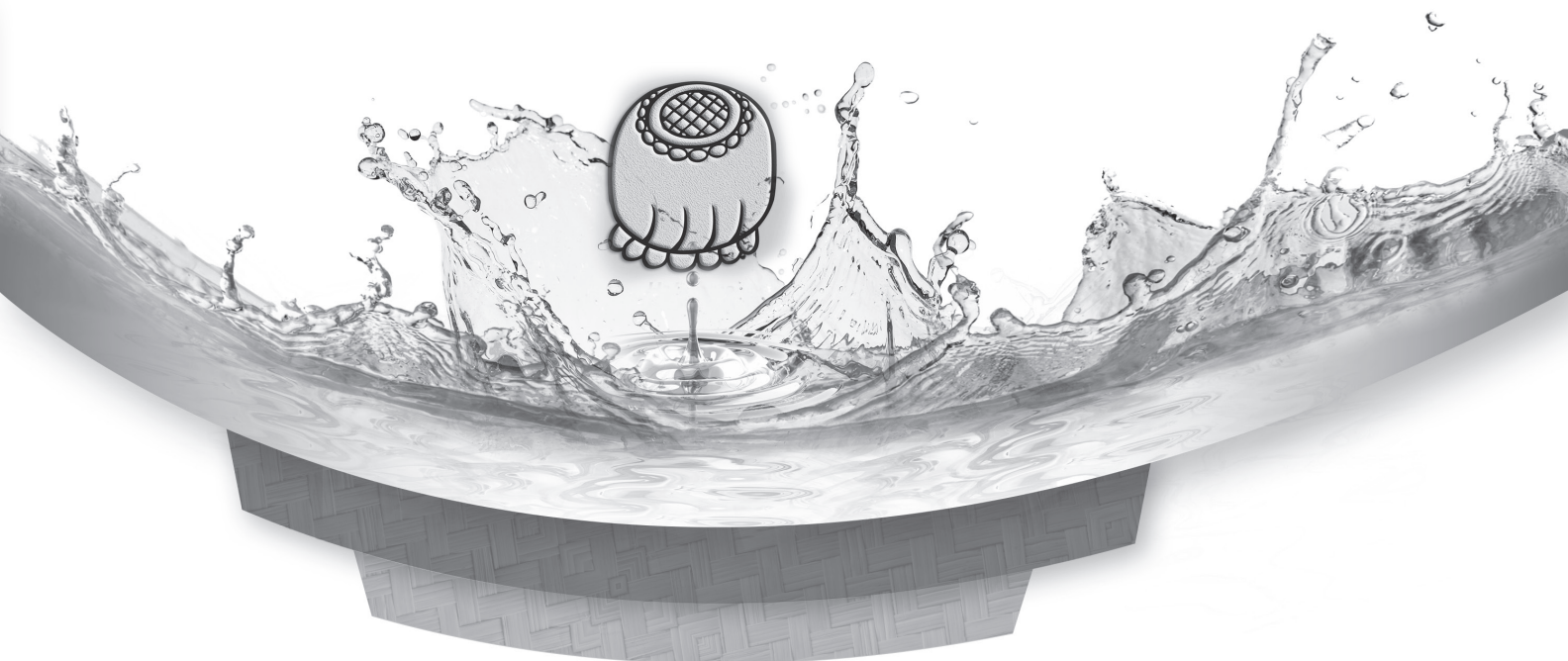

**GESTIÓN AMBIENTAL EN ESPAÑA, GUATEMALA
Y MÉXICO DESDE LA PERSPECTIVA
DE MUJERES INVESTIGADORAS**



GESTIÓN AMBIENTAL EN ESPAÑA, GUATEMALA Y MÉXICO
DESDE LA PERSPECTIVA DE MUJERES INVESTIGADORAS

Rita Victoria de León Ardón

Silvia Vicente Oliva

ISBN: 978-9929-636-72-9

AUTORAS:

Adriana Sandoval Moreno
Jacqueline Imelda Morales Samayoa
Francisca Irene Soler Anguiano
Jessica López Moncada
Adrielly Nahomee Ramos Álvarez
Aida Huerta Barrientos
Karla Lizardi Solis

Diseño y diagramación

CHOLSAMAJ

Diseño de portada

Lucila Roquel

Diseño de interiores

Joel Mejía

Ilustración de Portada

Luisa González-Reiche
Artista y Académica

De conformidad con la ley de derechos de autor y derechos conexos, es prohibida la reproducción, transmisión, grabación, filmación parcial o total del contenido de esta publicación mediante la aplicación de cualquier sistema de reproducción, incluyendo el fotocopiado. La violación a esta ley por parte de cualquier persona física o jurídica será sancionada penalmente.

Xtz'aj Chi Iximulew / Impreso en Guatemala

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	5
PROSPECTIVA AMBIENTAL	6
1. Introducción	6
2. Conceptualización de prospectiva ambiental	8
3. Nuestro medioambiente	10
4. Estado de la cuestión en la Unión Europea y España	15
5. Las tecnologías del futuro	20
6. Conclusiones	22
7. Referencias	23
GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA EN MÉXICO	26
1. Introducción: sociedad y agua	26
2. De qué estamos hablando con “gestión comunitaria del agua”	28
3. Casos de estudio sobre la gestión comunitaria del agua	31
4. Aprendizajes y retos de la gestión comunitaria del agua	41
5. Conclusiones	44
6. Referencias	45
EL AGUA, CON VISIÓN DE RESGUARDO, UN TESORO GUATEMALTECO	46
1. Introducción	46
2. Características clave	47
3. Revisión de literatura sobre la gestión del recurso hídrico en Guatemala	51
4. Reflexión	56
5. Referencias	57

CONTENIDO

FUNDAMENTOS DE LA PLANEACIÓN ADAPTATIVA DEL AGUA	59
1. Introducción.	59
2. Planeación adaptativa del agua	61
3. Consideraciones adicionales para tomar en cuenta en los análisis de los sistemas hídricos en el caso de Guatemala y México	64
4. Referencias	68
AGUA Y RESPONSABILIDAD SOCIAL	71
1. Introducción	71
2. Algunos datos contextuales	74
3. La compleja tarea de la administración del agua en México	77
4. La responsabilidad social individual y empresarial frente al manejo de desechos y protección de los recursos hídricos	81
5. Reglamentación de las empresas	86
6. Algunos enfoques desde los que puede aportar a la problemática	87
7. Conclusiones	89
8. Referencias	91
EMISIONES DE PM2.5 EN LA CIUDAD DE MÉXICO Y SUS IMPACTOS NEGATIVOS EN LA SALUD DE LOS HABITANTES, LOS ECOSISTEMAS Y LA APICULTURA	93
Resumen	93
1. Introducción	94
2. Emisiones de PM2.5 en la Ciudad de México	96
3. Estado actual del estudio de las emisiones de partículas y su impacto negativo a los ecosistemas	109
4. Política pública en materia de emisiones de contaminantes del aire	114
5. Recomendaciones a la política pública de emisiones de contaminantes de la CDMX	116
6. Conclusiones	116
7. Agradecimientos	117
8. Referencias	117

INTRODUCCIÓN GENERAL

Hablar del ambiente es un tema común en la actualidad, en el que distintos enfoques son discutidos y cuyo análisis abarca una variedad de aspectos.

En este trabajo se hace una recopilación de distintos trabajos elaborados en España, México y Guatemala por investigadoras. Se generó esta idea de incluir sólo mujeres debido a que en el contexto Latinoamericano y Español sus aportaciones son menos visibles que sus pares masculinos, es en este punto, que surge la idea de una investigación sobre ambiente realizada exclusivamente por mujeres.

El libro empieza con la prospectiva ambiental, haciendo una revisión profunda acerca de dicho concepto, la situación actual de los recursos medioambientales, la tecnología futura, así como un análisis de la situación española. Una aportación valiosa de este apartado es el análisis del rol desempeñado por la Unión Europea en la construcción de políticas públicas para la preservación del medio ambiente.

En el segundo capítulo se presenta una reflexión sobre qué se entiende por “gestión comunitaria del agua”, analizando las preguntas: ¿qué papel están jugando las poblaciones locales con respecto al agua?, ¿cómo gestionan el agua las comunidades? y ¿qué enseñanzas se pueden aprehender para alcanzar una gestión del agua que conduzca a estados de sustentabilidad desde lo local? Plantea la hipótesis acerca de que la gestión comunitaria del agua es resultado de las condiciones históricas de las comunidades rurales y urbanas en su relación con el agua.

Un examen reflexivo sobre la gestión del agua en Guatemala es desarrollado en el tercer capítulo, reiterando la problemática existente derivada en parte por la carencia de un marco normativo regulatorio en dicho país para el recurso hídrico. También se hace una breve revisión de literatura, así como una descripción general de la situación de los recursos hídricos en dicho país, finalmente se concluye sobre la problemática existente y las acciones que necesitan ser implementadas para su conservación.

El cuarto capítulo indaga sobre la planeación adaptativa del agua considerando un marco de epistemología ambiental para el particular caso Latinoamericano, empieza revisando el concepto de planeación adaptativa del agua y definiendo una serie de consideraciones adicionales para tomar en cuenta en los análisis de los sistemas hídricos en el caso de Guatemala y México.

La situación actual del agua en México, se muestra en el capítulo cinco haciendo un análisis de cómo funciona la legislación mexicana sobre los recursos hídricos y se exhibe un panorama general de responsabilidad social, tanto individual como empresarial frente al manejo de desechos y protección de los recursos hídricos

Finalmente, en el último capítulo, se parte del contexto mexicano para entender los mecanismos que favorecen las emisiones de $PM_{2.5}$ y presentar los impactos negativos de éstas en la salud humana, los ecosistemas y la apicultura que termina con una serie de recomendaciones para la gestión ambiental pública en la Ciudad de México.

PROSPECTIVA AMBIENTAL

Silvia Vicente Oliva

Centro Universitario de la Defensa- Zaragoza (España)

Correo electrónico: *silviav@unizar.es*

Cuando un hombre planta árboles bajo los cuales sabe muy bien que nunca se sentará, ha empezado a descubrir el significado de la vida.

Elton Trueblood (1900-1994)

El futuro está aquí, solo que todavía mal repartido.

William Gibson (1948-)

1. INTRODUCCIÓN

Una actividad que realizamos muchos humanos es rememorar el pasado y evocar al futuro. Instalarnos en el momento presente es un ejercicio que requiere entrenamiento y, por ello, esfuerzo para quienes ansían que llegue el futuro, se deprimen o deleitan por rememorar el pasado. Es evidente que hay que vivir el presente pero sin olvidar la misión que cada individuo nos hemos forjado para esta vida que, por sencilla que sea, está aportando su valor al resto. Por ello, el comportamiento personal es tan importante cuando se habla del ambiente en qué vivimos.

No obstante, el medioambiente que hemos heredado no solo está sometido a nuestras acciones, sino que también se encuentra determinado por la historia de quienes vivieron antes en ese lugar, por su desarrollo social y económico, por la política, por los desastres naturales, por su situación en los equilibrios de poder mundial... y así se podría hablar de una multitud de factores que inciden en nuestro medio y en nuestro ambiente. Ello se debe a que la humanidad ha evolucionado pero, históricamente, su desarrollo no ha estado sujeto a restricciones naturales (Arnold, 2000). Por ello, hasta décadas recientes, no se ha considerado el impacto que la humanidad y su desarrollo producía en el medioambiente.

La historia medioambiental se considera una materia interdisciplinar porque existen numerosas aproximaciones científicas y metodologías (Morales Jasso y Bonada Chavarría, 2016). Por lo tanto, la prospectiva ambiental puede ser estudiada desde las arenas de las ciencias naturales, sociales y tecnológicas. Se reconoce que los recursos naturales mundiales deben tratarse con especial cuidado, especialmente todas las materias primas, recursos energéticos, agua y alimentos (Zúñiga y Guarín Echeverry, 2017). Aunque somos conscientes de que en muchas áreas de nuestro planeta escasean y se agotan los recursos, la buena voluntad de las personas no es suficiente para encarar el futuro.

¿Qué existirá en el futuro? Algunos trabajos científicos apuntan a las tendencias que determinarán éste y que aglutinan las principales preocupaciones hoy. Así, Smith (2011) esboza un mundo en 2050 donde las fuerzas que determinan el futuro de nuestra civilización -como la conocemos hasta ahora- se concentran en el crecimiento de la población, el aumento de las demandas humanas sobre los recursos naturales, la globalización y su impacto y, finalmente, el cambio climático.

En este capítulo se tratará la prospectiva ambiental como una visión enfocada al desarrollo humano, aunque las aproximaciones pueden estar diseñadas para una región, un país, un continente, etc. Siendo así una aproximación generalista, no pueden determinarse acciones inmediatas de gobiernos (ni de otras superestructuras), por lo que apela a la responsabilidad personal y organizacional. Y ello, va mucho más allá de la concienciación por el deterioro de nuestros ecosistemas. Parte de nuestra responsabilidad como individuos y debería trasladarse a todos los ámbitos en los que nos integramos: organizaciones, regiones, estados...

La estructura en que se ha dividido este capítulo permite realizar, en primer lugar, una conceptualización sobre cada término que utilizamos. Seguidamente, se tratará la situación del medioambiente actual y las medidas propuestas desde las Naciones Unidas, así como un ejemplo concreto: *The Millennium Project*. El estado de la cuestión en España es materia del siguiente epígrafe, aun cuando hay que comentar primeramente la situación en la Unión Europea puesto que, con sus directivas, pueden transponerse legislativamente muchas acciones para los países miembros. El quinto epígrafe realiza un esbozo de las tecnologías del futuro y su utilización para el medioambiente. Para terminar, las conclusiones cierran este capítulo poniendo de manifiesto los retos globales, locales e individuales para la prospectiva ambiental.

2. CONCEPTUALIZACIÓN DE PROSPECTIVA AMBIENTAL

Cuando se habla de prospectiva, en el plano investigador puede entenderse como la habilidad de mantener una visión de alta calidad, coherente y funcional, usando información y perspectivas de futuro de un modo útil (Slaughter, 1998, p. 382). Así cada persona y cada organización como empresas, gobiernos e instituciones, tiene esta habilidad pero el modo en que se desarrolla dependerá del uso que le confiera.

Si se trata de hablar del medioambiente existen algunos conceptos que deben revisarse previamente. Uno de ellos es la sostenibilidad, que puede considerarse al conjunto de iniciativas económicas, ambientales y sociales que asegure el futuro de cualquier organización (Schoenherr, 2012). Desde este punto de vista, cuando se habla de sostenibilidad global, la humanidad debería considerar todo este conjunto de iniciativas. Pero las decisiones de las personas y las organizaciones han estado históricamente están relacionadas con la escasez de los recursos actuales y no con su visión de futuro. Sigue siendo de muy reconocida aplicación la antigua cita latina "Primum vivere deinde philosophari" traducida habitualmente como "primero vivir, después filosofar". Es decir, la primera preocupación de las personas desde el punto de vista de la supervivencia-cuando actúan de un modo racional- es elegir la mejor alternativa de acuerdo a la escasez de recursos.

Y respecto a cómo administrar esos recursos escasos cuando hay alternativas elegibles, existe un conocido paradigma económico enunciado por Paul Samuelson que se conoce como la Frontera de Posibilidades de Producción o FPP (Samuelson, 1947). El ejemplo con el que se ilustró consiste en un país que tiene unos recursos dados para fabricar cañones y mantequilla representando a los bienes industriales y de consumo, respectivamente. Así, un decisor y planificador racional, elegirá la combinación idónea para mantener su sostenibilidad. El único modo de ampliar esta frontera es mediante la tecnología, es decir, innovación dirigida a la productividad para que haya combinaciones superiores de estos bienes. En este paradigma clásico, la tecnología aparece dirigida solamente un mejor aprovechamiento de los recursos puesto en cuando se enunció (en la década de los años 40 del siglo XX) no había preocupación por la sostenibilidad del medio.

Así, otro concepto reseñable del que deberíamos hablar es el desarrollo sostenible, que se puede entender como proceso de crear, probar y mantener oportunidades que permitan obtener capacidades adaptativas (Holling, 2001). Ello permite a cualquier organismo, persona, organización, empresa o estado desarrollarse progresivamente. Esta definición nos acerca más a la problemática actual: el ser humano reconoce que sus oportunidades se merman por el daño que acumula el ambiente en el que vive. Y ello está motivado, en su gran parte por el comportamiento poco consciente en afán de desarrollo que han vivido las generaciones precedentes y, en muchos lugares, siguen viviendo. Por ejemplo, aunque las emisiones de dióxido de carbono se han reducido en los últimos tres años, su efecto acumulado continúa calentando la tierra ("The millenium project," n.d.).

Y, finalmente, qué entendemos por ambiente. Tomando su definición ("The Free Dictionary," n.d.), se considera por ambiente la totalidad del mundo natural -a menudo excluyendo los humanos-. Sin embargo, esta definición se desdobra (en sus varias

acepciones del término) para alcanzar a las condiciones sociales y culturales que afectan a la naturaleza de una persona o una comunidad.

Por ello cuando hablemos de prospectiva ambiental podemos considerar que es una visión de alta calidad, coherente y funcional, usando información y perspectivas de futuro de un modo útil, tanto para el mundo natural, como para las condiciones sociales y culturales que afectan al ser humano.

La utilidad de realizar prospectiva ambiental se plasma sobre todo en los usuarios más habituales de la prospectiva que son los gobiernos, aunque algunas grandes corporaciones están también interesados en tener una visión certera de los acontecimientos, sobre todo con fines estratégicos (Rohrbeck, 2012). Así, según Castilla (2018), los gobiernos y las empresas utilizan la información que se recaba de los asuntos que les atañen pero es muy complicado encontrar el modo en que se plasma en políticas o acciones concretas. Aun con todo, existen iniciativas supranacionales que permiten estudiar la prospectiva ambiental que existe hoy en día y se analizan a continuación. Un listado no exhaustivo de ejemplos globales que han usado prospectiva estratégica puede encontrarse en Cook et al., p. 535 (2014):

- 🇪🇺 La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE): usan escenarios para mejorar la educación del mañana.
- 🇪🇺 Oxfam explora los vínculos entre la mejora de la democracia y la erradicación de la pobreza en el futuro.
- 🇪🇺 La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (conocida por sus siglas en inglés UNESCO: *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) utiliza la herramienta de "Usos del futuro" a través de la cultura, el género... etc. para liderar el desarrollo.
- 🇪🇺 La Interpol, la Organización Internacional de Policía Criminal (en inglés *The International Criminal Police Organization*) explora futuros alternativos de políticas para desarrollar la capacidad de detectar amenazas y oportunidades emergentes provenientes de las nuevas tecnologías como la genómica o el *Big Data*, así como la armonización legal.

3. NUESTRO MEDIOAMBIENTE

El mundo en qué vivimos nuestro día a día es relativamente estrecho para la mayoría. Solamente cuando lo ampliamos somos capaces de entender lo que ocurre en lugares que no habitamos ni podemos ver con nuestros ojos: viajando, leyendo, documentándonos.

El estudio de prospectiva en el siglo XXI de Richard Slaughter (1995) ya señalaba los costes de la era industrial sobre los bosques, los ríos y mares, los pueblos nativos y la flora y fauna. No se trata únicamente de costes localizados, sino a gran escala. Por ello, la investigación sobre la situación actual de nuestro medioambiente va más allá que una recopilación nuestro entorno o cómo se desarrolla. Así, esta situación requiere de unos objetivos mundiales que, además, proporcionan información evolutiva. Pero todo ello sería en vano si no se proponen medidas realistas para afrontar cada uno de los objetivos.

De entre los diecisiete objetivos para un desarrollo sostenible mundial establecidos por las Naciones Unidas, nueve están directamente relacionados con el medio ambiente (Naciones Unidas, n.d.). Se trata de los aspectos relacionados con los siguientes conceptos: el hambre y la seguridad alimentaria; la energía asequible y no contaminante; el agua y el saneamiento; la gestión de las infraestructuras; el desarrollo de las ciudades; la producción y el consumo sostenibles; el cambio climático; la calidad de los océanos; y, los bosques, la desertización y la diversidad biológica. Pero el resto de objetivos, como la educación para contribuir al desarrollo sostenible, están también indirectamente vinculados. A continuación se incluye la situación actual de nuestro medioambiente, las medidas propuestas y una concreción en forma de proyecto.

