisis regionalizado dentro del mismo territorio, puede resultar en indicadores muy distintos y desfavorables, por ejemplo, las regiones norte de México tienen un alto estrés comparado con la parte sur. El indicador que mide el porcentaje de presión sobre los recursos hídricos variará según una intensidad particular, pero debe considerarse un sesgo en los resultados dependiendo del tamaño del territorio. El tamaño de las unidades territoriales delimitadas será más eficiente en función de su manejabilidad.



Gráfica 5. Estrés hídrico en las cuencas del Valle de México 2020.

Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

Extracción y estrés hídrico

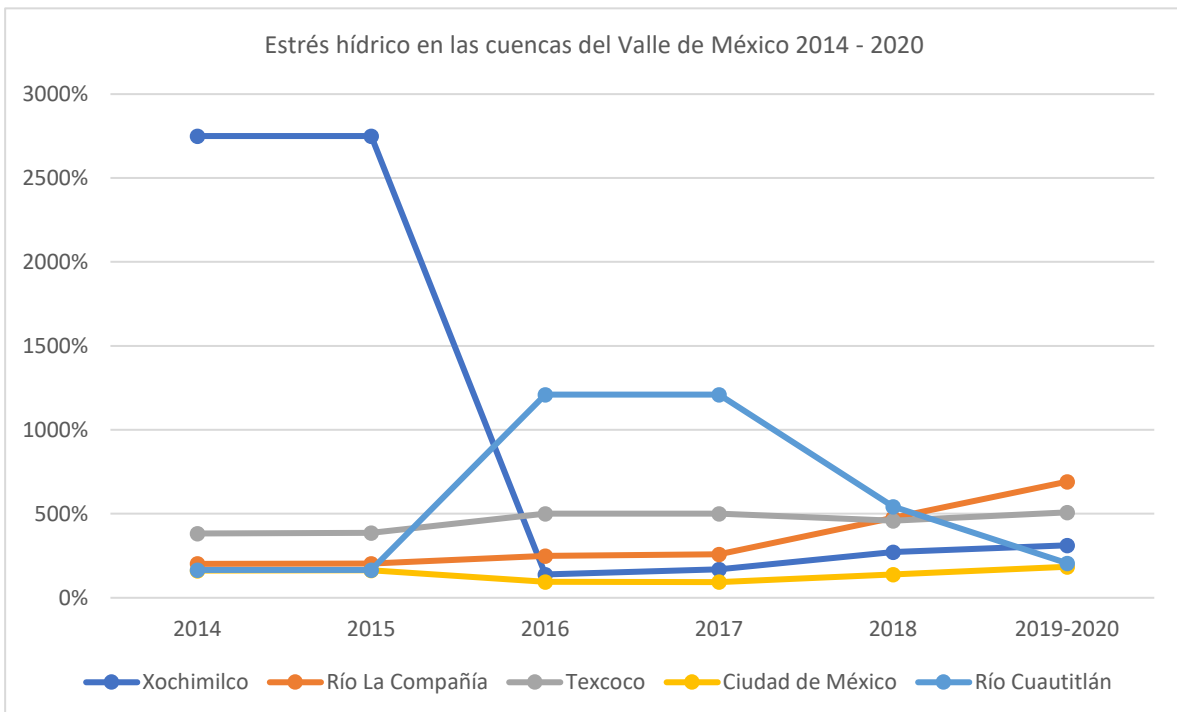
Derivado de la aplicación del modelo de cálculo para determinar el porcentaje de estrés hídrico recomendado por la FAO, se pueden observar cuales son las jerarquías determinadas por el consumo de agua. Cabe destacar que, por la variabilidad del indicador en la región del Valle de México en el tiempo, el estrés hídrico guarda una similitud con el comportamiento observado en los datos recopilados para estudiar la extracción de agua. La variable, que interviene directamente en el modelo de estrés hídrico, guarda una relación particular con los resultados. En el caso particular, se puede observar una aparente similitud y se puede adelantar el probable comportamiento de la presión hídrica en un territorio. Sin embargo, esta simple comparación es infundada hasta ser observada en cada caso particular. Por ejemplo, a pesar de las altas cifras en los datos recopilados para la cuenca de la Ciudad de México, según el modelo aplicado de estrés hídrico (FAO), resulta ser la que presenta menos estrés hídrico, es la que más extrae agua, pero también es la que mayor disponibilidad de agua posee. La extracción de agua en un territorio puede ser un factor previo, para establecer hipótesis y conclusiones preliminares en el proceso de estudio que demanda la toma de decisiones en los planes y programas de ordenamiento.

Variación particular por cuenca

El estrés hídrico en la región del Valle de México se puede englobar en un rango alto. En conjunto y por separado, las 5 cuencas delimitadas para el estudio de la región del Valle de México superan el 100% de presión sobre el recurso hídrico. Estableciendo dicha condición como punto de partida, respecto a su comportamiento en el tiempo, el estrés hídrico durante el último lustro ha presentado un patrón irregular. Similar al comportamiento observado en las cifras sobre la extracción de agua, el porcentaje de estrés hídrico en el Valle de México es comparable al volumen de extracción. Por su orden jerárquico, las 5 cuencas estudiadas se acomodan de la siguiente manera: la del Río de la Compañía con cerca del 700% de estrés, le sigue la de Texcoco, Xochimilco, Río Cuautitlán y, por último, la de la Ciudad de México. Cabe resaltar el hecho de que en el año 2014 la cuenca con mayor estrés hídrico superaba el 2,500%, comparable a los rangos presentados en los países de África del Norte y Medio Oriente, regiones con una escasa disponibilidad de agua para uso consuntivo. Sin embargo, la cuenca de Xochimilco, en la actualidad ha reducido considerablemente su presión sobre el recurso a menos de 500%, el doble de lo que se reportaba hace unos pocos años. En el último lustro, la variación total de estrés hídrico en las cuencas del Valle de México, es de entre 300% al 250% hacia la baja, es decir, en el corto plazo la presión sobre el recurso hídrico ha disminuido a un ritmo relativamente lento.

Evolución en el tiempo

Los niveles de estrés hídrico en la zona del Valle de México delimitada para el presente estudio han evolucionado de manera favorable, en el último lustro sus niveles presentan una tendencia a la baja. La región presentaba en el año 2014 un nivel del 301%, el cual ha ido disminuyendo lentamente hasta un nivel del 249% en el último año registrado, esto implica una disminución de aproximadamente 50 puntos en un periodo de tiempo relativamente corto. Aunque los niveles de estrés hídrico que presenta la región son preocupantemente altos, superiores al 100%, su comportamiento a la baja en los últimos años es un reflejo de las políticas que se han implementado para el cuidado del agua, su uso y conservación más eficientes. La disminución de los niveles de estrés hídrico en la región del Valle de México es evidente, sin embargo, por los niveles que se presentan, superiores al 100%, las políticas hídricas para disminuir la escasez de agua, deben hacer un uso más eficiente y aumentar la disponibilidad de agua. Estas políticas deberían tener un impacto mayor para reducir los niveles de estrés hídrico a un mayor ritmo y presentar una tendencia en los datos más abrupta para abonar de manera más directa en la resolución de los problemas hídricos, tan apremiantes, que presentan la región.