LA SITUACIÓN

Desde hace décadas, las mejoras en producción agrícola, el uso de fertilizantes y nuevas técnicas de trabajo de la tierra han conseguido una mayor producción para todos los seres. Así el mito de Malthus no se ha cumplido¹ (Malthus, 1803) y la humanidad ha crecido estos siglos sin miseria en su conjunto. Pero no en el reparto: Unos 783 millones de personas vive por debajo del umbral de pobreza internacional, con 1,90 dólares estadounidenses diarios, su mayor parte en Asia meridional y África subsahariana.

La energía es esencial para la personas, sin embargo, el 13% de la población mundial aún no tiene acceso a servicios modernos de electricidad. Además, es este el factor con más influencia en el cambio climático y representa alrededor del 60% de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero.

Actualmente más del 90% de la población mundial tiene acceso a fuentes de agua potable. Pero para el año 2050, se prevé que entorno al 25% vivirá en un país afectado por la escasez de agua dulce. Y, actualmente, la sequía también afecta a algunos de los países más pobres del mundo, por lo que repercute en la escasez de alimentos. Las

¹ Malthus, en su "Ensayo sobre el principio de la población" de 1798 que amplió y firmó en 1803, afirmó que la población tiende a crecer en progresión geométrica, mientras que los alimentos aumentan en progresión aritmética. Por ello, la población se encontrará limitada por los medios de subsistencia.

infraestructuras básicas para el transporte de agua y el saneamiento pero también las carreteras, las tecnologías de la información y la comunicación o la energía eléctrica siguen siendo escasas en muchos países en desarrollo. Y es en ellos donde no llega al 30% de la producción agrícola la que se procesa industrialmente, mientras que en los países desarrollados, se calcula que es el 98%, por lo que el valor se reparte de manera desigual.

En el año 2015, eran casi 4 000 millones de personas quienes vivían en ciudades pero se prevé que sea de unos 5 000 millones para el año 2030. El abandono del campo a favor de las ciudades ha sucedido en muchos países como consecuencia de la ausencia de políticas territoriales pero también por el atractivo y la oferta de servicios que éstas ofrecen (Cerdeira Arroyo, 2017; Del Molino, 2016). Relacionado con las infraestructuras, por ejemplo, los servicios de banda ancha están teniendo un alto impacto, pero se unen a un amplio conjunto de demandas de los últimos cincuenta años del medio rural como la educación o la sanidad, por ejemplo en España. En muchos países el 75-85% del territorio disponible está ocupado por ciudades y empezamos a familiarizarnos con el término “megaciudades” (urbes que albergan a más de diez millones de habitantes). Una de las consecuencias actuales de estas aglomeraciones es que el 90% de sus habitantes respira aire que no cumple las normas de seguridad establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En cuanto a la producción y el consumo sostenibles, se trata de que los usos de los recursos y la energía sean más eficientes, la construcción de infraestructuras no dañe el medio ambiente, haya una mejora del acceso a los servicios básicos y la creación de empleos ecológicos. Y todo ello impacta en el agua, la energía y la comida. El agua hay que gestionarla con costosas infraestructuras, la energía que utiliza el desarrollo seguirá creciendo en todos los países y, mientras 2 000 millones de personas tienen un peso corporal superior al considerado saludable, hay 815 millones que se encuentran subalimentadas. Pero además, con la degradación de los campos, el uso insostenible del agua, la sobrepesca y la degradación del medio marino están disminuyendo la capacidad de la base de recursos naturales para suministrar alimentos.

El cambio climático afecta a todo el planeta: calentamiento global, disminución de las reservas de hielo y aumento del nivel del mar, emisiones de gases de efecto invernadero, aumento de las emisiones de dióxido de carbono y mayor incidencia de desastres naturales.

El 97% del agua del planeta se encuentra en los océanos, pero el deterioro de las aguas debido a la contaminación y la acidificación tienen un efecto muy desfavorable para los ecosistemas, que también está llegando incluso a la pesca. Las interacciones entre los océanos y la sociedad se plasman en la provisión de alimentos, seguridad, salud, producción, transporte y entretenimiento (Lacroix et al., 2016) y los retos se vinculan a superar las soberanías nacionales y los convenios y leyes del mar.

Finalmente, unas 13 millones de hectáreas de bosque desaparecen cada año, a la vez que se desertifican 3 600 millones de hectáreas en todo el planeta. Solamente un 15% de la tierra se encuentra actualmente bajo protección, por lo que la biodiversidad está en peligro. Las actividades humanas y el cambio climático, son las grandes responsables.

MEDIDAS PROPUESTAS

En todas estas áreas, las medidas propuestas por Naciones Unidas se pueden concretar en las siguientes: Investigación y Desarrollo (I+D), políticas públicas, reparto adecuado y uso responsable, educación, planificación, conservación y rehabilitación:






- ④ La I+D es fundamental cuando se trata de realizar una transición energética, a la gestión del agua y al cambio climático.
- ④ Las políticas públicas también tienen su intervención para el cambio en la utilización de combustibles fósiles, la gestión de infraestructuras hidráulicas, en la producción y el consumo sostenibles y el planeamiento urbanístico. La regulación sobre pesca, superficies cultivables, subsidios, etc. tiene un impacto directo en muchas otras áreas de interés para el medioambiente.
- ④ El reparto adecuado para garantizar que las personas están bien alimentadas y tienen acceso a agua potable todavía es un reto para todo el planeta, especialmente con las previsiones de crecimiento poblacional (más moderadas que en décadas anteriores) y de agotamiento de los recursos naturales y superficies de cultivo.
- ④ La educación de las personas para hacer un consumo responsable de energía, agua, alimentos... etc. y frenar el cambio climático es básico desde la esfera familiar, las escuelas y las actitudes sociales. Los movimientos ciudadanos para disminuir el uso del plástico, por ejemplo, no son suficientes sin políticas públicas que los respalden. A su vez, los niños educados en la protección al medio ambiente, pueden contribuir a mejorar las políticas futuras pero, sobre todo, pueden tener un comportamiento mucho más racional al incorporar en sus decisiones de compra –y de vida- las consecuencias para su entorno.
- ④ La planificación, conservación y rehabilitación por parte de todas las estructuras organizativas desde los municipios hasta los estados, es básica para una gestión responsable y desarrollo del territorio. La participación ciudadana respecto a su entorno inmediato, como forma de favorecer el diálogo y su implicación es necesaria; la mejora en las comunicaciones y, sobre todo, el aglutinamiento en ciudades puede favorecer esta planificación conjunta en un círculo virtuoso con actitudes personales.

UNA CONCRECIÓN: *THE MILLENNIUM PROJECT*







The *Millennium Project* es el nombre de un *think tank* global y participativo, es decir, un grupo de personas y organizaciones interesadas en construir un futuro mejor para la humanidad. Su visión es una red de prospectiva formada por nodos, información, programas y sistemas inteligentes que reconozcan formas de que la humanidad mejore ("The millenium project," n.d.). Ha fijado quince retos globales para los que se realizan consideraciones regionales y proyecciones hasta el año 2100.

En concreto, hay cinco retos directamente relacionados con el medioambiente que suponen la oposición de fuerzas en crecimiento. Para ello, se proponen medidas concretas en el ámbito político, legal e individual que se resumen a continuación.





1. ¿Cómo puede haber desarrollo sostenible con el cambio climático que se está produciendo?

-  Programas de investigación conjunta entre países de diferentes áreas.
-  Producción de carne, piel y otros productos animales mediante material genético; agricultura hidropónica; e incremento de dietas vegetarianas.
-  Ciudades inteligentes ecológicas.
-  Transición energética de los combustibles fósiles a las energías renovables.
-  Continuar con las políticas de reducción de tasas de fertilidad en lugares de alto crecimiento poblacional.

2. ¿Podemos tener suficiente agua limpia sin conflictos?

-  Incremento de la investigación para abaratar la desalinización e invertir en productos para el tratamiento de aguas residuales.
-  Gestionar los recursos hídricos para promover la eficiencia, equidad y desarrollo sostenible.
-  Crear y promover aplicaciones móviles que permitan mostrar el agua utilizada en los productos.
-  Desarrollar productos animales genéticos sin criarlos.
-  Producción masiva de inodoros solares que traen aguas residuales mediante electroquímica.
-  Implementar planes para el acceso universal al agua y saneamiento.

3. ¿Cómo puede crecer la población y que haya equilibrio en los recursos?

-  Dar soporte a políticas para mejorar la supervivencia infantil, la planificación familiar y educación de las niñas.
-  Integrar sensores urbanos, mallas de redes y programas inteligentes para crear ciudades inteligentes.
-  Mejorar los métodos que refuerzan las diferencias generacionales para transferir las habilidades a la juventud a la vez que se cuida a las personas mayores.
-  Mejorar los sistemas de aprovechamiento de lluvias y riego. Invertir en agricultura de precisión y acuicultura.

- ☞ Reducir las pérdidas de comida desde su origen hasta el consumidor (reducción de desperdicios por manipulación, transporte y mala gestión de la despensa).
- ☞ Expandir el uso de insectos para alimentar animales y humanos por su bajo impacto medioambiental.

4. ¿Cómo enseñar y aprender para afrontar los retos globales?

- ☞ Hacer de la educación y la inteligencia colectiva un objetivo nacional.
- ☞ Promover el aprendizaje durante toda la vida.
- ☞ Incrementar la investigación en la evolución de la simbiosis de inteligencia artificial-humanos.
- ☞ En paralelo al fomento de la educación en ciencias y tecnología (conocidas como STEM²), crear formas de autoaprendizaje para mantenerse actualizado.
- ☞ Escuelas de profesorado que enseñan diferentes estrategias en función de la actividad neuronal de sus estudiantes.
- ☞ Explorar modelos alternativos de educación y aprendizaje.

5. ¿Cómo puede satisfacerse la creciente demanda de energía de un modo seguro y eficiente?

- ☞ Incrementar las subvenciones para energías renovables y reducir las que obtienen los combustibles fósiles.
- ☞ Trabajar con agencias internacionales para armonizar las regulaciones y estándares de forma que las inversiones puedan tener unas condiciones más previsibles.
- ☞ Publicar periódicamente el progreso del país de acuerdo con el Acuerdo de París.
- ☞ Establecer un sistema colectivo inteligente y accesible globalmente.

2 Es una nueva denominación para agrupar las titulaciones de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en sus siglas en inglés (*Science, Technology, Engineering, and Maths*).

4. ESTADO DE LA CUESTIÓN EN LA UNIÓN EUROPEA Y ESPAÑA

España se unió a la Comisión Económica Europea en los años 80 del siglo XX. Desde entonces, se han armonizado las normas y la legislación para mantenerse en la Unión Europea. Por ello, la cuestión en España excede sus fronteras trasladándose en algunas políticas y actividades a la Unión Europea (UE). En este sentido, la iniciativa Europa 2020 (European Commission, 2010), se forjó con el objetivo de generar un crecimiento inteligente, sostenible e integrador. Con ello se pretende crear un marco político para apoyar el desarrollo de una economía eficiente en el uso de los recursos con baja emisión de carbono. Entre las primeras iniciativas se incluyó la siguiente, que se comentará posteriormente: *Construir la bioeconomía de 2020*.

En concreto, la iniciativa Europa 2020 se centra en la mejora de los resultados económicos y disminución del uso de los recursos, garantizar la seguridad en el suministro de los recursos necesarios y, además, luchar contra el cambio climático limitando los impactos medioambientales del uso de los recursos. Y, en lo que concierne al medio ambiente, preveía reducir en un 20% (e incluso un 30% si se dieran las oportunas condiciones) las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar un 20% las energías renovables y en un 20% la eficiencia energética.

UNIÓN EUROPEA: ECONOMÍA CIRCULAR Y BIOECONOMÍA

En el año 2015, se adoptó una resolución que invitaba a la economía circular (European Commission, 2015). Ya no estaremos hablando de producción de bienes de manera lineal, sino de que el valor de todos los recursos (agua, energía y otras materias primas) y los productos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible a la vez que se reducen los residuos. Ello supone un cambio de paradigma económico puesto que el suministro de bienes y servicios es circular en función del ciclo de vida de los productos.

En concreto, se materializó en la propuesta de acciones sobre la producción, el consumo, la gestión de residuos, el mercado de materias primas secundarias, inversión e innovaciones y concreciones en los sectores de plásticos, residuos alimentarios, materia primas críticas (para productos electrónicos y baterías, por ejemplo), construcción y demoliciones, biomasa y biomateriales, así como el seguimiento.

En el año 2019 se realizó un informe para ver si las diecinueve medidas adoptadas se habían implementado y en qué grado (European Commission, 2019), aunque en la oficina de estadísticas (Eurostat³) pueden consultarse los siguientes indicadores:

³ La información de todos los datos estadísticos europeos disponibles al público se encuentra en la siguiente página web: <https://ec.europa.eu/eurostat>. Las tablas se encuentran disponibles en el siguiente enlace: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/europe-2020-indicators/europe-2020-strategy/main-tables>. [consultado el 17 de junio de 2019].

1. Producción y consumo:

- 🌱 Autosuficiencia de materias primas para la producción en la UE.
- 🌱 Contratación pública verde.
- 🌱 Generación de residuos.
- 🌱 Residuos alimenticios.

2. Gestión de residuos:

- 🌱 Tasas de reciclado.
- 🌱 Flujo de residuos específicos (residuos de embalajes, electrónicos, etc.).

3. Materiales secundarios

- 🌱 Contribución de los materiales reciclados a la demanda de materias primas.
- 🌱 Comercio de las materias primas entre los estados miembros de la UE y el resto del mundo.

4. Competitividad de innovación

- 🌱 Inversión privada, empleo y valor añadido bruto.
- 🌱 Patentes relacionadas con el reciclaje y materias primas secundarias.

Desde los primeros años de la década del siglo XXI la Unión Europea apostó por una economía más innovadora y con menos emisiones que permitiera combinar las demandas de la agricultura y la pesca sostenibles con una alimentación asegurada, así como el uso sostenible por parte de la industria. A la vez, en sus intereses se incluyen la atención a la biodiversidad y la protección medioambiental. Y así se llegó a la Bioeconomía, entendida como la producción basada en el conocimiento y la utilización de recursos biológicos para proveer de productos, procesos y servicios en todos los sectores en un marco orientado al futuro (Egea, Torrente, y Aguilar, 2018). En Europa, la *Estrategia de Bioeconomía* se lanzó el 13 de febrero de 2012 bajo el liderazgo de la Dirección General de Investigación e Innovación, firmada además por las Direcciones Generales de Agricultura y Desarrollo Rural, Medioambiente, Asuntos Marítimos e Industria y Emprendizaje.

En 2015, el 64% del valor añadido por Bioeconomía se generaban en la UE entre Alemania, Francia, Italia, el Reino Unido y España. Además, algunas características de bioeconomías nacionales se podían observar en Finlandia, Suecia, Estonia y Letonia orientadas a los sectores de la madera y el papel. En Italia y Portugal, el valor añadido procedente de la fabricación de textiles de base biológica fue del 14% y el 16%, respectivamente. Finlandia y Suecia generan un valor añadido en su bioeconomía procedente de la fabricación de papel del 25% y el 20%, respectivamente. Y, finalmente, Irlanda y Dinamarca tuvieron un valor añadido del sector bioeconómico del 46% y el 35%, respectivamente, en la fabricación de químicos de base biológica, productos farmacéuticos, plástico y caucho (European Commission, 2018, p. 30).

La estrategia fue actualizada en el año 2018. Es en este momento en el que los sectores y sistemas que cubre la bioeconomía se amplían hacia todo lo que subyace sobre recursos biológicos (animales, plantas, micro-organismos y derivados de la biomasa, incluidos los residuos orgánicos), sus funciones y principios. Ello incluye e interrelaciona: "ecosistemas terrestres y marinos, así como los servicios que proporcionan; todos los sectores primarios que usan recursos biológicos (agricultura,

silvicultura, pesca y acuicultura); y todos los sectores económicos e industriales que usan recursos biológicos y procesos para fabricar comida, alimentos animales, productos bio-, energía y servicios” (European Commission, 2018, p. 4). Y, por fin, se considera que proporcionar un desarrollo sostenible en una bioeconomía circular significa prosperidad económica y un medioambiente saludable que se refuerzan mutuamente (European Commission, 2018, p. 16).

Respecto a los estados miembros de la UE, algunos como Finlandia y Alemania han sido muy activos preparando políticas y actividades en Bioeconomía. En 2009, Alemania creó el “Bioökonomierat”, el Consejo Global de Bioeconomía; y en 2010 publicó su primera Estrategia Nacional de Bioeconomía a la que dedicaba más de 2,4 billones de euros. “El desarrollo de la Bioeconomía en otros países miembros fue posterior con un grupo pionero formado por los países del Benelux, muy especialmente, por los Países Bajos, junto con los países escandinavos. Posteriormente se desarrolló en Irlanda, Francia, Italia, España y Austria con diferentes prioridades, enfoques y objetivos” (Patermann y Aguilar, 2018, p. 24).

SITUACIÓN ESPAÑOLA

En marzo de 2016 veía la luz la Estrategia Española de Bioeconomía: Horizonte 2030 (Secretaría de Estado de Investigación, 2016) aunando los esfuerzos de la economía, la ciencia y la sociedad especialmente para el sector agroalimentario y forestal. Para ello se requería una estrecha colaboración público-privada y una interacción entre el sistema español de ciencia y tecnología y el internacional. La publicaba la Secretaría de Estado de Investigación.

La definición que incluye de bioeconomía es la siguiente: *La bioeconomía es, en el marco de esta estrategia, el conjunto de las actividades económicas que obtienen productos y servicios, generando valor económico, utilizando, como elementos fundamentales los recursos de origen biológico, de manera eficiente y sostenible. Su objetivo es la producción y comercialización de alimentos, así como productos forestales, bioproductos y bioenergía, obtenidos mediante transformaciones físicas, químicas, bioquímicas o biológicas de la materia orgánica no destinada al consumo humano o animal y que impliquen procesos respetuosos con el medio, así como el desarrollo de los entornos rurales* (Secretaría de Estado de Investigación, 2016, p. 24). Y esta es una de las particularizaciones de las que Paterman y Aguilar comentan ya que incluye el desarrollo de los entornos rurales como parte de la bioeconomía.

La Estrategia Española de Bioeconomía consta de objetivos estratégicos y operativos que no se concretan en números ni indicadores, a pesar de denominarse “objetivos”. También incluye una serie de medidas agrupadas en cinco líneas estratégicas:

- 🏠 Promover la investigación pública y privada y la inversión de las empresas en innovación en el área de la bioeconomía.
- 🏠 Reforzar el entorno social, político y administrativo de la bioeconomía.
- 🏠 Promover la competitividad y el desarrollo del mercado asociado a la bioeconomía.
- 🏠 Desarrollar la demanda de nuevos productos.
- 🏠 Plan para la expansión y promoción de la bioeconomía.

Para ello, se prevé una dotación económica entre 2016 y 2020 de 1 110 694 de euros en subvenciones y 671 092 euros en créditos.

A día de hoy, la Estrategia Española de Economía Circular está siendo elaborada por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, en colaboración con el resto de ministerios implicados, las comunidades autónomas y la Federación Española de Municipios y Provincias.