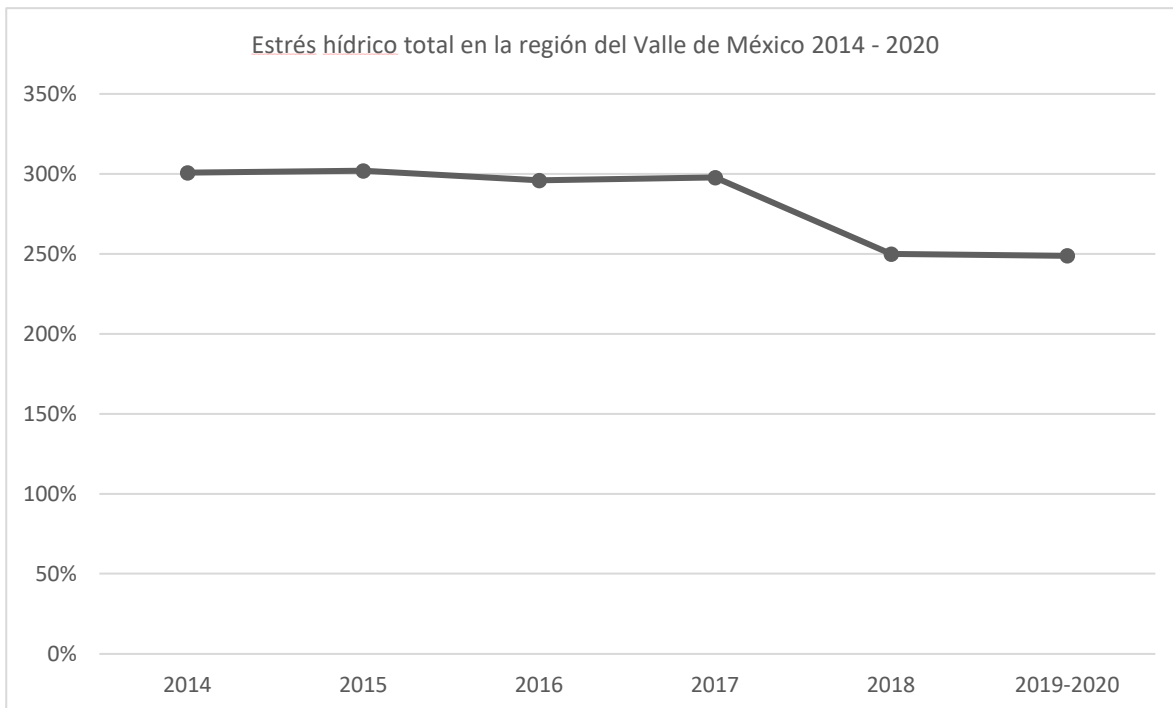


Gráfica 6. Estrés hídrico en las cuencas del Valle de México 2014 – 2020.

Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

Perspectiva actual

La perspectiva actual en materia de estrés hídrico es preocupante, sin un análisis en el tiempo, los niveles presentados en la región del Valle de México, son cifras suficientemente altas, como para elaborar políticas y acciones urgentes. Las 5 cuencas integradas para el estudio, sufren de una presión sobre el recurso hídrico que oculta en lo particular un escenario preocupante. Para el año 2020 todas las cuencas que ordenan el territorio del Valle de México sobrepasan el 100% de los niveles de estrés hídrico. La que menos estrés presenta es la de la Ciudad de México con menos del 200%, mientras que la del Río de la Compañía es la que mayores niveles presenta con un porcentaje de casi el 700%. Aunque las cuencas integradas en la región presentan niveles considerablemente menores, para aliviar la problemática de la escasez del líquido vital, se deberá particularizar las acciones para reducir los niveles de estrés hídrico por cuenca. Las cuencas del Río de la Compañía, Texcoco y Xochimilco serán estratégicas en un escenario a futuro para implementar acciones directas que contribuyan a reducir el estrés hídrico en la región del Valle de México, son las cuencas con los mayores niveles y las que más influyen, al elevado porcentaje en la región.



Gráfica 7. Estrés hídrico total en la región del Valle de México 2014 – 2020.

Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

Estrés hídrico total en la región del Valle de México 2014 - 2020								
Nombre de cuenca	Clave cuenca	EFR (%)	2014	2015	2016	2017	2018	2019-2020
Xochimilco	2665	29%	2750%	2750%	139%	168%	272%	311%
Río La Compañía	2666	29%	203%	204%	248%	259%	475%	692%
Texcoco	2669	29%	383%	386%	501%	500%	460%	509%
Ciudad de México	2670	29%	161%	163%	95%	94%	138%	185%
Río Cuautitlán	2671	29%	166%	166%	1210%	1210%	542%	206%
Total		29%	301%	302%	296%	298%	250%	249%

Tabla 4. Estrés hídrico en las cuencas del Valle de México 2014 – 2020.

Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

6 ■ Actividad económica en la región

6.1. Producto interno bruto

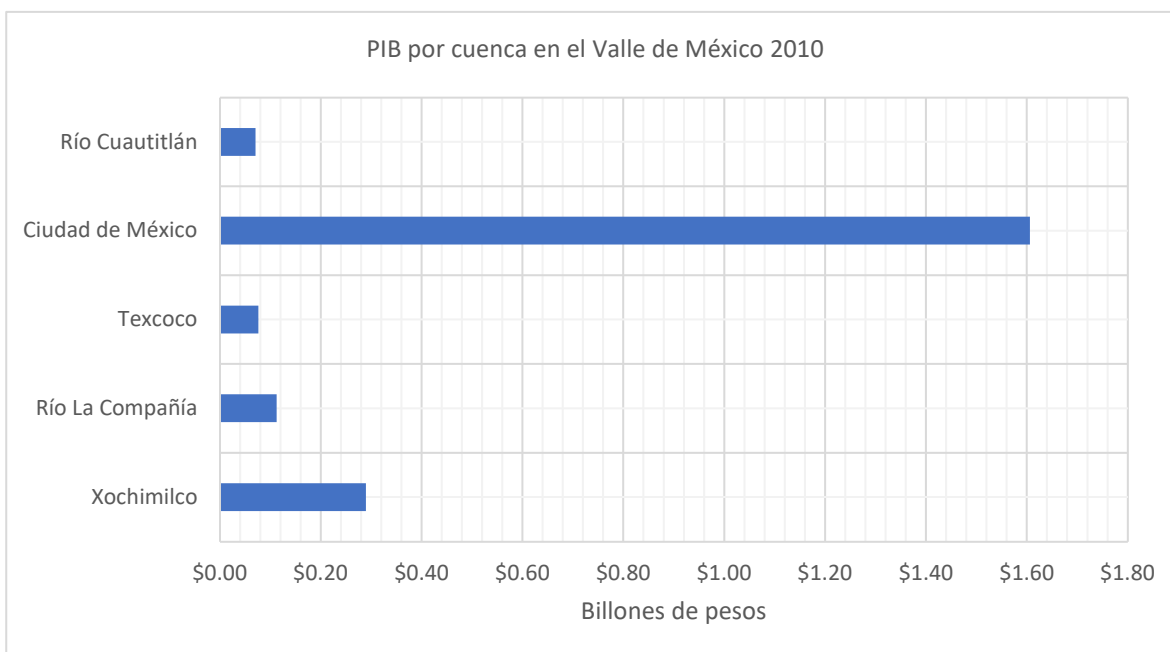
Concepción general

Para medir el desempeño y en gran medida el desarrollo, se utilizan componentes de tipo económico para establecer modelos de análisis de carácter cuantitativo. Existe un amplio número de indicadores para establecer distintas clasificaciones de desarrollo económico, entre las que destaca el índice del producto interno bruto (PIB). Este indicador mide el valor monetario de los bienes y servicios finales, los que adquiere el consumidor final en un periodo de tiempo determinado, generalmente trimestral o anual, dentro de un territorio específico o dentro de las fronteras de un país (Callen, 2008). Estos bienes y productos son producidos para la venta en el mercado, según Tim Callen (2008), también abarcan servicios proporcionados por el gobierno como servicios educativos y para defensa. Utilizar el indicador del PIB como único parámetro de medición para el desarrollo puede producir sesgos de información, sin embargo, la obtención de datos sobre las transacciones monetarias finales puede otorgar una perspectiva valorativa, respecto a la calidad de vida de una población. El PIB cuantifica el peso de las transacciones monetarias, su análisis puede auxiliar en la distribución e intensidad de las actividades humanas en general. Cabe hacer énfasis que el PIB, aunque puede otorgar una imagen descriptiva en el tiempo y espacio, sin embargo, por sí solo no podrá otorgar una imagen precisa del desarrollo humano integral de un territorio.

Imprecisiones del indicador

El PIB es un indicador utilizado con frecuencia para determinar el grado de crecimiento de un país. En el desarrollo suele vincularse a aspectos económicos debido a la objetividad cuantificable de los elementos que integran el modelo de indicador, sin embargo, el indicador del PIB posee una amplia brecha de imprecisión cuando se aborda el desarrollo en general y no sólo el económico. Callen (2008) apunta que el PIB no es un indicador del nivel del bienestar de un país y no se ven aspectos importantes dentro del bienestar general, como la destrucción ambiental por la explotación desproporcionada de los recursos naturales no renovables y la distribución de la riqueza en un territorio. El PIB per cápita utiliza las variaciones de la producción de bienes y servicios por persona para determinar si el ciudadano promedio de un país está mejor o peor (Callen, 2008). El desarrollo no

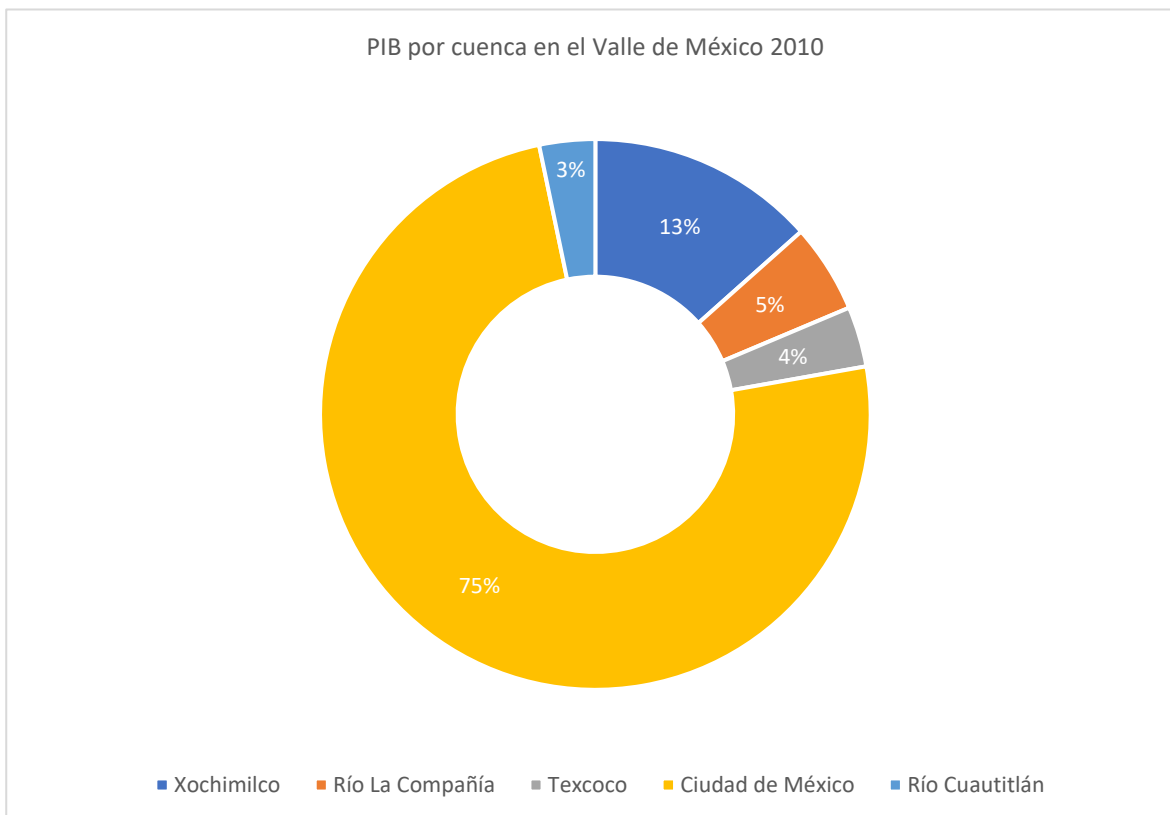
puede establecerse únicamente por la producción de bienes y servicios, son variables fundamentales que deberán complementarse con otros indicadores o modelos, para obtener información más precisa para la descripción fidedigna del desarrollo integral de un país o territorio. Sin embargo, en el ejercicio que me compete, conocer el PIB por municipio y por cuenca puede complementar los resultados del estrés hídrico de una región, para determinar las zonas donde se concentra mayor producción de bienes y servicios o actividad económica por sector, para especular en una redistribución más equilibrada con el medio ambiente, así como con la extracción y consumo de recursos hídricos.



Gráfica 9. Distribución por billones de pesos del producto interno bruto por cuenca en el valle de México, 2010. Fuente: elaboración propia con datos de (González-Estrada, 2014) y (González-Estrada & Gallegos-Cedillo, 2014).

El PIB es un indicador utilizado con frecuencia para determinar el grado de crecimiento de un país. En el desarrollo suele vincularse a aspectos económicos debido a la objetividad cuantificable de los elementos que integran el modelo de indicador, sin embargo, el indicador del PIB posee una amplia brecha de imprecisión cuando se aborda el desarrollo en general y no sólo el económico. Callen (2008) apunta que el PIB no es un indicador del nivel del bienestar de un país y no se ven aspectos importantes dentro del bienestar general como la destrucción ambiental por la explotación desproporcionada de los recursos naturales no renovables y la distribución de la riqueza en un territorio. El PIB per cápita utiliza las variaciones de la producción de bienes y servicios por persona para determinar si el ciudadano promedio de un país está mejor o peor (Callen, 2008). El desarrollo no puede establecerse únicamente por la producción de bienes y servicios, son variables

fundamentales que deberán complementarse con otros indicadores o modelos para obtener información más precisa, para la descripción fidedigna del desarrollo integral de un país o territorio. Sin embargo, en el ejercicio que me compete, conocer el PIB por municipio y por cuenca puede complementar los resultados del estrés hídrico de una región para determinar las zonas donde se concentra mayor producción de bienes y servicios o actividad económica por sector, para especular en una redistribución más equilibrada con el medio ambiente, así como con la extracción y consumo de recursos hídricos.



Gráfica 10. Distribución porcentual del producto interno bruto por cuenca en el valle de México, 2010. Fuente: elaboración propia con datos de (González-Estrada, 2014) y (González-Estrada & Gallegos-Cedillo, 2014).

Desarrollo económico local

La globalización ha producido una transformación de relaciones y nodos mercantiles o de intercambios monetarios a nivel internacional. Este nivel y o jerarquía de interconexión comercial incide directamente en el comportamiento local de diversas economías a distintos niveles, es decir, actualmente se ha intensificado las relaciones comerciales a escala planetaria y ha expandido las fronteras creando un sistema más amplio y complejo en la economía y política mundial. Sin embargo, esta intensificación conlleva impactos en diversas dimensiones y en general en un desarrollo depredador sin una perspectiva a largo

plazo. “La implementación de nuevas políticas que estén basadas bajo el enfoque del desarrollo económico local, es indispensable para que la economía de la nación empiece a tomar el rumbo hacia la sostenibilidad (Proaño-Chacha et al., 2020).” Aunque Proaño y compañía hacen esta afirmación para un contexto particular, es una perspectiva aplicable a cualquier nación. Esta visión de desarrollo contrasta con el funcionamiento mercantil global de desarrollo, sin embargo, ambas pueden complementarse por jerarquía, haciendo del desarrollo global y local elementos complementarios dentro del sistema. Cabe destacar que, para lograr un desarrollo sostenible que vea por un desarrollo a base del consumo de recursos con una visión a largo plazo, Proaño et al. (2020) consideran como fundamental una delimitación local para el desarrollo en general y como una ventaja competitiva en el escaparate de la economía internacional.

PIB por cuenca en el Valle de México 2010

Nombre de cuenca	Clave cuenca	2010 (millones)	2010 (billones)	
Xochimilco	2665	\$289,797.20	\$0.29	13%
Río La Compañía	2666	\$112,769.00	\$0.11	5%
Texcoco	2669	\$76,203.10	\$0.08	4%
Ciudad de México	2670	\$1,606,077.50	\$1.61	75%
Río Cuautitlán	2671	\$70,809.40	\$0.07	3%
Total		\$2,155,656.20	\$2.16	

Tabla 5. Distribución por billones de pesos del producto interno bruto por cuenca en el Valle de México, 2010.

Fuente: elaboración propia con datos de (González-Estrada, 2014) y (González-Estrada & Gallegos-Cedillo, 2014).