Sí se firmó un pacto previo con el objetivo de que los principales agentes económicos y sociales de España en la transición hacia el nuevo modelo económico se dieron cita y acordaron acciones dirigidas a los siguientes fines (Ministerio para la Transición Ecológica, n.d.):

1. Avanzar en la reducción del uso de recursos naturales no renovables, reutilizando en el ciclo de producción los materiales contenidos en los residuos como materias primas secundarias siempre y cuando quede garantizada la salud de las personas y la protección del medio ambiente.
2. Impulsar el análisis del ciclo de vida de los productos y la incorporación de criterios de ecodiseño, reduciendo la introducción de sustancias nocivas en su fabricación, facilitando la reparabilidad de los bienes producidos, prolongando su vida útil y posibilitando su valorización al final de ésta.
3. Favorecer la aplicación efectiva del principio de jerarquía de los residuos, promoviendo la prevención de su generación, fomentando la reutilización, fortaleciendo el reciclado y favoreciendo su trazabilidad.
4. Promover pautas que incrementen la innovación y la eficiencia global de los procesos productivos, mediante la adopción de medidas como la implantación de sistemas de gestión ambiental.
5. Promover formas innovadoras de consumo sostenible, que incluyan productos y servicios sostenibles, así como el uso de infraestructuras y servicios digitales
6. Promover un modelo de consumo responsable, basado en la transparencia de la información sobre las características de los bienes y servicios, su duración y eficiencia energética, mediante el empleo de medidas como el uso de la ecoetiqueta.
7. Facilitar y promover la creación de los cauces adecuados para facilitar el intercambio de información y la coordinación con las administraciones, la comunidad científica y tecnológica y los agentes económicos y sociales, de manera que se creen sinergias que favorezcan la transición.
8. Difundir la importancia de avanzar desde la economía lineal hacia una economía circular, fomentando la transparencia de los procesos, la concienciación y sensibilización de la ciudadanía.
9. Fomentar el uso de indicadores comunes, transparentes y accesibles que permitan conocer el grado de implantación de la economía circular.
10. Promover la incorporación de indicadores del impacto social y ambiental derivados del funcionamiento de las empresas, para poder evaluar más allá de los beneficios económicos que se generen en las mismas, como consecuencia de su compromiso con la economía circular.

Y aunque no existe todavía un pacto de estado, algunas comunidades autónomas sí han publicado sus Estrategias para la Economía Circular. Se trata de Andalucía, Cataluña, Comunidad de Madrid y Extremadura.

En el impulso de la bioeconomía en España, cabe destacar al Spanish BioCluster (SBIOC)⁴. Una agrupación de socios para promover una sociedad sostenible basada en la bioeconomía y está formada principalmente por pymes de los diferentes sectores relacionados con la bioeconomía (industria forestal, industria química, marina, ingeniería, consultoría, energía y reciclaje, etc.). Así mismo, colabora regularmente con otras organizaciones, como entidades públicas, plataformas tecnológicas y parques científico-técnicos.

En el año 2017 se realizó un ejercicio de prospectiva para identificar las prioridades agroalimentarias de investigación (García et al., 2018) del que se extrajo las siguientes conclusiones: es necesario un diálogo activo y permanente entre todos los grupos de interés para afrontar con éxito los cambios que se pretenden y la participación internacional en foros e iniciativas permitirá alinear las políticas de mercado con las prioridades globales y los objetivos españoles.

4 Más información en su página web: <http://sbioc.com/#sbioc>

5. LAS TECNOLOGÍAS DEL FUTURO

El desarrollo tecnológico que se vive hoy en día hace que la FPP se esté desplazando constantemente para alcanzar nuevas combinaciones de bienes y servicios, si bien ya se ha constatado que puede tener un coste para nuestro medio ambiente. Revertir el daño causado puede llevar tiempo pero los beneficios que se obtendrían por parte de toda la humanidad son ciertos. En este apartado del capítulo se hará referencia a algunas tecnologías emergentes que, analizadas en prospectiva, puedan darnos una visión estratégica sobre cómo hay más probabilidad de la obtención de rendimientos económicos y sociales, es lo que se conoce como prospectiva tecnológica (Martin, 1995). Existen numerosas investigaciones a este respecto pero tomando como referencia documentación europea (European Commission, 2015) la inteligencia artificial (IA) y las tecnologías de digitalización se configuran como las más relevantes para la optimización del uso de la energía y los recursos facilitando la información que respalde modelos empresariales circulares y aplicaciones de consumo responsable.

La IA favorecerá ventajas competitivas para quienes asuman riesgos (Makridakis, 2017), aunque su futuro parece incierto: servirá para espiar y controlar a la sociedad o para hacerle la vida más fácil, o ambas. En el trabajo de este autor se señalan cuatro posibles escenarios para el desarrollo de la IA: optimistas, pesimistas, pragmáticos y dubitativos. Y apunta a una singularidad que cambiará todos los paradigmas entorno al año 2045. En todo caso, el desarrollo de la IA no va a contribuir a la redistribución de la riqueza puesto que en los países en vías de desarrollo hay menos inversiones en tecnología capaces de facilitar su pronta implantación y consiguiente explotación; pero, además y mucho más importante, si la IA permite reemplazar gran parte de la mano de obra, los menores costes de ésta -que son una de las principales razones para deslocalización de los centros productivos en países con niveles de vida inferiores- dejarán de ser un atractivo. Por tanto, la IA no favorece el reparto de la riqueza.

Lo que se viene denominando ciudades inteligentes se apoyan en multitud de sistemas tecnológicos relacionados con la IA, las comunicaciones, el desarrollo de infraestructuras, sistemas de movilidad compartida... que necesita del desarrollo del *Internet de las Cosas* (Silva, Khan, y Han, 2018) de forma que la ciudad opere de manera inteligente y con la mínima interacción humana. Este enfoque tecnócrata e instrumental ha sido objeto de numerosas críticas, lo que ha hecho que las últimas propuestas se humanicen para poner al ciudadano en el centro de la revolución tecnológica (Cardullo y Kitchin, 2019). Así, una ciudad inteligente, también necesita una ciudadanía inteligente en el uso de los recursos por lo que los aspectos normativos por parte de la administración pública, la formación y la conciencia individual juegan un papel decisivo.

Las tecnologías de digitalización evolucionan constantemente y ya hace años que están facilitando la disminución del uso de papel, por ejemplo. Pero en el sector industrial, las tecnologías de fabricación aditiva son prometedoras para facilitar series cortas de producción, reducción de residuos de fabricación (por ejemplo, moldes) reducción de la huella logística porque ya no es necesario que se fabriquen bienes en países con remuneración de los recursos más barata y la desaparición de los almacenes (Vicente Oliva, 2018). Y, además, no hay una comprobación fehaciente de que favorezca positivamente la economía circular (Despeisse et al., 2016) por los interrogantes sobre la obsolescencia de la maquinaria, fundamentalmente. Es decir,

su desarrollo puede agravar los problemas de gestión de residuos y va a contribuir, junto con la IA, a los desequilibrios entre países desarrollados y el resto.

Hacia el año 2100, la robótica tendrá una gran repercusión pudiendo ser los humanos capaces de entenderse directamente con los ordenadores (Kaku, 2011), con estas ayudas el consumo puede ser cada vez más responsable aunque los consumos eléctricos pueden dispararse. Para ello, el cambio de los modelos energéticos en todos los países es necesario. Las energías renovables tienen que poder ser rentables respecto a los componentes que se utilizan en su fabricación (como por ejemplo la eficiencia de las placas solares) a lo largo de todo el ciclo de vida. Si a principios del siglo XX Henry Ford no hubiera apostado por los combustibles fósiles y los descubrimientos de yacimientos de petróleo con bajo coste de acces) no se hubieran producido, quizás hoy las ideas de Thomas Edison habrían configurado una movilidad eléctrica. Un mundo eléctrico que se podría haber nutrido de energías renovables desde hace décadas –al menos parcialmente-, y podría haber avanzado más la investigación de baterías, que es el principal escollo para su utilización masiva. Pero hoy existe la idea de que, mientras se cambia el modelo, los combustibles fósiles y las energías renovables van a convivir.

El desarrollo que ha habido entorno al hidrógeno como un transportador y contenedor de energía choca, según Kaku (Kaku, 2011), con la primera ley de la termodinámica: la cantidad total de materia y de energía no puede destruirse, ni tampoco crearse a partir de la nada. La energía nuclear, con sus accidentes (Chernóbil y Fukushima) y dificultad para eliminar los residuos, no parece que vaya a ser una energía de futuro. Es en la energía de la fusión donde parece que hay expectativas hacia 2050 debido a que se basa en la unión de átomos de hidrógeno con gran cantidad de calor, lo que libera mucha más energía produciendo pocos residuos, se conoce como la energía de las estrellas porque es la que interviene en su formación. Hoy, todavía es una quimera.

Kaku señala el uso generalizado del magnetismo entre el año 2070 y 2100 para facilitar los transportes y disminuir el gasto energético (por la ausencia de rozamiento sobre superficie), pero para ello deben desarrollarse los superconductores de nueva generación de tipo cerámico que disminuyan los costes de enfriamiento respecto a los clásicos que hay que enfriarlos a casi el cero absoluto para que carezcan de resistencia. Esto supone muchos inconvenientes técnicos y un gasto alto.

Pero hay otras innovaciones que pueden ayudar en el cambio climático, además de los hábitos de las personas: apagar la luz y cerrar el grifo no es suficiente. Una de ellas tiene que ver con lo alimentos, ya que no habrá forma de alimentar con carne a nueve millones de personas en el futuro como apuntó Bill Gates y habrá que recurrir a alternativas veganas o de laboratorio que suplan las proteínas animales (Gray, 2017; Jain y Jain, 2019). Las dietas vegetarianas tienen un impacto positivo sobre el cambio climático, el uso de la tierra y del agua, así como el efecto en la biodiversidad (Marinova y Raphaely, 2018).

6. CONCLUSIONES

Tecnología en la antigua Grecia significaba conocimiento y, sin duda, las perspectivas humanas son halagüeñas para futuros desarrollos. Revertir el daño al medio ambiente es solo una parte ya que, en teoría, se están estableciendo medidas de índole internacional. Para ayudar a las medidas políticas, desde el terreno de la educación y de la conciencia individual hay margen de maniobra, el consumidor preocupado por el medioambiente toma conciencia de la comida, la movilidad y sus actitudes hacia el medio (Toppinen, Röhr, Pätäri, Lähtinen, y Toivonen, 2018). Por ello, la investigación sobre el papel de consumidor respecto a la sostenibilidad es un campo a tener en cuenta en los trabajos de prospectiva, educación y política.

A pesar de las medidas internacionales y los organismos implicados, por ejemplo en Europa, todavía no se han establecido todas las medidas que serían necesarias pero las bases están sentadas, así como los objetivos.

Las regulaciones en materia medioambiental se han vuelto más estrictas los últimos años y las organizaciones que lidian con estos cambios las perciben como amenazas. Por ello, el concepto de economía circular está calando tan profundo en Europa: trata de parecer una oportunidad si se sabe aprovechar y se está dispuesto a invertir en tecnología. Nuevamente, esto es continuación del paradigma de la Frontera de Posibilidades de Producción (FPP) en lugar de un cambio real en la mentalidad de todos los que consumimos los recursos escasos de este planeta.

La redistribución territorial de la riqueza es una cuestión fundamental para no crear desequilibrios entre las zonas en desarrollo. Pero, con la evolución social hacia un ciudadano más urbanita, las amenazas son crecientes. Y el desarrollo de tecnologías que pueden cambiar todas las reglas del juego como las conocemos (Brimley, Fitzgerald, y Sayler, 2013) puede favorecer en algunos ámbitos como la optimización de consumos de agua y electricidad, facilidades para los humanos como pueden ser los trabajos penosos que dejarán de realizar, etc. pero también aumentarán los desequilibrios entre los países con mayor renta per cápita y los que se encuentran en vías de desarrollo. Nuestro conocido tópico de la globalización se va convertir simplemente en pensamiento ya que las actuaciones serán locales. Y para ser eficiente en los transportes, la economía de proximidad debería ser un mantra perenne.

La situación en España está en desarrollo actualmente pero un país con tanta tradición agrícola y ganadera pero con una balanza de exportaciones equilibrada sobre el sector turístico, clama medidas de urgencia media-alta si quiere seguir manteniendo su estructura y acceso a recursos.

Por último, este análisis se presenta en el presente libro como una contribución a la prospectiva ambiental, en la que algunos trabajos –especialmente asiáticos– podrían haberse citado y/o comentado para beneficio del lector. Se ha hecho un esfuerzo por compilar el estado de la cuestión actual con sus limitaciones. Aunque se hayan incluido ejemplos y algunos datos, el objetivo no era abrumar al lector, por ello puede acudir a las fuentes propuestas si necesita información sobre los mismos, que además estará actualizada a la fecha en que lea estas líneas.

7 REFERENCIAS

- Arnold, D. (2000). *La naturaleza como problema histórico*. Madrid (España): S.L. Fondo de Cultura de España.
- Brimley, B. S., Fitzgerald, B., y Sayler, K. (2013). *Game Changers: Disruptive Technology and U. S. Defense Strategy*.
- Cardullo, P., y Kitchin, R. (2019). Being a 'citizen' in the smart city: up and down the scaffold of smart citizen participation in Dublin, Ireland. *GeoJournal*, 84(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10708-018-9845-8>
- Castilla, A. (2018). PROSPECTIVA INDUSTRIAL. *Economía Industrial*, 406, 11–22.
- Cerda Arroyo, P. (2017). *Los últimos*. Logroño (España): Pepitas de Calabaza.
- Cook, C. N., Inayatullah, S., Burgman, M. a., Sutherland, W. J., y Wintle, B. a. (2014). Strategic foresight: How planning for the unpredictable can improve environmental decision-making. *Trends in Ecology and Evolution*, 29(9), 531–541. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.07.005>
- Del Molino, S. (2016). *La España vacía*. Madrid (España): Turner.
- Despeisse, M., Baumers, M., Brown, P., Charnley, F., Ford, S. J., Garmulewicz, A., ... Rowley, J. (2016). Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 115, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.09.021>
- Egea, F. J., Torrente, R. G., y Aguilar, A. (2018). An efficient agro-industrial complex in Almería (Spain): Towards an integrated and sustainable bioeconomy model. *New Biotechnology*, 40(January 2018), 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.06.009>
- Comisión Europea. (2010). COM(2010) 2020. *Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador*.
- Comisión Europea. (2015). COM(2015) 614. *Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*.
- Comisión Europea. (2018). *A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment*. <https://doi.org/10.2777/478385>
- Comisión Europea. (2019). COM (2019) 190 sobre la aplicación del Plan de acción para la economía circular.
- García, M., Alonso, A., Tello, M. L., De la Poza, M., Villalobos, N., y Lansac, R. (2018). Identifying agri-food research priorities for Spain - 2017 results. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16(3), 1–11. <https://doi.org/10.5424/sjar/2018163-13587>

- Gray, A. (2017). 5 tech innovations that could save us from climate change. Consultado el 18 de junio de 2019 en: <https://www.weforum.org/agenda/2017/01/tech-innovations-save-us-from-climate-change>
- Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4(5), 390–405. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0101-5>
- Jain, T. K., y Jain, N. (2019). Vegetarianism: A Life Style for Sustainable Development. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3334823>
- Kaku, M. (2011). *Physics of the future*. New York (USA): Doubleday.
- Lacroix, D., David, B., Lamblin, V., de Menthière, N., de Lattre-Gasquet, M., Guigon, A., Hoummady, M. (2016). Interactions between oceans and societies in 2030: challenges and issues for research. *European Journal of Futures Research*, 4(1), 11. <https://doi.org/10.1007/s40309-016-0089-x>
- Makridakis, S. (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006>
- Malthus, R. (1803). An Essay on the Principle of Population; or, a view of its past and present effects on human happiness; with an enquiry into our prospects respecting the future removal or mitigation of the evils which it occasions. 2a Edición.
- Marinova, D., y Raphaely, T. (2018). Impact of vegetarian diets on the environment. In *Vegetarian nutrition and wellness* (pp. 13–24). CraigW. J.
- Martin, B. R. (1995). Foresight in science and technology. *Technology Analysis y Strategic Management*, 7(2), 139–168. <https://doi.org/10.1080/09537329508524202>
- Ministerio para la Transición Ecológica. Pacto para la Economía Circular en España. Consultado el 16 de junio de 2019 en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/pacto/>
- Morales Jasso, G., y Bonada Chavarría, A. (2016). Una discusión en torno a ‘Temas, problemas y relatos para la historia ambiental’. Apuntes teóricos sobre esta disciplina histórica. *Anuario de Historia Regional y de Las Fronteras*, 22(1), 193–222. <https://doi.org/10.18273/revanu.v22n1-2017008>
- Naciones Unidas. Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Consultado el 14 de junio de 2019 en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- Patermann, C., y Aguilar, A. (2018). The origins of the bioeconomy in the European Union. *New Biotechnology*, 40, 20–24. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.04.002>
- Rohrbeck, R. (2012). Exploring value creation from corporate-foresight activities. *Futures*, 44(5), 440–452. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2012.03.006>

- Samuelson, P. (1947). *Foundations of Economic Analysis*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- Schoenherr, T. (2012). The role of environmental management in sustainable business development: A multi-country investigation. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.04.009>
- Secretaría de Estado de Investigación- ESPAÑA. (2016). *Estrategia Española De Bioeconomía: Horizonte 2030*. Retrieved de <http://bioeconomia.agripa.org/download-doc/102159/>
- Silva, B. N., Khan, M., y Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 38, 697–713. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.053>
- Slaughter, R. (1995). *The Foresight Principle: Cultural Recovery in the 21st Century*. Westport, CT: Praeger Press and London: Adamantite Press Ltd.
- Slaughter, R. a. (1998). Futures beyond dystopia. *Futures*, 30(10), 993–1002. [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(98\)00101-3](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(98)00101-3)
- Smith, L. C. (2011). *The New North: Our world in 2050*. London: Profile Books, Ltd.
- TheFreeDictionary. Consultado el 14 de junio de 2019 en: <http://www.thefreedictionary.com/>
- The millenium project. Consultado el 14 de junio de 2019 en: <http://www.millennium-project.org/>
- Toppinen, A., Röhr, A., Pätäri, S., Lähtinen, K., y Toivonen, R. (2018). The future of wooden multistory construction in the forest bioeconomy – A Delphi study from Finland and Sweden. *Journal of Forest Economics*, 31, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2017.05.001>
- Vicente Oliva, S. (2018). La impresión 3D como tecnología de uso general en el futuro. *Economía Industrial*, 407, 123–135.
- Zúñiga, A. C., y Guarín Echeverry, J. H. (2017). Bioeconomía y contabilidad ambiental. *Revista de Investigaciones de La Institución Universitaria EAM*, 9(1), 89–104. Consultado en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bshyAN=127554308&site=ehost-live>

GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA EN MÉXICO¹

Adriana Sandoval Moreno
 Unidad Académica de Estudios Regionales
 Universidad Nacional Autónoma de México
asandoval@humanidades.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN: SOCIEDAD Y AGUA

En México, la investigación social en temas de agua es una de las más prolíferas por los diversos casos de estudio en el territorio nacional, con especial énfasis en el área mesoamericana². Dentro de esta área se localiza la cuenca Lerma Chapala, una de las más estudiadas, donde los problemas socioambientales se caracterizan por su complejidad. Aquí se ubica la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), integrada por 16 alcaldías de la Ciudad de México, donde viven 8'918,653 habitantes (INEGI, 2015)³, y 60 municipios vecinos. En la ZMCM la crisis del agua se presenta por el agotamiento del acuífero del Valle de México, la desaparición de sus ríos y manantiales, la contaminación del agua y por la incapacidad para sanear todas las aguas usadas (Soto, Mazari y Bojorquez, 2000). Todas son condiciones que impiden garantizar el derecho humano al agua a su población.

Las condiciones de las fuentes de agua, sus escurrimientos, la distribución, saneamiento y reúso de ésta para el consumo humano, la agricultura, la industria y los ecosistemas, muestran que la gestión del agua, llevada a cabo por las políticas hídricas del Estado, no han conducido a la sustentabilidad de este bien. El ciclo del agua se ha afectado al sobreexplotar los acuíferos, contaminar el agua y romper el equilibrio de los ecosistemas. En estas condiciones no se puede garantizar la cantidad ni la calidad del agua a toda la población presente, ni futura. Pues 9.08 millones de personas en el país padecen las consecuencias derivadas de estas deficiencias para realizar sus necesidades mínimas de aseo y elaboración de alimentos; pero además enfrentan riesgos a la salud al beberla sin la calidad de necesaria o al vivir en ambientes contaminados.