Dimensión territorial

En el desarrollo económico local el territorio puede representar una dimensión con un amplio potencial como elemento articulador. El territorio puede entenderse como el entramado de intereses de todo tipo en una comunidad, es por tal motivo que el proceso de desarrollo es diferente entre países por diversos factores (Proaño-Chacha et al., 2020). Entre estos destacan la dimensión o escala, historia, estructuras productivas y, sobre todo, los actores sociales. Proaño destaca como estos componentes se diferencian entre naciones o regiones, el territorio se destaca como una dimensión integradora y un factor determinante en el tipo de desarrollo y su progreso. La dimensión territorial es un elemento que engloba todos los sectores de desarrollo, podemos decir que es el sistema físico que contiene todas las actividades humanas. El territorio entendido como los límites de un sistema social, económico y ambiental, puede ser un agente importante de desarrollo integrador en los procesos de crecimiento y cambio estructural de una comunidad o sociedad. El desarrollo económico local podemos considerarlo como una relación de

proporcionalidad entre la dimensión territorial, es decir, entre mayor extensión mayores intereses, lo que podría complicar los procesos de integración. El crear unidades territoriales de gestión más congruentes con su paisaje visual en los programas de desarrollo puede eficientizar el desarrollo sostenible e integral por regiones locales.

Perspectiva social

Los actores que participan en una comunidad son de los factores más importantes en el desarrollo local, las acciones de dichos actores representan una variable que puede diferenciar los procesos de desarrollo en una región. En este contexto, cabe aclarar que, la función de los actores empresariales no son los únicos que intervienen en el desarrollo de un territorio, y se deberá considerar otras variables que también intervienen en el desarrollo local y sostenible, localizados desde una perspectiva social en donde la potencialización del capital humano es parte importante (Proaño-Chacha et al., 2020). Lo económico en el crecimiento y progreso es parte fundamental, sin embargo, el bienestar social es un aspecto vital en el desarrollo integral y que genera un cambio estructural en la administración y gestión de un territorio, región y/o país. Es importante poner énfasis que el crecimiento económico sin perspectiva social no generará un desarrollo integral. En la gestión del ordenamiento territorial esta perspectiva servirá como guía en la realización de acciones o proyectos que abarquen esferas temáticas integradas entre lo social, económico y ambiental y los actores que representan los intereses de cada sector. Podemos adelantar que la integración de dichas esferas será de los puntos articuladores para lograr un mayor desarrollo integral y sostenible en el ordenamiento territorial.

Brechas sectoriales

En el desarrollo económico en general se distinguen diversos sectores productivos de una región. Según la región que se analice se podrán observar diferencia en la incidencia del crecimiento económico. En las economías locales existen amplias brechas entre el comportamiento sectorial, que se destaca por la actividad agrícola, la cual es de vital importancia por la gran cantidad de mano de obra que emplea por distrito (Proaño-Chacha et al., 2020). Teniendo en consideración que el sector agrícola es el de mayor impacto en la presión sobre el recurso hídrico, la distribución e intensidad por sector económico es un factor importante a considerar para lograr un desarrollo sostenible. A pesar de que el impacto que tiene la agricultura es el menor en contextos ampliamente urbanizados, tener en consideración el impacto por sector en la extracción del agua dulce para uso consuntivo, es importante en la elaboración de estrategias, para un ordenamiento territorial que disminuya su impacto en el medio ambiente y recursos. Considerar el consumo de agua

por sector, permite definir las actividades con mayor impacto en la explotación de recursos, para implementar acciones que permitan consumir agua dulce de manera más eficiente, en beneficio de un consumo más responsable.

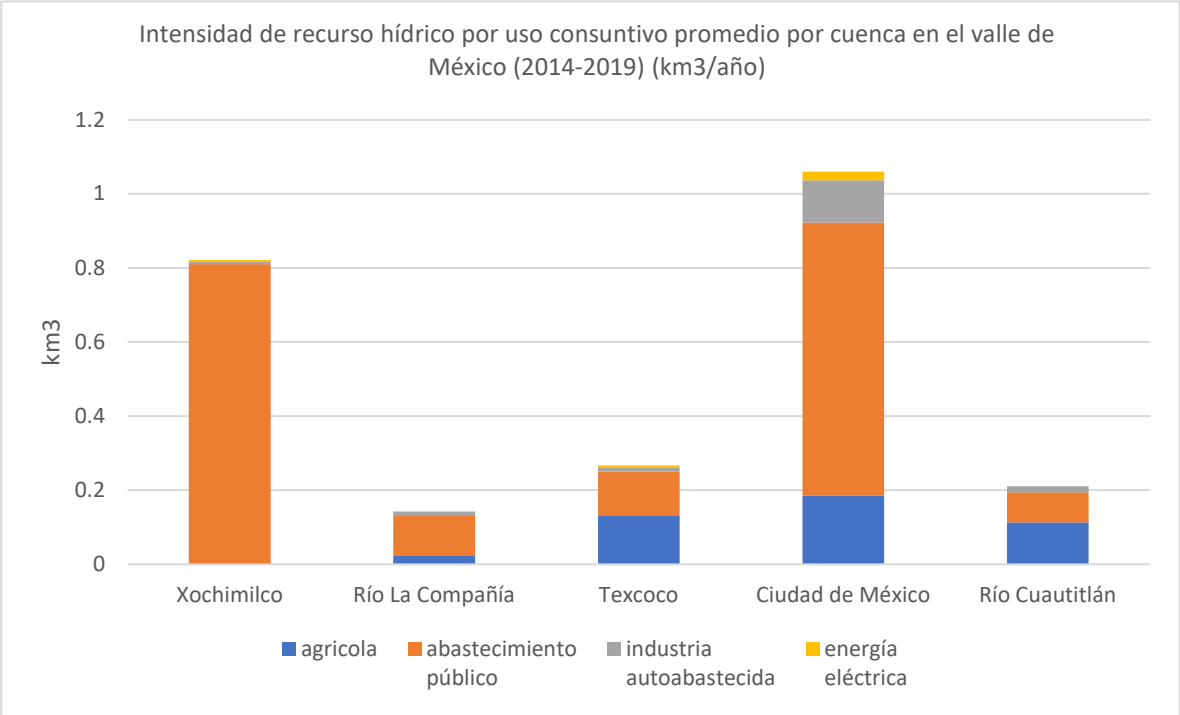
Innovación empresarial

En el desarrollo sectorial de la actividad económica, la innovación es un factor que influye en el desarrollo de una región determinada. Los actores de cada sector productivo representan un factor relevante en la puesta en marcha de mecanismos de innovación. Según Proaño (2020), para alcanzar un desarrollo económico en determinado sitio geográfico, se considera la capacidad empresarial de adaptarse a los constantes cambios de innovación. Esta capacidad de los actores económicos empresariales juega un rol importante en el mejoramiento de la calidad de vida de la población que habita determinado territorio. La captación de innovaciones tecnológicas permite generar mejores valores agregados a los productos y servicios, para aprovechar ventajas naturales y competitivas en los mercados nacionales y extranjero (Proaño, 2020). El sector empresarial es clave en la adopción de acciones que permitan hacer uso más eficiente de los recursos naturales e hídricos, para reducir el estrés hídrico de un territorio. Este puede entenderse como un indicador que permite adoptar innovaciones en la gestión y explotación eficiente del medio ambiente. Los modelos de ocupación en el ordenamiento territorial deberán implementar delimitaciones más congruentes con su contexto natural, que tengan en consideración el agua como elemento detonante de innovaciones en la distribución de actividades, según su necesidad de extracción de recursos, para la productividad y asegurar desarrollo a largo plazo.

Capital humano

Los sectores productivos son un aspecto relevante en el desarrollo de las comunidades y sus actores, como el empresarial, son factores importantes para el desarrollo local. Los intereses y sus metas, así como su forma de implementación, pueden influir en el nivel de impacto en un territorio. El desarrollo sostenible es un paradigma cuyo punto focal es el ser humano y su bienestar, lo que implica abordar las problemáticas de manera integral. “El mejoramiento del capital humano es la que define la sostenibilidad en el desarrollo de las sociedades.” (Proaño-Chacha et al., 2020), es de resaltar que el capital humano es pieza fundamental para lograr un desarrollo sostenible, sin este enfoque difícilmente podrá concebir un programa cuyos objetivos y metas sean efectivas. Por lo tanto, el desarrollo del capital humano en los sectores productivos de una región, siempre significará abonar al desarrollo sostenible. Un crecimiento económico que no contemple el bienestar del ser

humano, dentro de las actividades productivos en un territorio, será difícil de coincidir con el paradigma sostenible. La conformación integral del planteamiento de diversas problemáticas se debe observar desde lo social, económico y ambiental, estructurándose alrededor del ser humano y su bienestar, para lograr un desarrollo sostenible.



Gráfica 11. Intensidad de recurso hídrico por uso consuntivo por cuenca 2014-2019. Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

6.2. Intensidad de uso por actividad

Clasificación de los usos del agua

Para entender la relación que se genera entre la economía y el agua es de utilidad el análisis de la extracción de agua dulce por sector. Observar el fenómeno hídrico desde la delimitación de sectores económicos ayuda a entender el impacto de las actividades humanas sobre el territorio, para elaborar mejores programas de ordenamiento territorial. La norma en México clasifica y recolecta datos a través de 4 grupos principales, según sus usos consuntivos: agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas; no se consideran usos consuntivos el uso en hidroeléctricas, ni para la conservación ecológica (Comision Nacional del Agua, 2018). Según la Comisión Nacional del Agua (2018), en México, a través del Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), el 60% del agua para los distintos usos provenían de fuentes superficiales como ríos, arroyos lagos y presas; del total utilizado para sus distintos usos, más del 75% es destinado para el uso agrícola. Si lo comparamos con algunas regiones como la del Valle de México,

resalta la contrariedad de cifras respecto a la proporción otorgada al uso del agua por sus distintos grupos de actividades. La definición de unidades para el análisis de este indicador, el estrés hídrico, evidencia un sesgo en sus resultados en función de la escala que se esté analizando, un aspecto importante al momento de elaborar políticas públicas en el sector hídrico-territorial.

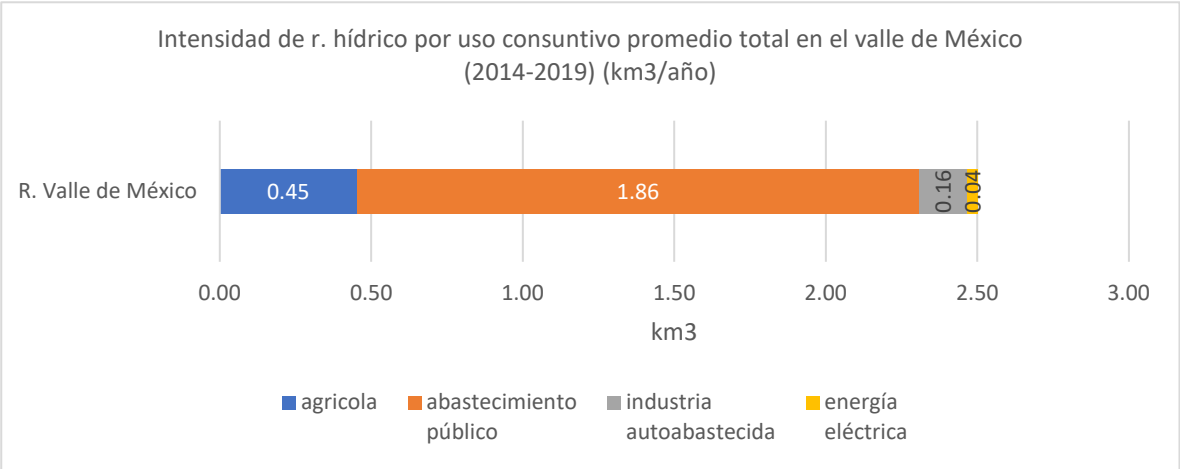
Distribución de los usos en el territorio nacional

El territorio nacional puede ser observado por la relación entre extracción y disponibilidad de agua. En México existen delimitaciones para la gestión y administración hídrica. Su subdivisión territorial más general son las regiones hidrológico-administrativas y según la Comisión Nacional del Agua (2018), las que registran mayor volumen concesionado de agua son las localizadas al norte. como son VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IV Balsas, III Pacífico Norte y VI Río Bravo. Las entidades federativas con mayor volumen de agua concesionada son Sonora y Sinaloa debido a las amplias extensiones de zona de riego para uso agrícola (ídem). La explotación del agua tiene una relación proporcional a las actividades económicas y en México la principal sería la producción agrícola. Sin embargo, al particularizar en unidades básicas, como la cuenca, se puede obtener distinta proporción de volumen respecto a su uso consuntivo. El uso agrícola y de abastecimiento público son dos de los principales usos agrupados que, destacaran en cualquier escala de análisis. Se puede especular que entre más extenso sea un territorio, mayor volumen de agua será requerido para la agricultura, al contrario, entre menor la unidad de gestión será más destacable el uso del agua para abasto público a través de redes de abasto.

Uso agrupado agrícola

En la actividad económica, la extracción del agua por tipo de uso auxilia a entender las dinámicas que existen entre el agua y su explotación. El uso del recurso hídrico varía dependiendo la actividad y el sector. En el caso mexicano, pero también a nivel internacional, la mayor proporción de extracción de agua se realiza para el uso agrícola. En México el volumen concesionado por usos consuntivo agrícola es del 75.7% y su fuente predominante es el agua superficial, utilizando el 63.4%, el porcentaje utilizado de agua subterránea para la agricultura es considerablemente menor (Comisión Nacional del Agua, 2018). Esta proporción de agua es utilizada para el cultivo en régimen de riego y de temporal, según la Comisión Nacional de Agua (2018), en más de 40 millones de hectáreas de suelo, cuya aportación al producto interno bruto (PIB), en cuanto a agricultura, ganadería, forestal, pesca y caza, varía entre el 3.5%. La amplia proporción para el uso consuntivo agrícola del agua, adquiere otro escenario cuando los territorios se delimitan de

manera regional y local. Por ejemplo, al analizar las cuencas delimitadas en el territorio del Valle de México, se destaca el uso de agua para el abastecimiento público, es decir, el agua que se recibe a través de la red pública en la estructura urbana de una ciudad. Se puede observar un sesgo por la escala del territorio analizado, por lo que el análisis se deberá realizar según la intención del estudio. Estos estudios deberán realizarse en su unidad más básica para obtener cifras más acertadas al contexto inmediato e implementar acciones más congruentes y sostenibles.



Gráfica 12. Intensidad de recurso hídrico por uso consuntivo promedio en la región 2014-2019. Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

Uso agrupado para el abastecimiento público

Otro de los usos de agua son los agrupados para el abastecimiento público, son un rubro que se destaca y que puede tener un impacto considerable en el volumen de extracción de agua, dependiendo la zona que se analice. Por abastecimiento público se debe entender toda el agua entregada por medio de las redes de agua potable, tanto a usuarios domésticos, industriales y servicios conectados a las redes, cuya fuente predominante es la subterránea, en poco más de la mitad (56.7%) del volumen de agua utilizado para este tipo de uso (Comision Nacional del Agua, 2018). Aunque a nivel nacional el uso predominante es el agrícola, la escala de análisis puede representar un sesgo en los resultados, al realizarse en una delimitación regional o local. Se puede adelantar que la extracción de agua dulce para el uso agrícola y para el abastecimiento público son los de mayor proporción. Cabe destacar que dependiendo de la escala de estudio la proporción de uso del agua cambiará, por ejemplo, en la región del Valle de México, el uso de agua para abastecimiento público es el mayor a diferencia del total del país. Se puede especular que entre menor sea el territorio abarcado en relación a una localidad, mayor será el impacto del abastecimiento público sobre el agua.

Uso agrupado para la industria autoabastecida

Los usos para la industria se distinguen del abastecimiento público debido a que se autoabastece, es decir, no extrae agua desde la red pública. A este tipo de uso del agua se le denomina uso agrupado para la industria autoabastecida. Según la Comisión Nacional de Agua (2018), la industria autoabastecida extrae recursos directamente de ríos, arroyos, lagos o acuíferos y los principales rubros que hacen mayor uso del agua son la industria química, azucarera, petróleo, celulosa y papel. La extracción del agua para este tipo de uso representa el menos de 5% del uso concesionado consuntivo total en México y su tipo de fuente proviene de las aguas superficiales, sin embargo, el volumen concesionado de origen subterráneo ha incrementado considerablemente en la última década (Comisión Nacional del Agua, 2018). El uso abastecido de la industria parece crear suspicacia respecto a las cifras reportadas, se especula que es mayor su impacto en las extracciones de agua, sin embargo, no hay datos que contradigan los oficiales. La industria abastecida a nivel nacional es una actividad económica que hace un uso menor del agua comparado con otras actividades, por ejemplo, el utilizado para la agricultura o para el abastecimiento público. Cabe destacar que gran parte del agua extraída para el abastecimiento público es utilizado para la industria, pero se abastece por medio de la red pública.