Aunque en los protocolos y discursos nacionales e internacionales se identifican problemas y soluciones relativos al agua, lo cierto es que en la escala local son las personas las que tienen que asegurar sus necesidades de agua para la vida. Es aquí donde se observa la ineficacia de las políticas hídricas nacionales, así como los acuerdos y convenios internacionales en la materia. El curso de las políticas hídricas seguidas durante la segunda mitad del siglo XX, hasta las dos décadas del XXI, ponen en evidencia que no es un camino funcional por seguir bajo la perspectiva

¹ Una sección de este trabajo fue financiada gracias al proyecto PAPIIT IN304518 "Gestión comunitaria del agua en territorios en transformación. Las respuestas sociales desde los enfoques hidro-social y acción colectiva", UNAM.

² Se puede consultar como ejemplo el libro colectivo "El agua en México: cauces y encauces" (Jiménez et al., 2010).

³ En México se contaron 119 millones 530 mil 753 habitantes en México, de los cuales el 78% de la población es urbana y el resto rural, según la Encuesta Intercensal 2015, realizada por el INEGI, 2015.

economicista del agua: “tienen agua segura los que la pueden pagar”, esta práctica se ha aplicado en centros poblacionales, deportivos, actividades agropecuarias, industriales, de exportación y mineras. Mientras que las externalidades negativas recaen sobre poblaciones vulnerables por vivir en pobreza o incapacidad para pagar el agua y sanearla.

Las respuestas gubernamentales y de los consorcios privados, acaparadores del agua, están enfocados al desarrollo e implementación de tecnologías y construcción de la gran infraestructura -como son los trasvases y presas-, así como inversiones en la extracción de energías a costa de la destrucción de modos de vida socioculturales y de los ecosistemas. Sin embargo, los numerosos conflictos sociales por el agua en todas las cuencas, la mayoría irresueltos, son motivo de levantamiento, manifestaciones de inconformidad y oposición, aunque en ocasiones sean silenciosas. A todo ello, se suman las amenazas por el cambio climático, la crisis agroalimentaria, la pobreza global y las enfermedades crónicas, mostrándose como un mal necesario del desarrollo.

En el escenario internacional y nacional, las evaluaciones y rediseños de las políticas seguirán sus cursos. Mientras tanto, desde lo local, la agencia social sigue presente para atender y resolver sus necesidades de agua. Entonces ¿qué papel están jugando las poblaciones locales con respecto al agua?, ¿cómo gestionan el agua las comunidades? y ¿qué enseñanzas se pueden aprehender para alcanzar una gestión del agua que conduzca a estados de sustentabilidad desde lo local?

La hipótesis planteada a la luz de estas preguntas es: la gestión comunitaria del agua es resultado de las condiciones históricas de las comunidades rurales y urbanas en su relación con el agua, y funge como un capital de conocimientos, métodos, prácticas y modos relacionales entre las personas y sus fuentes de agua, logrando sostener sus modos de vida al interior de sus hogares y en la comunidad en interacción cotidiana con los bienes naturales. Esta gestión comunitaria del agua funge a su vez como modo de resistencia frente a otros modelos de gestión del agua, como sería el promovido desde el Estado y el vinculado con la empresa privada para fines de lucro. Estos manejos del agua (incluyen la significación de ésta) son contrastantes, sus fines son opuestos y por tanto son origen de conflictos, al ser mutuamente excluyentes, cuando se trata del interés en el mismo territorio, fuente de agua y ecosistemas ligados. Luego entonces, toda política pública que intente conciliar intereses divergentes tiende al fracaso, la ilegalidad y a la injusticia social.

El trabajo está presentado en cuatro secciones. En la primera se presenta una reflexión sobre qué se entiende por “gestión comunitaria del agua”. En la segunda se presentan resultados de investigación sobre la gestión comunitaria del agua: en la cuenca del acuífero del Valle de Toluca, en la cuenca del río Duero y en la cuenca de la Ciénega de Chapala. Todas pertenecientes a la Cuenca Lerma-Chapala. En la tercera sección se presentan aprendizajes y retos que enfrentan las comunidades en el corto, mediano y largo plazo. Finalmente se dan las conclusiones.

2. DE QUÉ ESTAMOS HABLANDO CON “GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA”

El Diccionario de Trabajo Social, define a la gestión como la “capacidad de conseguir y movilizar recursos de manera eficiente y eficaz, así como de construir política pública, ganar capacidad de inducir y producir cambios”⁴. Sandoval y Günter (2015) asumen la gestión como proceso completo de acciones con sentido y toma de decisiones enfocadas a objetivos. Esto incluye desde la definición e identificación de un problema u objetivo, hasta el diseño, operación y puesta en práctica, con la intención de transformar la realidad. La movilización de estos recursos se da en contextos específicos, ubicados en espacio y tiempo. En este sentido la gestión es el proceso donde se movilizan recursos a partir de decisiones, acciones y capacidades con la intención de hacer cambios, según los objetivos planteados.

Desde la postura de quién o quiénes implementan la gestión, se pueden identificar las siguientes variantes: gestión social, estatal y privada o empresarial (Sandoval y Günther, 2015: 110-111). En la primera, se aplica a actores, comunidades u organizaciones sociales (de campesinos, indígenas, grupos barriales, urbanos y civiles, entre otras). La gestión estatal integra a los funcionarios y las políticas gubernamentales que aplican en materia de agua, desde el ámbito federal hasta el municipal. La gestión privada o empresarial, como lo indica, se aplica a las empresas y actores de la iniciativa privada.

Por otro lado, la gestión social del agua se asocia a la “autogestión”, la cual indica “propio” o “por uno mismo” quien realiza la gestión para beneficio propio, pero también puede significar con recursos propios (Sandoval y Günther, 2015).

“autogestión” entendida como sistema de organización en manos de actores sociales, comunitarios o incluso de la sociedad civil organizada implica la participación directa en la toma de decisiones, además de las tareas de administración y ejecución de sus recursos para beneficios colectivos, los cuales podrían ser materiales (monetarios, mejoramiento de la vivienda, sistemas productivos, escuela, hospital, etcétera) o inmateriales (fomento de una cultura del agua, reforzamiento de la identidad, empoderamiento, autoestima, etcétera), pero de cualquier manera significativos para los actores que gestionan” (Sandoval y Günther, 2015:111).

También se puede asumir como gestión comunitaria cuando son los propios agentes de las comunidades quienes la realizan, por ejemplo: grupos de mujeres, campesinos, indígenas, jóvenes, entre otros, y movilizan recursos para diversos fines de su interés (sociales, económicos, culturales y ambientales), siempre y cuando cumpla el principio de: desde la comunidad y para la comunidad o en su caso, para un tercer actor social (no gubernamental, ni empresario). Es característico que las comunidades se organizan con base a la cooperación entre sus miembros y la producción se asienta sobre sus necesidades, no sobre la lógica de ganancia. Por lo que la gestión comunitaria es entendida como la valorización de prácticas tradicionales que mantienen las comunidades indígenas o campesinas para hacer

4 Basado en Ander-Egg, quien ha publicado dos ediciones del Diccionario de Trabajo Social, en Bogotá, Colombia, ed. Colombia (1981 y 1986).

uso de sus recursos en beneficio de la comunidad (Sandoval, 2011 en Sandoval y Günther, 2013: 167).

A modo de ampliar el concepto de gestión del agua, desde las instancias internacionales y del sector gubernamental en la materia, Sandoval y Günther señalan que las investigaciones sobre este tema en el mundo muestran que “no existe solo una gestión del agua, ni un modo de organizarla y administrarla en una cuenca, sino que es diversa, tanto como el tipo de actores locales que la usan” (Sandoval y Günther, 2013: 168). Esto es así porque “la gestión social del agua en las cuencas no sigue un modelo único, sino diferentes modalidades de organización y de mecanismos de concertación” (Sandoval y Günther, 2013: 168).

Entonces, ¿qué se entiende por gestión comunitaria del agua? La gestión comunitaria del agua opera en el ámbito comunitario, donde las interacciones de acción colectiva se realizan cara a cara, y las prácticas se basan en los usos y costumbres o una combinación de éstos con la legislación” (Sandoval y Günther, 2013:172). Pero también, como gestión social, alude a la organización y administración del agua desde lo local, en cuanto a su acceso, distribución y uso. En sí, al ejercicio de autoridad de los actores locales sobre el agua a través de los derechos colectivos en el territorio común, intercambian recursos –materiales, de información y de capacidades- y comparten marcos socioculturales que les permite tener lectura de su entorno y certidumbre (Sandoval y Günther, 2013: 168). Desde lo local, social y comunitario “implica concebir el agua como un elemento constitutivo de la vida y para la vida de la comunidad, desde su significación cultural hasta las necesidades de consumo, aseo y producción de bienes” (Sandoval y Günther, 2015:111).

¿Agua para quién y para qué? Esta pregunta es particularmente difícil por los cambios acelerados que se están presentando en el ámbito rural. En un primer momento se estaría tratando de agua para consumo humano y para las actividades de sustento diario de la vida en comunidad: preparar alimentos, asearse, lavar la ropa y los trastes, regar, abrevar animales relacionados con el alimento, el trabajo y la compañía. No obstante, los cambios en el uso de suelo, de agrícola a urbano o para la minería, y la introducción de otros sistemas agroalimentarios (huertos de frutales, de ornato y otros), ocupan las tierras originalmente usadas para la milpa, destinado al autoconsumo. Frente a estos cambios también se perciben nuevas disputas por el agua.

En suma, la gestión comunitaria del agua está directamente relacionada con la gestión del agua para las necesidades diarias de la vida en comunidad. Descartándose la gestión del agua para otros usos: el comercial, industrial, minas, electricidad, trasvases, etc.

¿En las comunidades quiénes ejecutan la gestión del agua? Los nombres precisos pueden variar de una región a otra, pero en todas son un grupo de personas elegidas desde el Pleno comunitario, como es la Asamblea, las cuales se identifican como pertenecientes a la comunidad, por tanto, que vigilará los intereses colectivos respecto al agua. Algunos nombres de estos grupos son: Comités de agua, Comité independiente del agua, etc. Están compuestos por presidente, secretario, tesorero, vocales y bombero (persona que prende y apaga, y además abre y cierra las llaves de distribución de agua). Los integrantes de cada Comité varían, los hay con un presidente y un bombero, hasta los más numerosos y completos. El periodo de su gestión también varía de uno a tres años, pero también hay presidentes que han

ocupado durante años el cargo, desde que lo nombraron la primera ocasión, cuando se instaló la red hidráulica en la comunidad.

Estos Comités son miembros de la comunidad y han sido nombrados por su peso social, aquilatado por el prestigio ganado entre los miembros de ésta, sea por su liderazgo al gestionar algún servicio o beneficio para la comunidad, o por su respeto como hombre honesto. Sin embargo, estos criterios están cambiando en forma diversa y a diferentes tiempos en las comunidades. Actualmente, los hombres de reputación no muy confiable están ocupando los cargos, ya sea por sus relaciones con actores externos, por su posición económica o por no tener otro candidato. Varias de estas experiencias han sido favorables, pero otras no, encontrándose robo a la tesorería del Comité, favoritismos y otros beneficios no legítimos.

Paralelamente, en los Comités, las mujeres empezaron a ocupar cargos, inicialmente de forma marginal, como secretarías, tesoreras, pero cada vez más como presidentas. La participación de las mujeres está marcando diferencias respecto a los modos de gestión con sus antecesores. Esto porque ellas están poniendo especial interés en continuar controlando el agua en la comunidad y para la comunidad, también el tema de salud ligado a las condiciones de calidad del agua es de su interés, denunciando focos de contaminación y contaminadores, lo que ha causado incomodidad entre los gobiernos municipales. También ha sido notable las finanzas sanas que dejan, después de recibir los cargos con deudas. Asimismo, han mostrado facilidad en la búsqueda de alternativas a problemas técnicos en las redes de distribución. No obstante, aunque han desempeñado buenas gestiones de agua en los Comités, no dejan de identificarse también problemas, la mayoría superables.

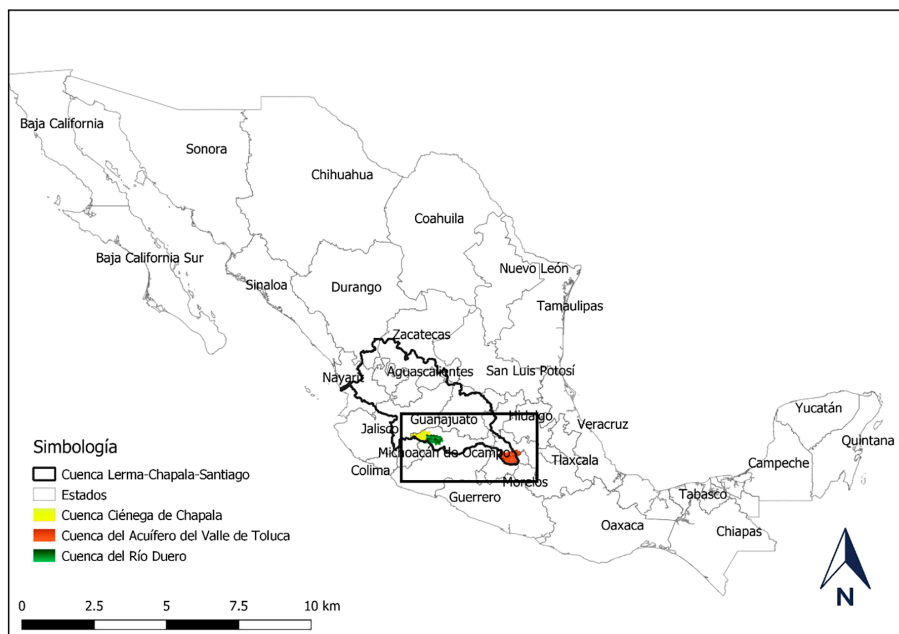
Los Comités comunitarios de agua son una pieza clave en la gestión del agua en el local porque constituye un conjunto de saberes técnicos en cuanto al manejo de las bombas y llaves de paso, arreglo de fugas, etc., pero también en cuanto a los arreglos sociales para la distribución de agua por viviendas, manzanas y zonas, además de los cobros de cuotas, establecimiento de faenas comunitarias para limpieza e incluso gestiones fuera de la comunidad (Sandoval y Günter, 2015). En su gestión, tienen una presencia alta de cooperación en el ámbito comunitario, llevando a cabo diversas acciones con los miembros de la comunidad. No obstante, la comunicación con las instituciones gubernamentales es escasa o nula, en ocasiones solo cuando existe algún problema técnico o económico (Sandoval, 2006).

La gestión comunitaria del agua se caracteriza como autogestiva porque el gobierno no interviene en las decisiones y procesos internos de la comunidad: en la extracción, distribución y manejo del agua, así como en la definición de tarifas, cobros y mantenimiento de la infraestructura. Todo es desde la comunidad y el Comité de agua.

3. CASOS DE ESTUDIO SOBRE LA GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA

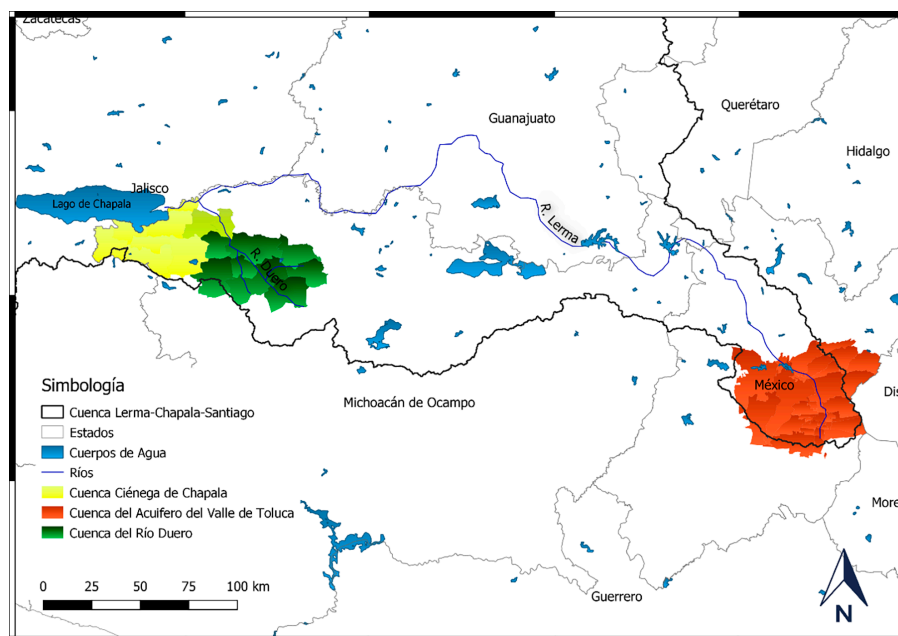
En esta sección se presentan aspectos sobresalientes sobre tres casos estudiados sobre gestión comunitaria del agua: el primero en el alto Lerma, el segundo en la Ciénega de Chapala y el último en la cuenca del río Duero. El primero se localiza en el Estado de México y los dos siguientes en Michoacán.

Mapa 1. República Mexicana con Cuenca Lerma-Chapala-Santiago.



Fuente: Elaboración propia. Cartografía de José Norwin Oliveros Lily con datos de Geoportal CONABIO y CONAGUA.

Mapa 2. Ubicación de las cuencas estudiadas.



Fuente: Elaboración propia. Cartografía de José Norwin Oliveros Lily con datos de Geoportal CONABIO y CONAGUA.

3.1 GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA EN EL ALTO LERMA: CUENCA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA

El caso de investigación de la cuenca alta del río Lerma, en el Estado de México se llevó a cabo entre los años 2003 y 2007⁵. Precisamente en la cuenca del Acuífero del Valle de Toluca (AVT), el cual es uno de los 653 acuíferos con categoría oficial de sobreexplotado en el país, es uno de los proveedores de la zona más poblada de México y dota de agua a diez parques industriales, por lo que presenta condiciones críticas debido al acelerado proceso de abatimiento y pérdida de la calidad de sus aguas. Su principal afluente, el río Lerma, está sufriendo un acelerado proceso de agotamiento y deterioro en la calidad de sus aguas, limitando el consumo humano, el riego para cultivos de consumo regional y otras actividades económicas. Entonces, el territorio ligado al acuífero presenta un grave problema ambiental, con importantes repercusiones económicas, sociales y políticas que obstaculizan considerablemente las posibilidades de desarrollo sustentable en la región (Sandoval, 2006).

La problemática se resumía así en el 2006: Los volúmenes de recarga (infiltración de agua al subsuelo, principalmente pluvial) en el AVT están por debajo de los volúmenes de extracción (explotación de aguas subterráneas y superficiales), afectando la disponibilidad del recurso y los ecosistemas. La situación es crítica porque representa un ritmo promedio de abatimiento de más de un metro por año a lo largo de los últimos 25 años. En sitios con alta concentración de pozos los abatimientos llegan a ser de tres metros al año. A este desequilibrio contribuyen la creciente deforestación, el mal manejo y la erosión del suelo, la pérdida de calidad y cantidad de agua en los caudales naturales, la existencia de pozos clandestinos y la falta de control de los aprovechamientos concesionados (Sandoval, 2006).

Bajo este marco, se planteó generar un proceso amplio de construcción participativa al implementar procesos de diálogo y consenso entre los Comités comunitarios, los Organismos municipales de agua, organizaciones sociales y población interesada de los 23 municipios que integran la cuenca del AVT (Sandoval, Campos y Chávez, 2006)⁶. A través de reuniones informativas se buscó que los actores locales integrados por municipio y subcuenca realizarán diagnósticos y elaborarán sus propuestas de mejora, conservación o cambio en su territorio. Todas las propuestas serían parte del Plan de Manejo Integral de los Recursos Hídricos, promovido por la Conagua.