INTENSIDAD DE R. HÍDRICO POR USO CONSUNTIVO PROMEDIO POR CUENCA EN EL VALLE DE MÉXICO (2014-2019) (km³/año)				
Nombre de cuenca	agricola	abastecimiento público	industria autoabastecida	energía eléctrica
Xochimilco	0.000002	0.810481333	0.005554	0.005554
Río La Compañía	0.023941167	0.106620167	0.011991333	0
Texcoco	0.130370833	0.119882333	0.009843667	0.006938
Ciudad de México	0.1845525	0.737771667	0.113892167	0.023652
Río Cuautitlán	0.1134255	0.081138	0.0161075	0
Total	0.452292	1.8558935	0.157388667	0.036144

Tabla 6. Intensidad de extracción de agua por uso consuntivo promedio en la región 2014-2019.
Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

Uso agrupado para energía eléctrica

El último uso consuntivo en que se clasifica la extracción del agua es el utilizado para la generación de energía eléctrica. En este se contiene todo tipo de energía que requiere del uso del agua excluyendo la hidroelectricidad, es decir, embalses y presas utilizadas para la generación de energía mediante turbinas. La Secretaría de Energía informa que en 2017 las centrales de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), incluyendo productores

independientes para el servicio público, reportó una capacidad de 29,445 MW que representaba el 69.2% del total nacional (Comision Nacional del Agua, 2018). Sin embargo, se considera que en años posteriores la generación de energía bruta de estas centrales fue casi del 90% del total nacional con 227 TWh (ídem). Aunque la energía eléctrica se produce por diversas fuentes, cabe destacar que para el servicio público las centrales transformadoras producen el grueso de energía utilizada en México. A pesar de la gran capacidad de generación de energía, la extracción de agua para este uso consuntivo es mínimo en la región del Valle de México, el volumen extraído se encuentra como el más bajo del total de los 4 usos establecidos. Se puede establecer que la generación de energía eléctrica extrae poco recurso hídrico en proporción de la energía producida.

7. ■ Conclusión

7.1. Aumento de volumen de fuentes de recursos

Optimización de redes urbanas y domésticas

En el aumento del volumen de recursos, se engloban diversas acciones que pueden tener una participación en el aumento o reducción de la capacidad en el abasto de agua en general. La obsolescencia de los sistemas de abasto de agua y sus redes de distribución y desalajo se puede presentar como un factor según su eficiencia. Actualmente, la ingeniería responsable del diseño de redes hidrosanitarias demanda una eficiente gestión de los fluidos de abasto y drenaje según su clasificación para su tratamiento. Las redes de abastecimiento y drenaje en las estructuras urbanas existentes escapan a este requerimiento por obsoletas, en las que la separación de las aguas residuales, sólo consideran ramales de índole general, en el que mezclan todo tipo de aguas residuales, negras, pluviales, grises, etc. Una renovación del sistema de drenaje y abasto de agua podría aumentar la disponibilidad de recurso, por el reaprovechamiento de agua tratada en sectores que demanden el uso del agua, para diversas actividades que requerirán o no de que sea potable. Aunque resulte ambicioso la renovación del sistema, de los reglamentos específicos para el diseño y construcción de redes de abasto, drenaje de escala y tipología diversa, estas acciones impactarán favorablemente en la reducción de la presión sobre el recurso hídrico aumentando el volumen de agua disponible para uso consuntivo.

Tratamiento de aguas residuales

En las políticas que deben implementarse, para la reducción de los niveles de estrés hídrico, se encuentran de diversos enfoques. El tratamiento de aguas residuales es una de las principales acciones que pueden reducir ambas variables que influyen en la presión sobre dicho recurso, tanto en la reducción en los volúmenes de agua extraída para uso de consumo o consuntivo, como para el aumento en los de la disponibilidad de agua. El reúso de aguas residuales en toda sus gamas o tipos puede aliviar la necesidad de utilizar directamente de las fuentes de agua dulce natural, superficial o subterránea. El uso del agua tratada en algunos sectores que, como el industrial y el agrícola; dependiendo de la calidad del tratamiento; pueden influir en la disminución del estrés hídrico de una región. En el caso particular de la región del Valle de México, aunque ambos usos consuntivos no rebasan el volumen clasificado como consumos de abastecimiento público, es decir, de los

sectores que se abastecen directamente por la infraestructura hidrosanitaria. Podemos especular que gran parte de la industria se abastece por medio de la red pública, no de manera autoabastecida. Cabe desatacar que la porción que representa el uso habitacional debe ser considerable, sobre todo en estructuras urbanas densamente pobladas como lo es la Ciudad de México y su área metropolitana.

Aprovechamiento de fuentes superficiales

Las fuentes superficiales de agua dulce forman parte importante en la disponibilidad de una región, algunas cuencas o regiones pueden variar según la proporción de tipo de fuente predominante. En el caso del Valle de México, la disponibilidad de agua dulce, por tipo de fuente, puede resultar, por la dependencia de otras regiones, en el abasto de agua y puede comprometer el análisis de determinados datos. Por ejemplo, en el caso de estudio, la mayoría de los municipios dependen de fuentes de tipo subterráneo, aunque existe el abasto por fuentes superficiales, resultan menores y es posible que provengan de otras regiones. Las fuentes de agua superficial en el Valle de México provienen de sus afluentes que nutrían los antiguos cuerpos de agua que conformaban el sistema de lagos de la región, sin embargo, por la adopción de políticas históricas para la desecación de estos, los afluentes de las vertientes de las subcuencas del Valle de México han caído en el abandono, y representan más un problema, que una fuente de agua que se desee aprovechar para el abasto de agua dulce en la región. Transformar las políticas hídricas y sanitarias, hacia un desarrollo sostenible, implicaría retomar la importancia de los afluentes olvidados, como parte importante en la regeneración del ecosistema local y el aprovechamiento de una fuente de agua, cuyo volumen es completamente desperdiciado y vertido al drenaje sanitario de la megalópolis.

Preservación del equilibrio ecológico

Las estrategias a programar para el ordenamiento territorial deberán contemplar acciones que preserven el equilibrio ecológico del territorio que las contiene, por lo que gran parte de los esfuerzos deberán enfocarse en la esfera ambiental del desarrollo territorial sostenible. En el Valle de México algunas de las acciones a implementar en esta materia, deberán dar garantías para preservar y extender las áreas de conservación, áreas verdes, etc. Esto significará inevitablemente prestar especial atención en las zonas altas de las cuencas que integran la región, por las fluye pequeños ríos y cuya área verde, de competencia federal, se encuentra vulnerable a ser invadida por la extensión del suelo urbano. Si bien el restaurar el sistema ecológico del Valle de México, es un objetivo casi utópico, debido a la casi irreversible situación en la que se encuentran los cuerpos de agua, el ciclo hidrológico

funciona con cierta regularidad según los reportes climatológicos (Comisión Nacional del Agua, 2019) de los últimos 30 años en la estación central de Tacubaya. Habrá que considerar al cambio climático como un proceso de deterioro ambiental, atmosférico e hídrico, que advierte una modificación en los patrones del ciclo hídrico que regenera los recursos naturales y que son fundamentales para la realización de cualquier actividad humana, directa o indirectamente.

7.2. Distribución de actividades económicas

Extracción e impacto urbano

Se ha establecido que el mayor volumen de extracción de agua dulce, para uso consuntivo, le corresponde al uso agrícola a nivel nacional y en general a nivel mundial. A pesar de que este uso es el que mayor impacto, entre mayor superficie territorial abarca, el análisis de la presión sobre el recurso hídrico varía según la escala del sistema que se estudie. Siendo la cuenca hidrográfica la unidad territorial ideal para la elaboración de estos tipos de estudio, los sistemas urbanos en el territorio son un factor importante en las variaciones en los volúmenes por uso de la en las actividades humanas. En el Valle de México, las cuencas que se delimitaron para su integración como región, destaca el uso para abastecimiento público sobre cualquier otro. Aunque la clasificación se puede considerar como ambigua, esta deja ver el impacto de las estructuras urbanas en el territorio. Por abastecimiento público debemos entender el suministro que se hace por medio de las redes de infraestructura, independientemente del uso que se haga dentro de los suelos de tipo urbano. Aunque se puede concluir que los usos agrícolas representan un porcentaje importante en las extracciones de agua para su explotación, los asentamientos humanos y su consolidación territorial representan un impacto destacable en el estrés hídrico de una región, entre mayor sea la extensión e influencia por su presencia, las ciudades y/o estructuras urbanas serán el principal factor en la presión sobre el recurso por su volumen de extracción.