En el ámbito social los problemas identificados para fomentar la participación social en el manejo integral y sustentable del agua en el acuífero fueron: (Sandoval, 2006)

- a) La población no cuenta con información suficiente sobre la problemática del AVT. Aparejado a la falta de interés en el uso racional del agua y de voluntad para tomar decisiones y proponer soluciones ante los conflictos entre vecinos;

5 Proyecto realizado por la organización Caminos Posibles: Investigación Capacitación y Desarrollo, S.C., (hoy Asociación Civil), bajo demanda de la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GTZ (cooperación técnica alemana), quien laboraba bajo convenio de cooperación con la Comisión Nacional del Agua (Conagua), desde el año 2002 con el proyecto «Manejo Integral de Cuenclas Hidrológicas: Río Lerma en el Valle de Toluca y Río Balsas».

6 Geográficamente la cuenca Hidrológica del "Acuífero del Valle de Toluca" cubre un área de 2,738 km² de 23 municipios del Estado de México⁴. Sus aguas drenan a los tres vasos de la Laguna de Lerma y a la Presa José Antonio Alzate.

- b) La falta de capacidad de las autoridades para asumir la responsabilidad de tomar decisiones correctivas y acciones oportunas en conjunto con los actores involucrados, sin autoritarismos ni respondiendo a intereses particulares;
- c) La falta de voluntad e interés para incluir medidas con equidad entre los géneros, con el propósito de que las mujeres tomen un papel corresponsable en los órganos de control a nivel local, municipal y regional;
- d) Los bajos porcentajes de pago de las y los ciudadanos por el servicio de agua, entre otros.

En el tema de género en el manejo de agua, de acuerdo con Siles y Soares (2003), se busca eliminar “las barreras económicas, políticas, culturales, de educación, de capacidades y habilidades para el acceso, usos y control de los recursos hídricos, de manera tal que las personas (mujeres y hombres) puedan tener las mismas oportunidades y se beneficien en forma equitativa” (Siles y Soares, 2003:29). Tanto en las comunidades rurales como urbanas del Valle de Toluca, el acceso al agua en las tomas domiciliarias, lo que implica dificultad para las mujeres al ir a buscarla.

Es recurrente escuchar la queja de las mujeres jefas de familia sobre la escasez de agua en sus casas y cuando la hay no es suficiente, llega en horarios nocturnos o en días y horarios no precisos, por lo que siempre están alertas para almacenar lo más que puedan. El agua captada no es suficiente para cubrir las necesidades de aseo, consumo y preparación de los alimentos por parte de los integrantes de la familia. Así, las mujeres salen del hogar a buscarla a las fuentes (manantiales y escurrideros) o solicitarla con vecinos y familiares; sin cuestionarse entre los miembros la corresponsabilidad de toda la familia (Sandoval 2005).

Bajo el cobijo del proyecto marco se derivaron varias acciones tanto educativas como de atención al mejoramiento de las condiciones ambientales y las fuentes de agua. Con la participación de las comunidades se elaboraron diagnósticos y planes de acción por subcuenca, en donde se integraban propuestas factibles de realizar y acciones puntualizadas para resolver los problemas identificados a través de sus conocimientos sobre el territorio y los que se sumaron en el proceso participativo. El tema de la salud humana fue considerado entre los más preocupantes ante los posibles riesgos de enfermedad por contaminación del agua tras el vertimiento de aguas no tratadas, tanto de las zonas industriales, como de los centros de población. Otro más fue la desaparición de bosques como áreas de infiltración natural del agua y la protección de sus derechos al agua.

Matriz 1. Priorización de problemas detectados para la gestión integral de microcuencas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	TOTAL
1. Contaminación extrema del río Lerma		1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	7
2. Contaminación del humedal con metales pesados y aguas negras.	1		1	1	0	0	1	0	1	1	1	7
3. Conflictos territoriales.	1	1		1	1	1	1	0	0	0	0	6
4. Inundaciones.	1	1	1		0	1	0	0	1	1	1	7
5. Sobreexplotación del acuífero.	0	0	1	0		1	0	1	0	0	1	4
6. Hundimiento del suelo	0	0	1	1	1		1	1	1	0	1	7
7. Contaminación del agua potable.	1	1	1	0	0	1		1	0	0	1	6
8. Escasez del agua potable.	0	0	0	0	1	1	1		0	0	1	4
9. Contaminación del suelo.	1	1	0	1	0	1	0	0		1	1	6
10. Contaminación del aire.	1	1	0	1	0	0	0	0	1		1	5
11. Deterioro de la salud humana.	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1		9

Fuente: Alcántara y Alcántara, 2007.

Otra de las acciones más significativas y prometedoras en las comunidades fue la "Formación de promotoras y promotores en el manejo integral de los recursos hídricos en la cuenca integral del acuífero del Valle de Toluca" en donde se capacitaron grupos comunitarios por microcuencas y municipios. De éstos, se derivó un proyecto con recursos del Instituto Nacional de Desarrollo Social (Indesol) en 2007, para fortalecer los procesos participativos en tres municipios: Santa María Rayón, Santiago Tianguistenco y Lerma. Cada grupo trabajó intensamente en la elaboración de un diagnóstico detallado sobre su territorio. Otro de los resultados fue la elaboración de una manual de promotoras y promotores en el manejo del agua, pero con distribución limitada por la falta de recursos e interés de las autoridades para ampliar su difusión. Estas acciones pretendían fomentar el ejercicio de las capacidades, competencias y recursos individuales y colectivos de mujeres y de hombres en el manejo integrado de los recursos hídricos en relación con los otros recursos del ecosistema en la cuenca, que se promoviera la equidad a través de procesos participativos de cooperación y coordinación de mujeres y hombres en todos los subsectores del agua, políticas de agua, programas y procesos de desarrollo sustentable de la cuenca hidrográfica (en la toma de decisiones, en el acceso, usos y beneficios del agua y en el ciclo de proyectos).



Fuente: Adriana Sandoval Moreno, 2005.

En las comunidades el componente sociocultural en el manejo del agua se cimenta en los usos y costumbres, donde la población indígena se recrea en la cotidianidad de sus vidas, y se ven reflejados en los sentidos, decisiones y acciones que implementan los Comités de agua. No obstante, se debe de atender una serie de obstáculos para garantizar la participación social de hombres y mujeres en sus territorios, que trascienda la mera consulta.

Desde las interacciones institucionales, entre lo comunitario y el gobierno, se identificaron barreras en las cuales se debe poner atención si se quiere generar procesos de acción colaborativa:

Desconfianza y oportunismo. Desconfianza de los grupos locales hacia personal de gobierno y dudas sobre si realmente se les pretende integrar en un ejercicio participativo o solo en para justificar decisiones previas desde el gobierno, identificándose actitudes de gorroneo. Esto provoca la atomización de esfuerzos.

Falta de acuerdos, cerrazón y conflictos entre autoridades y comunidades cuando no se presenta información completa y oportuna, cuando no hay canales serios y formales de comunicación.

Falta de asignación de recursos humanos para dar continuidad a los acuerdos consensuados, monitorearlos hasta el cumplimiento de sus objetivos, y evaluarlos.

Recursos financieros insuficientes para sostener acciones en el mediano y largo plazo.

Nula articulación y falta de coherencia de estrategias entre las instancias gubernamentales, enfocadas a los mismos temas, incluso en los mismos territorios.

Falta de comunicación entre los especialistas, que no permite tener un diálogo y una reflexión desde diferentes disciplinas y experiencias para abordar la complejidad de los problemas.

Acciones interrumpidas que repercuten en la confianza de las comunidades, en la pérdida de las inversiones y hacen que se desvanezcan las respuestas para solucionar y por tanto se complejicen los problemas. Pensemos, por ejemplo, en las implicaciones a proyectos interrumpidos de reforestación, educación ambiental, saneamiento o rehabilitación de redes hidráulicas.

Para cerrar esta experiencia, señalo que, el proceso de involucramiento de las comunidades fue muy interesante y prometedor para la acción colectiva desde abajo. Aunque no se pudieron implementar las acciones propuestas porque no hubo participación formal de las autoridades municipales y tampoco de las instancias claves del gobierno del Estado de México. Incluso, la mayoría del personal de la Conagua no estaba convencido de la integración de comunidades en la toma de decisiones y mucho menos de incluir la perspectiva de género en un plan de manejo del agua. No obstante, derivado de este trabajo se conformaron varias organizaciones sociales que continuaron haciendo su labor en la vertiente educativa, protección de bosques y el agua, aunque de manera atomizada.

3.2 GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA EN LA CUENCA DE LA CIÉNEGA DE CHAPALA

Los trabajos de investigación en la Cuenca de la Ciénega de Chapala, Michoacán, versan sobre la gestión comunitaria del agua para consumo humano y para el riego. En este trabajo solo trataré parte de los resultados de un estudio comparativo entre la gestión del agua municipal y comunitaria.

Los contrastes encontrados entre ambas gestiones se reseñan en el siguiente cuadro, basándome en la publicación de Sandoval (2011).

Cuadro 1. Contrastes entre la gestión municipal y comunitaria del agua.

Indicador	Gestión municipal del agua	Gestión comunitaria del agua
Organización	Es el organismo operador de agua, integrado por un director general, un técnico, una secretaria, un administrador, y un grupo de personas de mantenimiento. Todos reciben un salario. Estructura vertical centrada en el director y con posible intervención del presidente municipal.	Es el Comité comunitario de agua, integrado por: presidente, secretario, tesorero, y uno o dos vocales. Son voluntarios y no reciben salario, aunque pueden tener algún beneficio económico. La autoridad máxima se representa en la Asamblea comunitaria.
Elección de miembros	Son nombrados directamente por el presidente municipal o por el cabildo.	Se eligen en asambleas comunitarias por medio del voto.
Duración en el cargo	Tres años como la gestión del gobierno municipal. En éstos, aunque cambie el personal administrativo, regularmente permanece el de mantenimiento.	Es variable, puede ir de uno a tres años o incluso más cuando no se ha renovado el Comité.

Operación	Leyes y reglamentos federales, estatales y municipales. En los más estructurados se pueden distinguir dos áreas: una administrativa y otra operativa.	Se ciñen a las instituciones sociales que rigen la comunidad. Las tareas se delegan según las capacidades de gestión, técnica y las redes sociales a las que pertenecen sus integrantes. Se moviliza la red de relaciones sociales para buscar apoyo y asesoría.
Tarifas y Cobros	Las tarifas las determina el Cabildo. El control de pagos se lleva a cabo en forma manual o computarizada, los usuarios van a pagar a la ventanilla.	La cuota se determina según el cobro por consumo de energía eléctrica y se divide entre todas las familias. El control de los ingresos y egresos se lleva a cabo en forma empírica y con métodos manuales (registro en libreta, sello y recibos).
Monitoreo y mantenimiento	Falta de recursos humanos y materiales para dar mantenimiento constante a la red hidráulica. Se actúa en caso de fugas.	La comunidad vigila y facilita información al Comité, el cual mantiene el suministro de agua en las tomas domiciliarias, tienen conocimiento de cada una de las familias con servicio y conocen las fallas de la red.
Recursos materiales	Una oficina, materiales de mantenimiento y vehículo.	Herramientas básicas (llaves)
Distribución del agua	Por zonas (residencial, comercial, popular, industrial y servicios), puede ser por tandeo, es decir limitada por días y horas preestablecidas.	Por barrios y puede ser por tandeo.
Derecho al agua	Solo los que pagan. El padrón de usuarios está compuesto por quienes ostentaron la propiedad de la vivienda con el servicio y éstos se identifican como usuarios del agua.	El agua es propiedad colectiva porque está ubicada en el dominio territorial de la localidad, por tanto, todos tienen derecho a esta y hay acuerdos internos para que la tengan quienes no la pueden pagar.
Relación con el agua	Es una fuente de ingresos económicos para la municipalidad	Hay un sentido de propiedad sobre el agua, pero también de los recursos económicos ligados a su manejo e infraestructura hidráulica.
Valor del agua	Premia el económico.	Premia el sociocultural al integrar las condiciones naturales de la fuente: manantial, río, pozo profundo. Es un patrimonio de uso común, y a través de los Comités se aplican reglas de acceso, uso y control colectivo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Sandoval, 2011 y trabajo de campo.

Los contrastes entre la gestión gubernamental (municipal) y la comunitaria se distinguen porque en el primero es vertical, basado en leyes y reglamentos formales, quienes la operan dependen de un salario y tiene agua quien la puede pagar. Mientras que, en la comunitaria, a pesar de los problemas que se puedan presentar entre familias y entre éstas y los Comités, lo cierto es que el agua es un bien común y todas las familias tienen derecho a ésta. Aunque la operación la realiza el Comité de agua, la comunidad tiene una participación importante en cuanto a la elección de los integrantes del Comité, determinación de cuotas y cada vez más se ven obligados a rendir cuentas públicas.

Foto 3. Reunión en plaza pública para tratar el tema del agua, Venustiano Carranza, Michoacán



Fuente: Adriana Sandoval Moreno.

3.3 GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO DUERO: CAÑADA DE LOS ONCE PUEBLOS

La Cañada de los Once Pueblos debe su nombre a una cadena de once comunidades de origen étnico Purépecha, interconectadas por la carretera libre Zamora-Morelia. Administrativamente las once comunidades pertenecen al municipio de Chilchota, en el norte de Michoacán. Es una zona de clima templado y precipitación anual de 1000 mm. El río Duero se origina, en mayor proporción, por los escurrimientos de los manantiales localizados en la Cañada.

La comunidad más alta en la cabecera de la cuenca es Carapan, a una altitud de 1940 msnm. Aquí habitan 6,379 personas, de las cuales el 77% habla una lengua indígena (Sandoval, 2015). En esta comunidad la investigación tiene como propósito conocer y analizar las características de la gestión comunitaria del agua, en territorios

en constante transformación, para identificar las respuestas sociales que mejor atiendan la problemática compleja del agua⁷.

El método de investigación ha sido mediante la aplicación de metodologías participativas como talleres, recorridos de campo por los manantiales y cursos de ríos afluentes al Duero y por éste. Parte importante han sido las capacitaciones a pequeños grupos de mujeres y hombres, incluidos miembros de los Comités de agua sobre indicadores de calidad del agua y los ecosistemas en manantiales y riparios a partir de la obtención de valores como: nitratos, fosfatos, amonio, sólidos disueltos, oxígeno, temperatura y pH. Con el objeto de que sea la propia comunidad quien obtenga información clave sobre las condiciones generales de sus fuentes de agua y tomen decisiones. Cabe puntualizar que en las comunidades de la Cañada son éstas quienes gestionan el agua para consumo y uso en los hogares, básicamente de los manantiales y en menor medida de pozos profundos, pero también para otros usos como el pequeño riego y abrevado de animales.

Además, se han realizado entrevistas a profundidad a mujeres, hombres mayores, autoridades locales y con los miembros de los Comités de agua. Asimismo, se cuenta ya con un conjunto de documentos históricos de la cuenca, recuperados por medio de fotografías tomadas en el Archivo Histórico del Agua. También se ha recuperado información sobre características demográficas y ambientales de fuentes gubernamentales.

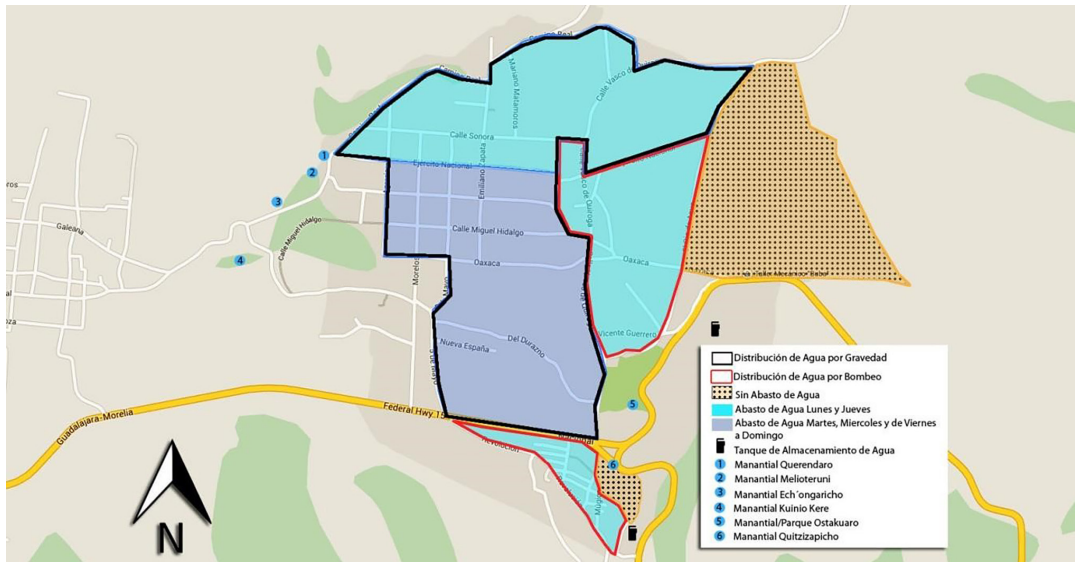
Los resultados obtenidos hasta el 2019 muestran que las instituciones locales en el manejo del agua para consumo humano en el área urbana de Carapan se basan en tres componentes físicos y dos socioculturales. Respecto a los físicos: 1) la capacidad de la fuente de agua, 2) las condiciones del territorio y 3) la demanda de agua. Respecto a los socioculturales: 1) la identificación y apropiación colectiva del manantial y el flujo de agua, y 2) la organización comunitaria” (Sandoval, 2019).

A lo largo del tiempo, la comunidad ha aprendido a manejar el sistema de agua potable, técnica y operativamente, basándose en recursos propios. Las condiciones del territorio no corresponden a una planicie y han tenido que tomar decisiones para llevar agua a los habitantes, tomando en cuenta la ubicación del manantial Ostakuaro y el crecimiento urbano. Para ello han modificado la red hidráulica y diseñando un sistema de tandeo por zonas (Sandoval, 2019).

En Carapan existen dos Comités: uno distribuye el agua por gravedad y otro por bombeo a las zonas con viviendas en el punto más alto de la comunidad. La siguiente ilustración muestra la organización por zonas de distribución de agua en el área urbana de Carapan, bajo las cuales también se dividen las responsabilidades de gestión por parte de dos Comités de agua.

7 La investigación es parte del proyecto: “Gestión comunitaria del agua en territorios en transformación. Las respuestas sociales desde los enfoques hidro-social y acción colectiva”, con financiamiento del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IN304518), vigencia 2018-2019, Universidad Nacional Autónoma de México.

Figura 1. Distribución de agua para consumo humano y ubicación de manantiales.



Fuente: tomado de Sandoval, 2019

Estos Comités funcionan a través de los usos y costumbres, en forma autónoma, ya que además de tomar decisiones sobre el sistema hidráulico (manejo y mantenimiento), también establecen tarifas aplicadas solo a la zona de bombeo (cada familia con hidrante paga \$50.00 pesos, esto es \$2.61 dólares al bimestre⁸). Mientras que las familias abastecidas por gravedad no realizan pago alguno, solo contribuyen con *faenas* (trabajo colectivo) cuando les es solicitado (Sandoval, 2019).

Parte de los retos de la comunidad es abastecer de agua a toda la población debido a que el crecimiento urbano ha rebasado las capacidades de la infraestructura original. El área urbana está creciendo con mayor énfasis hacia el este y sureste, precisamente donde se tiene el mayor problema de escasez, el cual afecta a 14 y 20 familias, de las 72 que habitan en esa manzana. Tanto viviendas como comercios establecidos en esta área acarrear agua de los manantiales más cercanos.

Los miembros de las comunidades han expresado su preocupación porque en los últimos años han notado que el agua que fluye en sus manantiales es menor, en algunos de éstos se agota gran parte del año. Esta escasez temporal del agua cada vez es más frecuente, cuando hace más de diez años el agua era abundante, pero hoy ya se perciben molestias, tensiones y conflictos entre vecinos, esto también entre comunidades, sumándole a los conflictos por límites territoriales.

Otra preocupación en las comunidades trata sobre el problema de la contaminación. En los ejercicios participativos, de recorridos a pie por manantiales y sus escurrimientos, barrancas y tomas públicas de agua, son notables las acumulaciones de basura producida en los hogares y que son abandonados a las orillas de caminos, arrojados a barrancas y almacenados junto a escurrimientos de agua de los manantiales y cursos del río (envases de jabón, cloro y suavizantes). Además, ha llamado la atención que, en los manantiales que están rodeados por cultivos de frutales como aguacate y frutillas, los agroquímicos tienen contacto con el agua de los manantiales o con sus escurrimientos, afectando su buena calidad.

8 Cotización de peso mexicano a dólar estadounidense, del 26 de junio de 2019.

También causa sospecha en las comunidades los brotes de enfermedades diarreicas y casos de hepatitis en infantes, sin tener información oficial que descarte si estas enfermedades están relacionadas con la contaminación en el agua. Por su parte, la administración municipal de Chilchota se ha mostrado con cierto desapego y hasta desobligada a las condiciones particulares en los manantiales que están en manos de las comunidades, arguyendo que no pueden intervenir directamente porque tienen el control las mismas comunidades.

4. APRENDIZAJES Y RETOS DE LA GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA

Los aprendizajes derivados de las tres experiencias presentadas en este trabajo pueden orientar las políticas públicas, pero también planes y proyectos a nivel regional y local, no solo en materia hídrica, si no en todas aquellas que intervengan en las dinámicas socioambientales. Los aprendizajes que se enuncian a continuación rompen con algunas ideas tomadas como ciertas, pero no son una generalidad y, por el contrario, se restringen a condiciones específicas.

Se constató que en las comunidades donde las instituciones sociales operan como eje en el manejo del agua (como tomar decisiones colectivas en asamblea), y donde prevalece el sentido de pertenencia de ésta como un bien colectivo, pero además donde se ejerce el control de los manantiales, pozos o cursos de ríos, por medio de los Comités, el agua es un elemento constitutivo de la vida en comunidad.

En las comunidades estudiadas los acuerdos internos permiten resolver problemas de desabasto, así como conflictos cuando se trata de la necesidad de contar con agua para las necesidades básicas. No obstante, aparecen dilemas cuando intervienen actores externos que quieren aprovechar el agua para otros fines, generándose tensiones.

Existen capacidades de diálogo y consenso entre comunidades para surtirse de la misma fuente de agua, aunque tengan conflictos territoriales.

Los recursos propios de las comunidades, tales como materiales, financieros y simbólicos son utilizados para atender las necesidades de agua para consumo humano, aseo, pequeño riego y abrevado de animales; esto hace que su perspectiva del agua esté directamente ligada a su cosmovisión.

La experiencia de que en la comunidad se deciden las reglas de acceso, usos y control del agua, para beneficiar a las familias que la integran, distingue su capacidad de autogestión de sus fuentes de agua.

Paralelamente a estos mecanismos sociales de relación con el agua en las comunidades, se pueden identificar varios retos que tendrán que resolver en el corto, mediano y largo plazo:

- a) Relacionado con el crecimiento demográfico y urbanismo. - tendrá que dar cobertura total a las familias asentadas en áreas donde no hay infraestructura hidráulica. Abastecerla en forma permanente y buscar que la calidad no se pierda.
- b) Sobre cómo aumentar las relaciones de confianza. - la rendición de cuentas es un ejercicio que podrían implementar en forma frecuente los Comités y transparentar sus movimientos y fondos sobre la tesorería y distribución del agua.
- c) Aprendizaje en la generación de captación y aprovechamiento de agua bajo métodos alternativos, por ejemplo: cosecha de agua de lluvia y reciclado de agua usadas.
- d) Aumentar las capacidades de vigilancia y aplicación de restricciones sobre sus manantiales para que la agricultura intensiva no contamine el agua, por citar un ejemplo.
- e) Establecer mecanismos de gobernanza, diálogo y aprendizaje en acciones colectivas de mutuo interés con otros actores vinculados con las comunidades, sean autoridades municipales, organismos operadores de agua potable y saneamiento, empresarios, productores y agricultores.
- f) Un gran reto es el saneamiento rompiendo la visión de la gran infraestructura.- Las experiencias en las regiones de estudio ponen en evidencia que las grandes plantas de tratamiento no son alternativa para las comunidades rurales o urbanas pequeñas y medianas, además de que su mantenimiento es muy costos y es un espacio fuera de su alcance y control. En cambio, se podrían generar alternativas controlables donde la comunidad pueda participar para asegurar su buen funcionamiento y sin riesgos de afectación a sus cultivos. Alcanzar la cobertura completa de captación, conducción y saneamiento de las aguas negras de las viviendas como de los espacios públicos.
- g) Otro es garantizar agua para la alimentación. - Cultivar alimentos es un gran pendiente, dado los numerosos conflictos y tensiones con privados que buscan acaparar agua para sus negocios. Las comunidades están siendo afectadas porque el derecho al agua está ligado al de la tierra, pero cuando se ven en la necesidad de rentar sus tierras con el agua, o cuando sus fuentes de agua se están agotando porque se destina a otros usuarios, el resultado es que afectan su derecho al agua y a cultivar sus propios alimentos.
- h) Otro pendiente que tienen las comunidades es incentivar el interés participativo de todos los habitantes de la comunidad en todos los asuntos relacionados con el agua y sus ecosistemas, a partir de cooperación en las asambleas, en las faenas, en las aportaciones en especie, pero también en la integración de renovados comités de agua, sin perder sus usos y costumbres.
- i) Alcanzar visibilidad y colaboración con el gobierno en los asuntos de mutuo interés como es el abastecimiento y el saneamiento de agua a toda la población, pero además en fomentar cuadros capacitados en temas administrativos, técnicos y ambientales para los integrantes de los Comités de agua.

Vale la pena tomar como ejemplo las dificultades registradas en el diario de campo relativo al proceso de participación social en el municipio de Tianguistenco, en el alto Lerma, como ejemplo de complejidad y los altos costos de transacción que se deben asumir cuando se busca fomentar una participación real de los actores locales:

- 🗣️ El proceso para que las mujeres asistieran a las reuniones plenarios y locales fue arduo, ya que sus actividades cotidianas como esposa, madre y jefa del hogar les impedía asignar un tiempo a las capacitaciones.
- 🗣️ Hubo dificultad para elegir el día y hora de reuniones. En un principio se acordó que fueran los sábados a las nueve de la mañana, pero solo asistió una sola persona debido a que la mayoría trabaja a esa hora. Por tal motivo, se acordó cambiar el día y horario de las reuniones.
- 🗣️ A pesar de que en el nuevo horario se tuvo la asistencia de las y los promotores, su presencia fue irregular e incluso se dificultó la de delegados y representantes de los comités, a pesar de que se les invitó de manera personal y por carta. De igual manera hubo una asistencia irregular en las capacitaciones plenarios debido a la falta de transporte y horario en que terminaban las reuniones. Esta situación propició que llegaran a ausentarse definitivamente.
- 🗣️ Otra dificultad para dar continuidad a las reuniones locales fueron las festividades de la comunidad, que requerían de un tiempo específico de las y los promotores, y los períodos vacacionales escolares. Situación que alargaba los períodos entre una y otra reunión.
- 🗣️ A partir de los meses de julio y agosto iniciaron los preparativos para los cambios de gobierno municipal, lo cual disminuyó la asistencia de algunos de los promotores. Respecto al objetivo de legalizar los Comités de Agua Potable, se presentaron resistencias por parte de los representantes de éstos, a pesar de estar interesados en el tema.
- 🗣️ Hubo dificultades técnicas para llevar a cabo las reuniones de capacitación.

5. CONCLUSIONES

A partir del estudio sobre gestión del agua en las tres cuencas se evidencia que las comunidades emplean estrategias autogestivas para hacer frente a las nuevas condiciones para bastecerse de agua.

Existen debilidades en los Comités, en cuanto a conocimientos técnicos y administrativos, tienen que enfrentar problemas sociales y económicos, tanto en el interior de las comunidades, como con los actores externos (Gobierno y empresas privadas).

Prevalece el sentido de equidad para surtir a toda la población de agua para las necesidades básicas. Además, los arreglos comunitarios en cuanto al tandeo y cuotas de agua han permitido que las instituciones sociales en la gestión del agua funcionen. Esto llama la atención para responder al Derecho Humano al Agua, que puede ser posible considerando las potencialidades locales y la experiencia de las comunidades en la gestión del agua.

El agua en las comunidades es indivisible de otros bienes como el territorio, y ambos conforman parte de su sistema de significaciones socioculturales. Así, el agua es un bien socio-natural interrelacionado con la tierra y la vida. Esto es una ventana de posibilidad hacia la gestión sustentable de los bienes naturales.

Las políticas públicas deberían ser incluyentes hacia las comunidades y generar modos de gobernanza local.

6. REFERENCIAS

- Alcántara Frías, Ángel y Ma. de Lourdes Alcántara Jilote. (2007). Diagnóstico y planes de acción, subcuenca Laguna Chignahuapan, municipio de San Mateo Atenco. Reporte técnico.
- Ander-Egg, quien ha publicado dos ediciones del Diccionario de Trabajo Social, en Bogotá, Colombia, ed. Colombia (1981 y 1986).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Encuesta Intercensal 2015. Consultada el 5 de junio de 2019, en: Número de habitantes. Cuéntame de México
- Jiménez Cisneros Blanca, María Luisa Torregrosa y Armentia, Luis Aboites Aguilar. (2010). "El agua en México: cauces y encauces". En Academia Mexicana de Ciencias, CONAGUA, México.
- Portal de Geoinformación del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. (Geoportal CONABIO). Consultada el 5 de junio de 2019, en: Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [9,753 mapas] - CONABIO
- Sandoval Moreno Adriana; Günther, María Griselda. (2015). "Organización social y autogestión del agua. Comunidades de la Ciénega de Chapala, Michoacán". En *Política y Cultura*, núm. 44, pp. 107-135.
- Sandoval Moreno Adriana; Günther, María Griselda. (2013). "La gestión comunitaria del agua en México y Ecuador: otros acercamientos a la sustentabilidad". En revista *Ra Ximhai*, vol 9, núm. 2, pp.165-179.
- Sandoval Moreno Adriana. (2011). "Entre el manejo comunitario y gubernamental del agua en la Ciénega de Chapala, Michoacán, México". En *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, Vol. 8, núm. 3, pp. 367-385.
- Sandoval Moreno Adriana. (2006). Problemas en la Participación Social y el Consenso para el Plan de Manejo del Acuífero del Valle de Toluca.
- Sandoval Moreno Adriana. (2005). "Estrategia de participación y promoción de la equidad de género sobre el acceso, usos y control del agua en la cuenca hidrológica del acuífero del Valle de Toluca". *Cooperación Mexicano-Alemana Proyecto CNA-GTZ "Plan de manejo de cuencas: río Lerma en el Valle de Toluca y Río Balsas", CONAGUA, GTZ.*
- Siles, J. and Soares, D. (2003) La fuerza de la corriente: Gestión de cuencas hidrográficas con enfoque de género. Editorial ABSOLUTO, San José Costa Rica.
- Sandoval Moreno Adriana. (2019). "La gestión del agua para consumo humano en la comunidad indígena de Carapan", En Daniar Chávez Jiménez (Coord). *Panorama regional y problemáticas locales en México: El caso del Occidente de Michoacán.*
- Sistema Nacional de Información del Agua. (CONAGUA). Ordenamientos de aguas subterráneas de CONAGUA - datos.gob.mx/busca
- Soto Galera, Ernesto, Mazarí Hiriart, Marisa, & Bojórquez Tapia, Luis Antonio. (2000). Entidades de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México propensas a la contaminación de agua subterránea. *Investigaciones geográficas*, (43), 60-75. Recuperado en 22 de junio de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112000000300005&lng=es&tlng=es.

EL AGUA, CON VISIÓN DE RESGUARDO, UN TESORO GUATEMALTECO.

Jacqueline Imelda Morales Samayoa,¹

Profesional Independiente. Guatemala, Guatemala.

Correo electrónico: *mor.jacqueline@gmail.com*

1. INTRODUCCIÓN

La falta de una ley de agua y una autoridad competente para la protección, conservación, orden y organización de las fuentes, la cantidad y la calidad del agua, es prescindible para el desarrollo sostenible del recurso, el bienestar de los habitantes y para evitar conflictos por uso indebido en sus diferentes categorías.

La República de Guatemala al momento cuenta con algunas legislaciones, pero no una sola ley de aguas y una autoridad competente, por lo que no hay un pleno control y manejo del recurso natural.

La permeabilidad en los suelos urbanizados es muy baja, pocas inmobiliarias contemplan en sus prácticas constructivas sistemas y tecnologías apropiadas para la infiltración del agua, por lo tanto, el volumen de agua almacenado en los mantos freáticos se está agotando apresuradamente originado por la demanda actual progresiva y el incompleto manejo institucional.

Otro problema paralelo es la variabilidad climática, la cual intensifica las temperaturas bajas como las temperaturas altas, en un periodo de tiempo muy corto, circunstancias que agravan la situación respecto al volumen requerido mensualmente por los habitantes, para el uso y desarrollo de las diferentes actividades comerciales, industriales, agropecuarias, domesticas, turísticas, etc.

La poca infiltración de la precipitación, la falta de sensibilidad y conciencia de las personas sobre el uso y contaminación del agua sobre todo por el arrastre de la basura hacia la alcantarilla se agrava en invierno, la interacción de estos factores empeora la situación respecto al volumen del caudal existente y la demanda actual sigue creciendo.

Por lo tanto, la saturación del agua de lluvia sobre la traza urbana, mezclado por la basura ocasiona que colapsen las alcantarillas, cuando un simple programa de limpieza mensual, dirigido por la comuna guatemalteca podría evitar muchos problemas por inundación de calles y avenidas, existen viviendas en las cuales el agua pluvial ingresa por sus puertas, es un problema también para los transeúntes y para todo tipo de vehículos que se descomponen debido a problemas mecánicos, causado por el exceso de agua.

¹ **Arquitecta Maestra en Recursos Hidráulicos -GIRH-, ERIS-FIUSAC Niveles de potencial hídrico en la zona Norte del Valle de Guatemala; Gestión en Reducción del Riesgo a Desastres, -GRRD-, FARUSAC Análisis de vulnerabilidad de la microcuenca (a nivel externo) y del hospital (interno; tres planes de intervención; Diseño y Reestructuración de Hospitales Universitá -LA SAPIENZA-, Roma, Italia Reestructuración arquitectónica de quirófanos y sala de emergencias en Hospital Nacional Pedro Betancourt, san Felipe de Jesús.**

Problemas paralelos son: la tala inmoderada, la saturación de concreto causado por las urbanizaciones y las carreteras viales a fin de satisfacer el acelerado crecimiento poblacional, la infraestructura, el acceso al vital liquido, entre otros; condiciones que no consideran mecanismos de infiltración de agua pluvial adecuados y acceso al agua razonable, por los planes e inversiones gubernamentales deficientemente dirigidos.

2. CARACTERÍSTICAS CLAVE

IMPORTANCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El agua subterránea es vital para los pueblos. En todo el mundo innumerables agricultores y áreas industriales, dependen del agua para su abastecimiento. El desarrollo acelerado en las últimas décadas se ha traducido en grandes beneficios sociales y económicos, al ofrecer a bajo costo sus productos, siendo fiables y principalmente de alta calidad debidos al suministro de agua, para la población urbana como rural; es de alto valor para los cultivos, de trascendente importancia para el mundo y esencial para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio a cumplir en el año 2030 acordadas con Naciones Unidas; las cuales Guatemala alcanzará dentro de varios centenares de años; sin embargo, mediante las acciones contemplada en la Ley de aguas preliminar se podrían planificar.

USO SOSTENIBLE DEL AGUA

Anivel mundial, al agua se le reconoce como un objetivo fundamental implícito en las estrategias nacionales para el desarrollo sostenible y la gestión de los recursos. La sostenibilidad del agua subterránea está estrechamente vinculada con una serie de micro y macro políticas del uso y cantidad, cuestiones que influyen directamente sobre su conservación, además de otros factores como el costo y el uso de la tierra, entre otros; los cuales representan los mayores desafíos en la gestión de los recursos naturales.

Muchas de las naciones en proceso de desarrollo, necesitan apreciar su dependencia socioeconómica respecto a las aguas subterráneas, e invertir en el fortalecimiento de las disposiciones institucionales y la creación de capacidades para las mismas, para mejora de su gestión antes de que sea demasiado tarde.

La tradicional separación en el tema de las aguas superficiales y las aguas subterráneas, ha creado barreras de comunicación fundamentales, que se extienden a partir de los pocos conocimientos técnicos en los desarrolladores de políticas, directores de operaciones y los usuarios del agua. Estas barreras, impiden la comprensión de los procesos y las consecuencias de las interacciones, entre las aguas, aspecto valiosísimo para el cumplimiento del ciclo del agua y la generación lluvia.

La inversión gubernamental en gestión y protección de recursos a menudo es descuidada, por lo tanto, se necesita acción y avances prácticos con urgencia.

INFLUENCIA DEL USO DE LA TIERRA EN EL AGUA SUBTERRÁNEA

La región de Guatemala sobretodo en la ciudad, cada año se hace más densa, debido a migraciones, oportunidades de empleo, acceso a la educación, etc. a falta de oportunidades locales; paralelamente involucra el desarrollo industrial dando lugar a una urbanización acelerada, que demanda la utilización de servicios de energía eléctrica, de abastecimientos de agua, de alcantarillado, de telefonía, etc., además la variabilidad climática que altera el régimen de lluvia y otro aspecto es por la explotación del recurso, sin control.

Todos estos aspectos provocan modificaciones en el uso del suelo afectando el proceso fundamental del ciclo del agua y ocasionando agotamiento en los acuíferos “su papel es básico para el mantenimiento de los humedales y de los caudales de los ríos, y como amortiguador de los efectos de sequías.” (Comisión Europea, 2008, 7) siendo vital para la recarga del manto freático.

AMENAZAS DE CRISIS DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

El glosario hidrológico del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología, e Hidrología de Guatemala define al agua superficial, “Agua sobre la superficie del suelo”. Y al agua subterránea, como el “Agua del sub-suelo que se encuentra en la zona de saturación y que alimenta pozos, manantiales y escorrentía subterránea” (INSIVUMEH, 2019, 1)

La tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, está enfrentándose con una grave crisis de agua; incluso “más de dos mil millones de personas se ven afectadas por la escasez de agua en más de 40 países: 1.100 millones no tienen suficiente agua potable y 2.400 millones no disponen de servicios de saneamiento (OMS/UNICEF, 2000)” (UNESCO-WWAP, 2003, 10) y “La escasez de agua afecta ya a todos los continentes. Cerca de 1.200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial, vive en áreas de escasez física de agua” (PNUD, 2006,1); se observa que la crisis va en ascenso; no sólo por la demanda, por el desperdicio diario desde el uso doméstico, el industrial en las fábricas para producir productos, sino por la contaminación en todas las categorías de uso, la cual se torna un reto más en la gestión.

Relacionado a esta situación se permanece a la expectativa de una posible ocurrencia de desastres hidrometeorológicos, tales como depresiones, tormentas, huracanes, sequías e inundaciones que alteran el proceso de las aguas subterráneas.

Otro factor es que el agua subterránea es un recurso oculto, por consiguiente, su importancia cuantitativa es mucho mayor que la de las aguas superficiales; por lo tanto, el efectuar el seguimiento y restaurar su estado, así como, prevenir su contaminación; resulta más difícil que en las aguas superficiales, debido a su costosa inaccesibilidad.

Mientras que el agua sub-superficial, por su carácter oculto dificulta una adecuada localización, caracterización y comprensión de los impactos naturales y también de los causados por la actividad humana, sobre el uso y la calidad de las aguas

subterráneas; adquiere un papel relevante. Pero a menudo esa falta de caracterización cuantitativa, es traducida como una falta de sensibilización o prueba sobre el alcance de los riesgos y de las presiones a las que, se encuentra vulnerable.

La solución de la crisis del agua en sus numerosos aspectos, no es sino uno de los diversos luchas con que se enfrenta la humanidad, al confrontar la vida en este tercer milenio y es necesario verla dentro de ese contexto. Se hace necesario colocar dentro de un panorama general de solución de problemas y resolución de conflictos, todas las crisis sociales y de recursos naturales, con que se enfrentan los seres humanos hoy en día. Líderes del mundo, reconocen la necesidad de poner en marcha “políticas sólidas, una gestión transparente e ideas innovadoras” (Noticias ONU, 2018, 1).