Consumo eficiente

La distribución de actividades económicas, congruente con los niveles de estrés hídrico de una región, puede significar la necesidad de un consumo más eficiente del recurso hídrico. La disponibilidad de agua en una región puede ser un factor en la toma de decisiones al momento de elaborar programas de ordenamiento territorial. Si bien, algunos territorios se encuentran determinados por estructuras urbanas históricas, considerar el distribuir las densidades y las actividades como estrategia de zonificación, para disminuir los niveles de

estrés puede contribuir a revertir la escasez de agua. El consumo eficiente del agua es consecuencia de la innovación tecnológica de la infraestructura con la que se abastece de agua que fomente la separación de aguas residuales. En el caso de estudio, el Valle de México, por la gran proporción que abarca de suelo urbano, la renovación de la infraestructura hidrosanitaria es una acción prioritaria, para lograr una mayor eficiencia del recurso. Esto también implicaría el mejoramiento en la conservación de los afluentes de las vertientes en la región, que se encuentran altamente contaminados, por su aprovechamiento como redes de drenaje sanitario. En general, se requiere hacer más eficiente el sistema hidráulico y sanitario, en relación a las fuentes naturales locales de la región para lograr un desarrollo más sostenible.

Límites de crecimiento y agua

Las actividades económicas en su gran mayoría vienen acompañadas de asentamientos cuyas estructuras territoriales impactan en el medio natural. Este fenómeno humano se asocia a patrones de crecimiento en diversos cortes históricos en el tiempo y su desarrollo productivo. Las grandes estructuras urbanas y rurales de un territorio y su crecimiento económico han impactado desfavorablemente en los ecosistemas en los que se asienta. En el caso de la Ciudad de México, su acelerado crecimiento y su amplia extensión física en las últimas décadas, han influido en el aumento en la presión sobre el recurso hídrico local. Como lo muestra las cifras sobre la intensidad de extracciones de agua por uso consumible, en el caso del Valle de México, el utilizado para el abastecimiento público es el de mayor proporción. Esta condición muestra el impacto que tiene la estructura urbana de la Ciudad de México sobre el medio ambiente y los recursos hídricos es más que evidente. Podemos concluir que en contextos o regiones locales el impacto del suelo urbano en el estrés hídrico es una de las principales causas, comparado con el suelo rural o para usos agrícolas que se designa como la principal causa de la presión sobre el recurso hídrico a nivel nacional y mundial. La escala o extensión de la regionalización de un territorio puede influir en la observación de las principales causas del estrés hídrico, sesgando las estrategias políticas y acciones a implantar en un programa de desarrollo.

Ordenamiento sectorial integral

El ordenamiento territorial se integra por diversos intereses sectoriales en los que se puede clasificar la actividad humana en general. Estos sectores productivos son la principal causa en la variación de los volúmenes de extracción que provocan la presión sobre el recurso hídrico. La distribución de las actividades productivas considerando la disponibilidad total de agua en la región o cuenca, puede significar una estrategia de ordenamiento congruente

con el ciclo natural para un mejor aprovechamiento y uso del agua. En el valle de la Ciudad de México, siendo el abastecimiento público el uso principal de agua, el particularizar en subgrupos que hacen uso de la red pública, para el abasto agua, será una prioridad optar por acciones para reducir el estrés hídrico en las cuencas de la región. Este ejercicio puede comprenderse como un simple proceso de zonificación cuyo marco ecológico fomentará la mejor toma de decisiones en el ordenamiento urbano y territorial en general. La zonificación como herramienta de ordenamiento territorial a escala urbana y regional puede implementarse aún como un mecanismo que ordene la ocupación del suelo y reduzca los niveles de estrés hídrico que presenta el Valle de México de manera más inmediata.

7.3. Agua y cuencas: desarrollo territorial sostenible

Congruencia ecosistémica espacial

Los programas de ordenamiento territorial representan herramientas para gestionar acciones o proyectos que impulsen el desarrollo por sectores en un territorio, cualquiera sea el uso o carácter; urbano o rural. Estos programas y planes pretenden ser catalizadores hacia un desarrollo que beneficie los intereses de los sectores participantes, pero suelen presentar sesgos debido a que responden a intereses de diversa índole. En las metodologías recientes para la elaboración de dichos programas, el modelo de ocupación y por lo tanto las unidades de gestión, adaptan a su metodología criterios de paisaje. Estos criterios representan un avance hacia un ordenamiento y explotación del territorio más sostenible, las cuencas hidrográficas son las que conforman, en su mayoría, una delimitación paisajística. Esta delimitación espacial es un campo de oportunidad, no sólo para la gestión hídrica con fines administrativos, sino como una unidad básica para gestionar de manera integral el territorio, articulado por el uso y explotación del agua, recurso vital para subsistencia de los diversos ecosistemas. El adoptar la cuenca hidrográfica como base de los modelos de ocupación territorial, representa una voluntad por adoptar una congruencia ecosistémica espacial en el ordenamiento territorial, hacia un desarrollo sostenible que garantice el uso eficiente del agua en relación a los usos del suelo.

Modelo de ocupación hídrico-territorial

El desarrollo territorial depende de modelos de ocupación que definen unidades de gestión. Los criterios para establecer estas unidades pueden ser variados y existen diversas metodologías que definen los procesos para su delimitación. Los modelos de ocupación es la política general que se establecerá en un territorio determinado y se define por la convergencia de intereses sectoriales. En un modelo de ocupación sostenible, se puede

especular, dichos intereses están subordinados al manejo eficiente de los recursos naturales sin comprometer su abasto a largo plazo, es decir, sin sobreexplotar el medio natural sobre el que se sustentan todas las actividades humanas. El agua es quizá el recurso que garantiza el funcionamiento y regeneración del medio ambiente y su ecosistema. Para lograr un ordenamiento territorial sostenible, los modelos y sus unidades de gestión deberán considerar al recurso hídrico, como el elemento articulador que puede proporcionar un marco de sostenibilidad. Sobre este marco o sistema se podrán programar acciones en distintas esferas que componen al desarrollo sostenible. Las cuencas hidrográficas por sus parteaguas delimitan un sistema ecológico definido por la circulación de afluentes de agua, superficial y subterráneos, esta delimitación por su propio carácter hídrico pueden adoptarse como unidades de gestión territoriales que son esencialmente sostenibles.

Unidad territorial sostenible (UTS)

La importancia del aspecto hídrico en el desarrollo sostenible y la determinación de unidades de gestión territorial sostenibles es elemental para la creación de modelos de ocupación que generen un menor impacto en el ecosistema del que formara parte. Concebir una unidad territorial sostenible significa adoptar el agua como medio articulador de las esferas ambientales, sociales y económicas que se presentan en un determinado territorio. De tal manera que, la delimitación que ofrece la cuenca hidrográfica podrá aprovecharse como un modelo de ocupación predeterminado. Será recomendable que los programas de ordenamiento territorial, adoptaran esta predeterminación, como unidad de gestión al que se subordine los diversos intereses de los sectores productivos, considerando las limitantes o determinación establecidas, por un contexto globalizado de redes de nodos del que depende, principalmente, la esfera económica del desarrollo. El desarrollo local es un requerimiento establecido por el paradigma de sostenibilidad que destaca como guía a nivel internacional, por lo que la cuenca como unidad de gestión es casi mandatorio para la elaboración de programas de ordenamiento, como principio de un modelo de políticas que estructuren las acciones, de este importante sector en el desarrollo, para garantizar el bienestar del progreso humano.

Crisis hídrica y ordenamiento territorial

La prospectiva sobre la situación hídrica a nivel mundial anticipa una grave crisis que modificará los procesos para la gestión del territorio. Los programas de ordenamiento deberán contar con objetivos y metas cada vez más congruentes con dicha situación. Los modelos de ocupación a adoptar en los programas de ordenamiento, deberán considerar

los aspectos hídricos como base en la estructuración de políticas, que fomenten la conservación y uso eficiente del agua. La forma en la que se ocupa un territorio influye en el balance hídrico de una región determinada, por lo que las acciones adoptadas tienen un impacto directo en los volúmenes de extracción de agua. Si la planificación territorial se adopta como una herramienta en la resolución de diversas problemáticas del sector, la forma de consumo de agua dulce, debería ser la principal problemática a resolver. En el Valle de México su elevado estrés hídrico no ha afectado de manera aparente el funcionamiento de sus elementos urbanos, sin embargo, deberá estimar una mejoría para prevenir algunas problemáticas que podrían afectar a largo plazo la habitabilidad de la región. Anticipar dichos escenarios, obliga a los instrumentos de planificación y programación territorial, a integrar el aspecto hídrico en la esencia de sus partes. El hecho de limitar un territorio o concebir acciones tendrán un marco de sostenibilidad, en cuyo centro se encuentra el agua como elemento integrador de los territorios y su ecosistema.

8

■ Referencias bibliográficas

- Alves Sobrinho, T., Oliveira, P. T. S., Rodrigues, D. B. B., & Ayres, F. M. (2010). Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. *Engenharia Agrícola*, 30(1), 46–57. <https://doi.org/10.1590/s0100-69162010000100005>
- Ávila-Gómez, R. M. (2015). *EL LAGO DE TEXCOCO: HISTORIA DE UNA PÉRDIDA, DE LA ÉPOCA PREHISPÁNICA AL SIGLO XX*. <http://132.248.9.195/ptd2015/julio/0735928/Index.html>
- Callen, T. (2008). ¿Qué es el producto interno bruto? *Finanzas & Desarrollo*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34876623/basics.pdf?1411679263=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DVUELTA_A_LO_ESENCIAL_Finanzas_y_Development.pdf&Expires=1624825960&Signature=E78r7-IPj91uSRQygR5VbrqLy8NhzaYLYEhtiBXS7jsMjMUHS9IfHyt1cDGyc
- Comision Nacional del Agua. (2018). *Usos del Agua | Comisión Nacional del Agua | Gobierno | gob.mx*. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/usos-del-agua>
- Comisión Nacional del Agua. (2019). *Normales climatológicas por estado*. Coordinación General Del Servicio Metereológico Nacional. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>
- CONAGUA. (2021). *Sistema Nacional de Información del Agua*. GeoSINA. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>
- FAO. (2018). *Progresos en el nivel de estrés hídrico*.
- FAO, O. de las N. U. para la A. y A. (2019). *GEMI – Monitoreo Integrado del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 Metodología de monitoreo paso a paso para el Indicador 6.4.2*. <http://www.fao.org/3/ca8483es/ca8483es.pdf>
- Franch-Pardo, I., & Cancero-Pomar, L. (2016). El componente visual en la cartografía del paisaje. Aptitud paisajística para la protección en la cuenca del río Chiquito (Morelia, Michoacán). *Investigaciones Geográficas*. <https://doi.org/10.14350/rig.54730>
- González-Estrada, A. (2014). Estimación no-paramétrica del producto interno bruto de los municipios de México* Non-parametric estimation of gross domestic product in the municipalities of Mexico. In *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (Vol. 5).
- González-Estrada, A., & Gallegos-Cedillo, G. (2014). El producto interno bruto de los municipios de México: II. Estados M-Z*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(8), 1405–1421.
- González, A. (2016). *La región hidropolitana de la Ciudad de México. Conflicto gubernamental y social por los trasvases Lerma y Cutzamala*. <http://mexicanadesociologia.unam.mx/index.php/v81n1/63-v81n1/316-v81n1-a10>
- Granados Sánchez, D. (2005). *La cuenca hidrológica : unidad ecológica de manejo* (U. A.

- Chapingo (ed.)).
- H, C. de la unión. (2020a). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de La Federación*, 1–345.
- H, C. de la unión. (2020b). Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. *Diario Oficial de La Federación*, 1–52.
- INEC. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)*, 105. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- ONU. (2017). La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. “PATRIMONIO”: *ECONOMÍA CULTURAL Y EDUCACIÓN PARA LA PAZ (MEC-EDUPAZ)*, 1(11). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopto-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Agua y saneamiento - Desarrollo Sostenible*. Organización de Las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Proaño-Chacha, S.-A., Quiñonez-Alvarado, E.-S., Molina-Villacís, C.-J., & Mejía-Flores, O.-G. (2020). Desarrollo económico local en Ecuador: Relación entre producto interno bruto y sectores económicos. *Revista de Ciencias Sociales, ISSN-e 1315-9518, Vol. 26, N° 3, 2020, Págs. 175-193, 26(3), 175–193*. <https://orcid.org/0000-0002->
- SEDATU. (n.d.). *Guía metodológica para la elaboración de programas de ordenamiento territorial*. 1–74. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300383/Gui_a_Metodolo_gica_OT.pdf
- Sobrino, J. et al. (2015). *Sustainable cities: a conceptual and operational proposal*.
- Stangl, W. (2019). *Data: Lago Texcoco, 18th century - HGIS de las Indias*. <https://doi.org/https://doi.org/10.7910/DVN/DOT5EY>
- Tortolero, A. (1999). EL EMBRUJO DEL LAGO. EL SISTEMA LACUSTRE DE LA CUENCA DE MÉXICO EN LA COSMOVISIÓN MEXICA, GABRIEL ESPINOSA PINEDA. MÉXICO, UNAM. 1996. *Signos Históricos, I(1), 212–215*.
- Zacatecas, G. de. (2014). *Programa regional de ordenamiento territorial de zacatecas (centro) que abarca los municipios de Calera, Fresnillo, Genaro Codina, General Enrique Estrada, Guadalupe, Morelos, Pánuco, Trancoso, Vetagrande y Zacatecas del Estado de Zacatecas*.

9 ■ Índices

9.1. Ilustraciones

Ilustración 1. Sistema hidrológico de la cuenca de México en el pleistoceno final-holoceno.	53
Ilustración 2. Cuencas del Valle de México	55
Ilustración 3. Localidades amanzanadas o urbanas en el Valle de México, 2020	61
Ilustración 4. Distribución poblacional por municipio en el Valle de México, 2021.....	63
Ilustración 5. Recursos hídricos renovables totales (TRWR) por cuenca en el Valle de México, 2020	66
Ilustración 6. Retiro total de agua dulce (TFWW) por cuenca en el Valle de México, 2019	70
Ilustración 7. Estrés hídrico (WS) por cuenca en el Valle de México, 2019.....	73

9.2. Gráficas

Gráfica 1. Recursos hídricos disponibles por cuenca en el Valle de México 2014 – 2020.....	67
Gráfica 2. Recursos hídricos totales disponibles en la región del Valle de México 2014 – 2020.	68
Gráfica 3. Extracción de recursos hídricos por cuenca en el Valle de México 2014 – 2019.	71
Gráfica 4. Total de extracción de recursos hídricos en la región del Valle de México 2014 – 2019.....	72
Gráfica 5. Estrés hídrico en las cuencas del Valle de México 2020.	74
Gráfica 6. Estrés hídrico en las cuencas del Valle de México 2014 – 2020.....	76
Gráfica 7. Estrés hídrico total en la región del Valle de México 2014 – 2020.	77
Gráfica 8. Distribución por billones de pesos del PIB por cuenca en el Valle de México, 2010.	80
Gráfica 9. Distribución porcentual del PIB por cuenca en el Valle de México, 2010.....	81
Gráfica 10. Intensidad de recurso hídrico por uso consuntivo por cuenca 2014-2019.....	85
Gráfica 11. Intensidad de recurso hídrico por uso consuntivo promedio en la región 2014-2019.....	87

9.3. Tablas

Tabla 2. Recursos hídricos disponibles por cuenca en el Valle de México 2014 – 2020	69
Tabla 3. Extracción de recursos hídricos por cuenca en el Valle de México 2014 – 2019.....	73
Tabla 4. Estrés hídrico en las cuencas del Valle de México 2014 – 2020	78
Tabla 5. Distribución por billones de pesos del PIB por cuenca en el Valle de México, 2010.....	82
Tabla 6. Intensidad de extracción de agua por uso consuntivo promedio en la región 2014-2019.....	88

9.4. Cuadros

Cuadro 1. Planteamiento de problemática.	4
Cuadro 2. Formulación de hipótesis.....	5
Cuadro 3. Resumen de los objetivos generales y particulares de la investigación.	6
Cuadro 4. Modelo para calcular el estrés hídrico.....	43
Cuadro 5. Tipo de metodologías para determinar la necesidad de caudal ambiental.....	47