La crisis del agua que se encuentra en el meollo de nuestra supervivencia y la de nuestro planeta Tierra, por ello es inexcusable procurar un debido interés hacia “La escasez de agua constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI al que se están enfrentando ya numerosas sociedades de todo el mundo” (PNUD, 2006, 1), una de las causas más fuertes es la distribución desigual de los recursos hídricos, por diferentes orígenes o intereses, como la infraestructura económica para generar, almacenar y transportar agua no necesariamente de calidad, por lo que se requiere de inversión en tratamiento de agua en caso de agua extraída en pozos o de ríos, y otros problemas como, el desvío de ríos en el país, o acaparar nacimientos de agua como propiedad privada; en este caso el tema se centra en la extracción generalizada por diferentes impulsos y algunos con intereses particulares.

SOBREEXPLORACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La sobreexplotación “Ocurre cuando la extracción del agua subterránea excede la recarga infiltrada, por la precipitación o por el agua superficial”, es decir, implica sobrepasar el volumen de agua almacenado por siglos en un acuífero. Ninguna entidad es responsable del control de uso y explotación de las aguas subterráneas nacionales, pero como no existe aún una ley de aguas guatemalteca; no se avanza políticamente en dicha materia.

La empresa municipal de agua, Empagua en ciudad de Guatemala, tiene una escasa base de datos y no se dispone de información precisa y continua de los niveles freáticos, tampoco se realiza monitoreo del impacto ambiental respecto a su contaminación, ni se controla la perforación de pozos particulares y caudales ilícitos, por lo tanto, la extracción es descontrolada, por lo que se origina el agotamiento del acuífero metropolitano.

Es importante entonces considerar estudios con enfoque de aprovechamiento para infiltración, protección y conservación del recurso subterráneo, establecer límites de extracción a fin que el volumen de almacenamiento en el acuífero sea sostenible, durante todo el año.

Estudios del “Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad Complutense de Madrid revela una relación entre el hundimiento que sufre el terreno en Lorca y las características del terremoto tectónico que afectó al municipio murciano” Los investigadores “aseguran que el segmento de terreno que se movió durante el seísmo coincide con la cuenca del Alto Guadalentín, una zona de extracción de agua subterránea.” (CSIC, 2016, 1)

Los científicos identificaron el segmento de la falla que se deslizó y desarrollaron “un modelo de carga empleando los datos históricos de extracción de agua subterránea entre 1960 y 2010, así como el área de hundimiento detectada entre 1992 y 2007.” (CSIC, 2016, 1)

“Este modelo nos permitió simular los cambios de esfuerzos acumulados en la corteza terrestre desde el comienzo de la extracción de agua y ver de qué modo y dónde afectaba a la falla de Alhama de Murcia. Sorprendentemente, ambos modelos coincidían en las zonas de máximo movimiento durante el terremoto y de máxima acumulación de energía por extracción de agua subterránea” (CSIC, 2016, 1)

Es importante estudios de prevención y para eso se necesita enfocar mayor énfasis sobre fallas geológicas, además de un monitoreo constante de las tendencias telúricas del territorio y generar mapas con el fin de definir las normativas, reglamentos y restricciones de construcción y zonas de aprovechamiento hídrico; que conlleve a una buena planificación futura que preserve el agua.

3. REVISIÓN DE LITERATURA SOBRE LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN GUATEMALA

CRITERIOS DE EMPAGUA SOBRE EL AGOTAMIENTO DE ACUÍFEROS

Los acuíferos que surten de agua a unos dos millones de habitantes en Ciudad de Guatemala se están agotando, denunciaron asesores de la Empresa Municipal de Agua (Empagua): “Hace unos 40 años encontrábamos agua a 600 pies de profundidad, ahora debemos excavar hasta mil 700 pies para desarrollar los pozos de Empagua”, dijo a Tierramérica Carlos Quezada, hidrólogo asesor de la Municipalidad (IPS, 2007,1).

“A ese problema se suma la variabilidad del clima. En los últimos años se han registrado veranos prolongados e inviernos en los que llueve mucho pero por períodos cortos y solo en lugares determinados, lo cual no favorece la recarga hídrica” (IPS, 2007,1) agregó.

Julio Escoto, Director de la Unidad Ejecutora de Proyectos de Empagua, comentó a Tierramérica que “en el valle de la capital se redujeron las áreas de infiltración del agua de lluvia y en contraposición, aumentó la explotación de ese recurso”(IPS, 2007,1). “En la ciudad hay un acuífero superior y un acuífero inferior. El primero ya se agotó, y en la actualidad se explota el segundo”(IPS, 2007,1) precisó.

En tal virtud, se constata de fuente fidedigna al respecto de la situación del agua en la ciudad; aspecto impresionante, que merece la pena tomar en cuenta, a fin de preservar los acuíferos correspondientes.

POLÍTICA NACIONAL DEL AGUA Y SU ESTRATEGIA.

Al respecto en el “Borrador final, tercer versión, titulada Ley para la Gestión Integrada del Agua” se menciona que el agua es un bien natural que satisface las necesidades vitales, que es un bien cuyo comportamiento es espacial y temporalmente irregular, se ha previsto una crisis global del agua, en unos territorios por escasez y en otros por sobre abundancia, lo cual convierte la gestión y gobernanza de este bien natural en un asunto político con proyección regional, continental y global y por lo tanto, de seguridad nacional (Colom E. & Morales M., 2017, 2).

En el mismo documento sobre el tema del recurso hídrico subterráneo se menciona que según la Administración Nacional del Agua, conformará algunos organismos dentro de ellos “la Autoridad Nacional del Agua también podrá organizar entidades para la gestión integral de aguas urbanas y manejo de aguas subterráneas y acuíferos, atendiendo a sus propias particularidades naturales”.

Menciona la organización de entidades para la gestión integral del manejo de aguas subterráneas; por lo que es posible que se establezca y conforme una entidad administradora de forma rápida, pero el tiempo que se emplearía para desarrollar y definir la logística y planificación del manejo del agua subterránea y acuíferos posiblemente tomará un largo tiempo, mientras tanto, la extracción del agua continuará de forma desmedida.

Se menciona que de acuerdo al Informe de Desarrollo Humano 2015, “la tasa anual de extracción de agua para Guatemala es de 2.6%, considerada baja en relación con el mundo e intermedia comparada con los otros países de la región” e interpreta en el mismo párrafo “Guatemala dispone de agua dulce suficiente pero debido a la falta de capacidades no se satisfacen todas las demandas ni se gestiona eficazmente la contaminación y el riesgo hídrico” (Colom E. & Morales M., 2011, 3).

Es necesario el control sobre el monitoreo de los descensos del agua que se realice frecuentemente, porque se carece de información continua y según fuente de postgrado existen una fuerte extracción en la zona Norte del Valle de ciudad Guatemala en pozos donde su nivel freático “descienden progresiva y permanentemente, con una tasa promedio aproximada de 9m/año, presentan una explotación promedio aproximada de 337 gal/min, se estima que su aprovechamiento hídrico finaliza aproximadamente en el año 2,020” (Morales, 2012, p 51); por lo que valdría la pena continuar con los estudios respectivos para implementar una serie de medidas de regulación para su consumo y aprovechamiento.

Se lee en la versión final, ampliada que se contempla un conjunto de buenas prácticas como; establecer un sistema de control de usos de las aguas subterráneas de los mantos acuíferos del Valle de Guatemala que permita conocer la demanda real y el comportamiento de la fuente, para luego mediante acuerdos adoptados entre los usuarios se definan normas de aprovechamiento y medidas de manejo, protección y recuperación; además de ser necesario aumentar el caudal conducido en el acueducto nacional Xaya-Pixcaya, asegurar su protección y mejoramiento de capacidades (Ley para la Gestión Integrada del Agua, 2017, 16).

Además que se considere un control de uso de los acuíferos, para conocer la demanda real, el comportamiento de la fuente y llegar a definir normas de aprovechamiento y medidas de manejo, protección y recuperación, así como, el aumento del caudal hacia el acueducto para asegurar su protección y el mejoramiento de capacidades.

El tema en desarrollo es relevante, dado que, la Política Nacional del Agua en Guatemala, considera al recurso hídrico subterráneo como de seguridad nacional, dado que hace referencia a gestionar la extracción del agua subterránea en el tema de riesgo hídrico en el marco de adaptación al cambio climático.

Es de beneficio nacional, ya que está enfocado a preservar el recurso y orientado a servir como instrumento de gestión integrada del recurso hídrico para Guatemala.

Con claridad se dice que no se gestiona eficazmente el riesgo hídrico, cuestión vital que no se tomó en cuenta como medidas de prevención a corto plazo, pero si se contempla cierta estrategia “La Autoridad nacional del agua podrá organizar entidades para la gestión integral de aguas urbanas y manejo de aguas subterráneas y acuíferos, atendiendo a sus propias particularidades naturales” (Colom E. & Morales M., 2011, 21).

Y se presentan algunos puntos de importantes a largo plazo como “el censo estadístico de usos y problemas existentes del agua, identificados por el inventario, que incluye la identificación georreferenciada de las aguas” (Colom E. & Morales M., 2011, 39).

El documento indica la gestión por extracción de agua subterránea, puntualmente sobre solicitar la autorización del transporte agua de una región hidrográfica a otra,

siendo importante que se tome en consideración el tema, como un aspecto de prevención respecto al posible riesgo de escasez.

Se consideran unas “medidas para conservar, proteger y recuperar la calidad, cantidad y comportamiento de las fuentes de agua y detener el deterioro de las cuencas” (Colom E. & Morales M., 2011, 43). Se contempla el diseño, la construcción, el mantenimiento y la operación de “sistemas de labores, trabajos y obras para manejo del suelo, bosque, cobertura vegetal y agua en la cuenca.” (Colom E. & Morales M., 2011, 43) en el Plan Nacional del Agua, y en los Planes Maestros de Aprovechamiento y Gestión de Cuencas.

También proponen un canon por “aprovechamiento del agua, mediante acuerdo de la Autoridad, en base a dictamen técnico jurídico de la Secretaria Técnica, por cantidad de agua aprovechada expresada en metros cúbicos / día / año.” (Colom E. & Morales M., 2011, 46). Lo interesante es que plantean utilizar los fondos recaudados a grandes rasgos para el manejo integrado del recurso hídrico, su protección y su conservación en la misma cuenca.

Particularmente se menciona que el “Estado de Guatemala cuenta con agua suficiente para satisfacer las demandas presentes y los requerimientos futuros, como han concluido SEGEPLAN y IARNA; bien naturalmente distribuido en cuencas hidrográficas superficiales y subterráneas de manera temporal y espacial no uniforme” (Colom E. & Morales M., 2011, 46); pero el estudio de la no uniformidad es vital para lograr el bienestar y desarrollo común, siendo bueno implementar planes de vigilancia y monitoreo de cuerpos de agua superficiales y subterráneas con el fin de plantear medidas de seguridad ante eventos de escasez.

FORO CONSULTIVO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO (FCCYT) DE LA RED INTERAMERICANA DE ACADEMIAS DE CIENCIAS (IANAS POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) Y SU PROYECTO DE RED DE AGUA, EN SU DOCUMENTO “DIAGNÓSTICO DEL AGUA EN LAS AMÉRICAS”,

A cerca a la problemática y los retos que enfrentan 15 países en América para el manejo sustentable del agua, a través de una red que agrupa más de cien academias nacionales de ciencia en todo el mundo.

Uno de los objetivos es “proveer la información fundamental que permita una asignación adecuada de los recursos hídricos por parte de las autoridades involucradas, También identificamos oportunidades en el diseño de nuevos procesos que mejoren el uso del agua hasta alcanzar la sustentabilidad en el largo plazo” (Jimenez B. & Galizia J., 2012, vi).

Respecto al Estado del agua en Guatemala, describe la situación actual de la gestión del agua y los retos con base al documento apoyado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) basado en el diagnóstico de los recursos hídricos del 2007, preparado por la Secretaria General de Planificación (SEGEPLAN).

Los aspectos relevantes al respecto son sobre el abastecimiento de agua para el área metropolitana la cual presenta un reto importante, presentan una gráfica en la cual se puede interpretar las zonas de recarga, la cual se encuentra clasificada con poca cobertura forestal.

Expresan que “la distribución espacial de la lluvia es muy irregular y la disponibilidad natural del agua no coincide exactamente con las demandas.” (Jimenez B. & Galizia J., 2012, 284).

La topografía de la ciudad, permite en el área de barrancos bastante infiltración, aspecto que ayuda a algunos sectores, mientras otros, necesitan de otros medios para captar agua, dado que al vivir en las partes altas de la cuenca, la precipitación escurre como en el caso de la subcuenca metropolitana.

Y sobre el tema de la legislación “Entre las de Jerarquía ordinaria más relevantes” (Jimenez B. & Galizia J., 2012, 302) se menciona a la legislación relacionada con el agua, se encuentra la Constitución, la Ley de expropiación, la Ley de reservas territoriales del Estado, el Código civil de 1963 y Código penal, el Código penal de 1933, el Código municipal, el Código de salud, la Ley de transformación agraria, la Ley de minería, la Ley de hidrocarburos, la Ley de pesca, la Ley general de energía, la Ley orgánica del INGUAT, la Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, la Ley forestal y la Ley de áreas protegidas.

Los temas que legislan son la propiedad y servidumbres, el uso común, el aprovechamiento, la conservación, “sin incorporar al sistema jurídico nacional una ley especial, como lo dispone la constitución (1985)” (Jimenez B. & Galizia J., 2012, 302), siendo necesario contar con la ley de aguas y una autoridad competente para el aprovechamiento sostenible del recurso y que se regule la administración integral de acuerdo a “mecanismos de coordinación de planificación y presupuesto” (Jimenez B. & Galizia J., 2012, 304).

Sin embargo, “la respuesta del Estado frente al tema jurídico y legal del agua ha evolucionado en respuesta a las necesidades específicas del país (leyes e instituciones sectoriales)” (Jimenez B. & Galizia J., 2012, 302); por lo que se hace necesario contar con una legislación integral del agua a fin de solucionar conflictos comunitarios como el tema de derecho de uso minero y fines agrarios entre otras categorías del agua.

Respecto al orden legal de la administración de las agua indica que “El tema central de la legislación del agua es contar con un sistema capaz de garantizar y balancear, por un lado, el acceso y el aprovechamiento del agua para fines sociales y productivos, y por el otro, disponer medidas a favor de la protección del recurso y, con ello, lograr abasto seguro e indefinido del mayor número de demandas” (Jimenez B. & Galizia J., 2012, 303), se agrega que el resguardo al bien común, en cuanto a calidad y cantidad, es fundamental para la salud de los pueblos y su desarrollo.

LA CARTA ENCICLICA "LAUDATO SI"

Publicada por el Santo Padre Francisco; sobre el cuidado de la Tierra-La Casa Común, quien invita a observar, reflexionar y tomar acciones respecto al uso responsable y el no abuso, es decir, el asumir un estilo de vida saludable, no consumista porque agota los recursos naturales, no de desperdicio sino de compartir; un estilo que sea compatible con el bienestar individual y del medio ambiente.

"¿Qué pasa si hoy tenemos la bendición de contar con una buena cosecha de maíz? Seguramente no consumiríamos todo el maíz de una vez. Lo más prudente es pensar en guardar raciones para consumir en los siguientes meses y también guardar una parte para sembrar en el futuro." (ODHAG, 2016, 6)

Por lo que el párrafo anterior es el ejemplo claro en palabras sencillas de "El concepto de desarrollo sostenible: "El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"" (Bermejo R., s.f.16).

Se trata entonces de mantener una actitud proefectiva, proeficiente, proservicial, previsiva con el objetivo de asegurar, preservar los recursos futuros, es decir, mediante un desarrollo sostenible para todos y todas.

"El acceso al agua potable y segura para el consumo de las personas, es un Derecho Humano" (ODHAG, 2016,13), es decir que hay que proveer el mantenimiento de reservas en todo sentido, porque el agua es un recurso finito.

El ciclo del agua, la purifica naturalmente, la naturaleza en forma de bosque produce el agua y lo fomenta y su infiltración, se podría decir, que es una cosecha de forma artesanal y se mantiene como una reserva natural circulando y medianamente resguardada, por lo tanto, el fin primordial es conservar el vital líquido, tanto, en la superficie de la tierra, como en su interior.

El problema se agrava dado el fulminante consumo de los habitantes y de las industrias, quienes además del excesivo aprovechamiento del recurso hídrico, fabrican grandes cantidades de productos pero en buena parte no son biodegradables, cuestión que estropea el ambiente.

Por ello, es necesario cambiar las actitudes respecto a las necesidades de consumo personales que contaminan el agua, en combinación con buenas prácticas individuales sobre los desechos, es una cuestión de sensibilidad respecto al deterioro de la naturaleza, la contaminación genera temperaturas altas, lo cual hace variar la precipitación pluvial, ocasionando inundaciones o sequías.

El aspecto del uso racional del agua es muy importante dado el desperdicio diario, se hace forzoso el poner en práctica hábitos que colaboren con la utilización de cantidades eficientes para el desarrollo de las actividades a nivel doméstico, industrial, agrícola, turístico, para saneamiento, comercial, etc.

4. REFLEXIÓN

El agua es un bien común, que beneficia al cuerpo humano y al desarrollo de todas sus actividades para el logro de sus objetivos materiales, productos bienes y servicios, por lo que requiere toda nuestra atención para su prevención y conservación, dada la enorme cantidad de agua utilizada y devuelta al territorio en estado de deterioro por contaminación, la cual requiere de grandes esfuerzos económicos para reintegrar hacia un estado de calidad no natural, pero aceptada, según la norma guatemalteca de calidad de agua, quien establece ciertos parámetros, que en teoría nacional no afectan la salud del ser humano; posiblemente a corto plazo; lo cierto es que en países extranjeros, los parámetros son más altos en cuanto a las exigencias internacionales de calidad.

El objetivo podría ser cuidar el agua en su estado cíclico natural, a fin de proteger todos los cuerpos superficiales y procurar la infiltración del agua subterránea, la cual mineraliza las aguas, las hace frescas, naturales y saludables, dado que ellas mismas procuran el nacimiento de manantiales; y lo más importante es su almacenamiento; por estos aspectos y otros, es necesario una ley de aguas equitativa y ecuaníme sin distinción de credos y razas que planifique, proteja, conserve las aguas para un bien común.

Por ello contemplar una visión llevada a la planificación del recurso para su aprovechamiento a corto plazo, dada la evolución de demanda y producción de productos, lo cual requiere grandes cantidades de agua mientras la extracción del agua es día a día, en demasía, sin una autoridad disciplinada que se interese al respecto de lleno y la regularice, que implemente medios para estar en armonía con las necesidades de cada guatemalteco.

Una entidad que administre y gobierne el agua superficial y subterránea en conjunto, con visión de integral y de resguardo como un tesoro nacional, con comprensión de procesos y consecuencias de uso e interacción de contaminantes, un recurso que amerita una urgente atención a corto plazo.

Un tesoro finito que exige cuidado es nuestra "casa común", la biosfera, quien tiene la potestad de brindarnos un techo de agua pura natural, que alimente los mantos freáticos, a fin procesar el circuito de purificación y generar un equilibrio entre la atmósfera con todas sus capas, las cuales tienen dinamismos individuales, la litósfera (la corteza continental, la corteza oceánica) y la hidrósfera con sus cuerpos de agua (océanos, mares, ríos, lagos y demás masas y corrientes de agua), capas componentes del planeta tierra que mediante los procesos de interacción son generadores de vida, mediante el proyecto habitacional planificado para el ser humano de parte del máximo creador del cosmos.

Por tanto, una muestra de consideración y estima podría ser guardar raciones para el consumo, sembrar y cosechar, utilizar de forma prudente de acuerdo a las necesidades actuales, sin comprometer la capacidad de generación futura, es decir, sostener una actitud de reserva, siendo conscientes de que el agua es un recurso finito.

Y es necesario implementar una gobernanza del agua que legisle de forma capaz de garantizar y balancear el acceso y aprovechamiento del agua con un fin social y productivo de igualdad entre todos los pueblos de la Nación guatemalteca, a prevenir conflictos por uso del líquido.

Estudios académicos preliminares presentan ciertos resultados que confirman un acelerado descenso en los niveles freáticos en el Valle Norte de la ciudad de Guatemala, así como, personeros de la empresa municipal de agua exponen su consideración respecto a la extenuación del acuífero superior, indica que está agotado y el segundo acuífero inferior se encuentra en actual explotación, además se expone un caso sobre fallas geológicas, terrenos con tendencias telúricas que ayudan a preservar el agua pero que también puede presentar cierto riesgo ante el potencial riesgo de hundimiento, para lo cual desarrollaron un modelo de carga con datos históricos, el cual se puede proyectar con un registro de serie de datos continuo, pero es necesario que la futura autoridad nacional del agua, cuente con tecnología, equipo y personal adecuado; a fin de planificar, monitorear, modelar, controlar y preservar el recurso hídrico nacional; para la armonía, bienestar y supervivencia de los habitantes de la tierra del quetzal.

5. REFERENCIAS

Bermejo R., (s.f.). Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis. ISBN: 978-84-89916-92-0

COLOM E. & MORALES M., (2017). Ley para la Gestión Integrada del Agua. Borrador Final, tercera versión. Versión Final Ampliada.

COMISION EUROPEA (2008). Protección de las aguas subterráneas en Europa. La nueva directiva sobre las Aguas Subterráneas-Consolidación del Marco Normativo de la UE. Agua. Dirección general de Medio Ambiente. ISBN 978-92-79-09818-5 DOI 10.2779/84633

CSIC (2012). Consejo Nacional de Investigación Científica. Pablo J. González, Kristy F. Tiampo, Mimmo Palano, Flavio Cannavó y José Fernández. El hundimiento del terreno de Lorca influyó en las características del terremoto de 2011. The 2011 Lorca earthquake slip distribution controlled by groundwater crustal unloading. Nature Geoscience. DOI: 10.1038/NNGEO1610. Departamento de Comunicación.

INSIVUMEH (2019). Instituto Nacional de Sismología, vulcanología, Meteorología e Hidrología. Ministerio de comunicaciones infraestructura y vivienda. Guatemala centro América.

IPS (2007). Inter Press Service. Agencia de Noticias.Tierramérica. Medio Ambiente y Desarrollo. Ambiente, América Latina y el Caribe, Desarrollo y ayuda, Eco breve. Guatemala: Se agotan acuíferos.

- JIMENEZ B. & GALIZIA J. (2012).** Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. Diagnóstico del Agua en la Américas. Red Interamericana de Academias de Ciencias. ISBN: 978-607-9217-04-4
- MORALES J. (2012).** Evaluación del descenso del nivel freático en la parte Norte del acuífero metropolitano en el valle de Guatemala. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos.
- NOTICIAS, ONU (2018).** Once líderes mundiales alertan sobre la crisis del agua: cada gota cuenta. <https://news.un.org/es/story/2018/03/1429092>
- ODHAG. Laudato Si' (2016).** El cuidado de la casa común que compartimos todos y todas. Versión popular de la Encíclica. Papa Francisco.
- PNUD (2006).** Informe sobre Desarrollo Humano 2006: Mas allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua. PNUD. Combatir la escasez de agua. El desafío del Siglo XXI. ONU-Agua, FAO.
- UNESCO-WWAP (2003).** Water for people, water for life. Executive Summary of the UN World Water Report. Primera publicación. Organización de las Naciones Unidas, para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO, Paris. Versión en lengua castellana editado por el Ministerio de Ambiente España.
- UNESCO (2006).** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Crisis del agua: un problema de gobernabilidad, según el segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Comunicado de prensa N° 2006-14 UNESCOMPrensa.

FUNDAMENTOS DE LA PLANEACIÓN ADAPTATIVA DEL AGUA

Rita Victoria de León Ardón

Facultad de Ingeniería

Universidad Mariano Gálvez de Guatemala

Correo electrónico: *ritav08@gmail.com*

1. INTRODUCCIÓN.

La solución de los problemas ambientales actuales requiere que se considere factores tanto sociales como técnicos, siendo estos últimos, quizás los más fáciles de manejar. En el caso particular de América Latina se tienen problemas de gran envergadura que son fuentes de crisis sociales, hay que ver el caso del Agua en ciudades como México o Río de Janeiro, el problema de la basura en aguas internacionales entre Guatemala y Honduras, la corrupción en construcción de megaobras de infraestructura hídrica, en fin, son innumerables, y que presentan un carácter de fractalidad, es decir, que se repiten a diferentes magnitudes y escalas pero en la raíz son los mismos para la mayoría de países de Latinoamérica.

El presente texto indaga sobre la planeación adaptativa del agua considerando un marco de epistemología ambiental, asimismo propone una serie de factores particulares a considerar en el análisis de la planeación del agua en esta región.

Para el caso Latinoamericano la consideración de la epistemología ambiental se hace necesario como lo indica Damascos, Gazia y Gallopín:

“la teoría ecológica y los estudios publicados acerca del comportamiento ecosistémico en diferentes regiones del mundo son fuentes importantes de hipótesis, a éstas se pueden acoplar los escasos estudios funcionales de la región latinoamericana. Esta situación presenta un peligro potencial, el exceso de teorización y generalización en el que la realidad específica latinoamericana se desvanezca de manera gradual”(Damascos, Gazia, & Gallopín 1995:11).

La definición de epistemología es diversa, algunas de ellas se presentan en la tabla No. 1.

Tabla 1. Definición epistemología

Definición
Estudio del conocimiento científico desde el punto de vista crítico (Cuvillier, 1956 :77).
La epistemología o filosofía de la ciencia que estudia la investigación científica y su producto: el conocimiento científico(Bunge, 2002:21)
La epistemología es útil porque se ocupa de estudiar los procesos y las formas a través de las cuales se construye el conocimiento (...) mantener una vigilancia epistémica en los procesos de investigación, es preguntarse qué es hacer ciencia y saber qué es lo que hace el científico, examinar las teorías y los métodos en su aplicación (...) (Osorio Pérez, 2014:47)
La epistemología es la teoría del conocimiento, implica clarificar que involucra la concepción de conocimiento, cómo se aplica y el por qué de las características del conocimiento (Rescher, 2003:xiii)
Epistemología, considerando una perspectiva restrictiva, investiga las fuentes, valores (cognitiva), principios y límites del conocimiento. Los problemas típicos de la epistemología son: ¿qué es el conocimiento?, ¿está el conocimiento basado en los sentidos o en la razón?, ¿es ciertamente alcanzable? ¿qué es la verdad? ¿cuáles son los límites del conocimiento? (Wolenski, 2004:4)

Fuente: elaboración propia

Se observan diferentes conceptualizaciones del término, algunas restringen su ámbito únicamente al conocimiento científico otras no hacen diferencia entre conocimiento científico y no científico, sin embargo. hay que tomar en cuenta que la epistemología tiene un carácter evolutivo y que el conocimiento no posee un carácter individual, la naturaleza de la epistemología es dinámica, que el conocimiento se construye y se reconstruye continuamente, incluso a velocidades vertiginosas que un sujeto en su individualidad tiene limitaciones para comprender la realidad de una manera total y que por tanto para un mejor entendimiento se requiere de interacciones con otros sujetos.

En este punto, se hace necesario establecer el concepto de epistemología ambiental, que es base fundamental de este artículo. Leff (2011: 7) lo define de la siguiente manera:

“La epistemología ambiental no sólo busca instaurar la interdisciplinariedad entre ciencias sociales y naturales para abordar temas y resolver problemas socioambientales complejos. El saber ambiental no es una ciencia general de las relaciones sociedad-naturaleza. la epistemología ambiental tiene como propósito desconstruir los paradigmas científicos derivados de la racionalidad de la modernidad —la racionalidad teórica e instrumental, económica y jurídica— que guía los destinos de la sociedad, para comprender su incidencia en la crisis ambiental; al mismo tiempo, busca orientar la construcción de conocimientos y saberes para la sustentabilidad” (Leff 2011:7)

Por otro lado, Torres Carral (2016:40) define la epistemología ambiental de la siguiente manera:

“debe renovar y ampliar el camino del conocimiento mediante los diálogos entre las distintas dimensiones que constituyen el ambiente, hombre-naturaleza-sociedad-cultura (...)”

2. PLANEACIÓN ADAPTATIVA DEL AGUA

La planeación adaptativa es el paradigma de gestión de recursos hídricos que ha tomado relevancia en los últimos años, este enfoque contempla la complejidad y la incertidumbre de los sistemas naturales y sociales (Pires, 2008:28), se reconoce que dicha complejidad impone límites a la predicción y control de los sistemas, este paradigma se basa en el enfoque de sistemas (van der Keur et al, 2010).

Este tipo de planeación considera a las políticas en hipótesis y las acciones se convierten en experimentos para probarlas (Kallis, et al, 2009: p.636). Estos “experimentos” son de larga escala y este tipo de planeación acepta que las fallas ocurren pero se convierten en oportunidades de aprendizaje y **los sistemas hídricos son vistos como sistemas complejos**.

En materia de agua y en contraposición al paradigma tradicional se reconoce lo siguiente (Pahl-Wostl, 2008: 2):

- 🗣️ Las crisis de agua son a menudo crisis de gobernanza y no producto de los recursos mismos o de los problemas tecnológicos.
- 🗣️ El incremento de incertidumbres debido a los cambios climáticos y al cambio global reduce la predictibilidad de las condiciones frontera.
- 🗣️ Los sistemas son demasiado complejos para predecir con precisión las salidas de las intervenciones de planeación, así como para tener control de todos sus procesos relevantes.
- 🗣️ La planeación del agua es un proceso político y la implementación de políticas es de alguna forma un experimento.

Los recursos hídricos poseen varias características, y como indica Leff (2013a,2013b) se requiere la aplicación del paradigma metodológico de los sistemas complejos como medio para solucionar e interpretar los problemas ambientales Leff (2013a,2013b).

El término complejo está asociado al enfoque de sistemas, que implica percibir la realidad como un sistema, es decir, como un conjunto de elementos interrelacionados en un ambiente dado.

Los recursos ambientales son sistemas adaptativos complejos, “complejo en el sentido de que es diverso y conformado por múltiples elementos interconectados; y es adaptativo, por que tiene la capacidad de cambiar y aprender de la experiencia” (Miguélez, 2011: 63). Algunas de las características de los sistemas complejos son las siguientes (Cilliers, 2002 p. 24; Lara-Rosano, 2017:11-12):

- a) Un gran número de elementos interactuando de una manera dinámica con un gran intercambio de información
- b) Las interacciones entre los elementos son no lineales.
- c) Los sistemas complejos son sistemas abiertos (es decir, que interactúan con el ambiente) tienen procesos de retroalimentación.
- d) Operan bajo condiciones lejos del equilibrio, quiere decir que hay un continuo cambio y adaptación hacia las condiciones impuestas por el entorno.

- e) Los elementos ignoran el comportamiento de todo el sistema del cual forman parte.
- f) Presentan propiedades emergentes, que surgen de las interrelaciones entre elementos y que cada elemento por sí sólo no las posee.
- g) El comportamiento de una entidad compleja surge de la auto-organización de sus partes

Los sistemas hídricos son complejos ya que tienen las siguientes características de acuerdo Islam & Suskind, (2013:41-46):

- ☉ "Operan en múltiples dominios (naturales, sociales, políticos, entre otros) y escalas simultáneamente: (espaciales, temporales, jurisdiccionales e institucionales y a diferentes niveles: locales, regionales y globales).
- ☉ La menor perturbación en los sistemas de agua pueden crear un gran efecto debido a la no linealidad y los bucles de retroalimentación de varios tipos, esto conlleva a que no se pueda predecir exactamente la evolución del sistema.
- ☉ La naturaleza del agua implica cruzar fronteras.
- ☉ Co-evolución: ee refiere a que tanto el sistema como el ambiente se modifican constantemente y recíprocamente y estas modificaciones reciben el nombre de adaptaciones.
- ☉ Estructura redes: una red es una colección de nodos interconectados, en el caso del agua es una de las formas más importantes de representar relaciones funcionales entre un gran número de componentes interconectados.
- ☉ Emergencia: se refiere a que en las interacciones de los componentes del sistema surgen nuevas propiedades que por separado los elementos no las poseen.

La incertidumbre es otra característica presente en los sistemas hídricos, y se considera al menos cuatro tipos según Williams & Brown (2012): variación del ambiente, observación parcial, incertidumbre estructural y control parcial.

La variación del ambiente: se refieren a las condiciones ambientales externas al recurso hídrico, un claro ejemplo es el cambio climático que altera los procesos naturales provocando lluvias en exceso o bien sequías.

Observación parcial: reconoce la incapacidad de un individuo o grupo de individuos para observar completamente el sistema de recursos hídricos que se está manejando y depende de la escala geográfica y de la complejidad ecológica. Por ejemplo, es mprobable que se conozca a detalle y profundidad cada uno de los procesos que se llevan a cabo en el Río Usumacinta, ya que sus condiciones varían constantemente, y hay diversidad de ecosistemas interrelacionados.

Incertidumbre estructural: se deriva de la carencia de entendimiento o consenso acerca de los procesos que controlan la dinámica de los recursos, esto esta relacionado con los diferentes puntos de vista e intereses que se tienen sobre un recurso hídrico.

Control parcial: se refiere a la diferencia entre los resultados deseados, la toma de decisiones concreta y los resultados que realmente ocurren.

La planeación adaptativa recomienda el uso de escenarios, ya que son herramientas cuyo fin es visualizar múltiples futuros, algunos de ellos tendenciales

(lo que sucederá, si no se realizan cambios en el presente) y otros normativos (el futuro que debe ser: un futuro construido) (Godet, 2000; De Jouvenel, 2000).

Considerando una perspectiva general, de acuerdo con Rasmussen (2011) es recomendable el uso de escenarios en la planeación pública cuando se presenten las siguientes condiciones: complejidad, incertidumbre, necesidad de combinar perspectivas de corto y largo plazo, disponibilidad de recursos, responsabilidad y compromiso para la transformación de los sistemas por parte de los actores.

En el ámbito específico de la planeación del agua Gallopín y Rijsberman (2000) indican que se requiere la adopción de una perspectiva de largo plazo que permita observar el desarrollo de los procesos hidrológicos y sociales —ya que son procesos complejos con un desarrollo paulatino— y es en este punto donde la consideración de los escenarios se torna fundamental.

En el tipo de planeación adaptativa del agua, los escenarios juegan un rol esencial y por lo tanto deben cumplir ciertas características (Coates et al., 2012):

- ☞ “Ayudar a los planeadores, diseñadores y operadores a aprender cómo un sistema se puede desempeñar considerando varias opciones y colaborar en el diseño de soluciones futuras (innovación tecnológica).
- ☞ Proveer integración, alcance y perspectiva, los escenarios permite capturar la interdependencia y complejidad entre otros componentes del sistema (enfoque de sistemas).
- ☞ Cubrir los intereses y preocupaciones de los tomadores de decisión involucrados en todos los niveles: locales, regionales y nacionales (participación).
- ☞ Información pertinente”.

3. CONSIDERACIONES ADICIONALES PARA TOMAR EN CUENTA EN LOS ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS HÍDRICOS EN EL CASO DE GUATEMALA Y MÉXICO

COLONIALISMO AMBIENTAL

El deterioro del ambiente crece a tasas elevadas, ya que obedece en muchos casos a resultados de los avances industriales y productivos de los países centro, sin embargo, el deterioro ambiental es crítico en los países en vías de desarrollo ya que la educación y la investigación poseen inversiones bajas y por su misma naturaleza llevan un atraso en sus conocimientos.

El colonialismo ambiental es definido por Atilés Osoria (2013) como:

“La explotación de los recursos naturales y la extracción de las riquezas (minerales, humanas, energéticas y biológicas), la destrucción del medio ambiente y de las epistemologías relacionadas, han sido tradicionalmente manifestaciones primarias del colonialismo, el *Plunder* o saqueo puse ser evidenciada a través de los distintos procesos históricos de colonización y dominación emprendidos por el Norte Global alrededor del mundo (...) la explotación de los recursos se fundamenta en una aprensión biopolítica de la naturaleza (...) y en la nueva geografía neoliberal los recursos naturales han pasado a ser mercancías ecológicas”(Atilés-Osoria, 2013,pp.135,136,137)

El colonialismo ambiental, también rige la labor de aquellos investigadores y tomadores de decisiones, que deben solucionar las problemáticas ambientales, tal como lo indica Torres Carral (2016):

“Es difícil esperar una autonomía e independencia reales de los científicos, de frente a las grandes corporaciones y sus intereses globales, geoeconómicos y geopolíticos, que imponen sus propios paradigmas sin consideración de los pueblos”(Torres Carral, 2016:46).

FEMINISMO Y AMBIENTE

Nieves (2016: 49) detectó tres enfoques desde los cuales se aborda la interrelación mujeres-género-medio ambiente: “ i) ecofeminismo, ii) mujeres y medio ambiente, iii) género, medio ambiente y desarrollo sustentable”(Nieves Rico 2016). Ver tabla No. 2.

Tabla 2. Enfoques de epistemología feminista y ambiente

Enfoque	Características
Ecofeminismo	<p>Conceptualiza la relación de las mujeres con la naturaleza.</p> <p>Se considera a “la mujer” como un concepto y una realidad unitarios, centrados en el hecho de ser madre y cuidadora de vida.</p> <p>No reconoce la heterogeneidad existente al interior de esta categoría determinada por la pertenencia étnica, la clase social y la edad, entre otros factores.</p> <p>De corte esencialista y biologicista (p.51)</p>
Mujeres y medio ambiente	<p>Se inserta dentro de la línea de pensamiento y de acción denominada “mujeres en el desarrollo”.</p> <p>Se centra en las mujeres y sus necesidades como individuos y grupos.</p> <p>Papel de las mujeres como “administradoras cotidianas” de los recursos.</p> <p>El análisis es de tipo microsocioal.</p> <p>Sin considerar la interdependencia existente entre la condición social de los varones y las mujeres, y entre el sistema de género y las políticas de desarrollo tanto a nivel micro como macrosocioal</p> <p>Las mujeres como “componentes” a incluir dentro de los proyectos (p.53-55)</p>
Género, medio ambiente y desarrollo sustentable	<p>La construcción de género es uno de los agentes intermediadores de las relaciones entre las mujeres y los varones con el medio ambiente.</p> <p>Se centra en la importancia de las relaciones sociales y del sistema de poder.</p> <p>Se reconoce el carácter sociohistórico y cultural de los procesos de subordinación y negociación en los que se encuentran insertas las mujeres (p.55-57).</p>

Fuente: elaboración con base en Nieves Rico, 2016.

Esta misma autora percibe: al *ecofeminismo* como una relación mujer-ambiente de carácter menos desarrollado que tiene raíces esencialistas y biologicistas; *el enfoque mujeres y medio ambiente* como aquella orientación en que la mujer es vista como una parte a integrar dentro de los proyectos y por último la raíz más reciente *género, medio ambiente y desarrollo sustentable* el cual establece que el género como uno de los agentes intermediadores de las relaciones entre las mujeres y los varones con el medio ambiente (Nieves Rico, 2016, pp. 51-57), y siguiendo la línea de género, medio ambiente y desarrollo sustentable define las siguientes áreas de interés y de estudio:

- “a) La manera en que las interacciones masculinas-femeninas afectan y son afectadas por el cambio ambiental.

b) La construcción de las identidades de género de los distintos grupos de mujeres y de varones, en el sentido de los papeles, las subjetividades y las percepciones socialmente construidas y culturalmente validadas que sitúan a los individuos frente a los cambios ambientales y los procesos de transformación social, política y económica de los países y sus interconexiones.

c) La ideología que sustenta y define la posición subordinada de las mujeres en relación con los varones en nuestra sociedad y los consecuentes obstáculos que éstas deben enfrentar para el acceso a, y el control de los recursos ambientales, así como para ejercer poder en los procesos de adopción de decisiones sobre la dirección del desarrollo sustentable” (Nieves Rico 2016:58).

REFLEXIÓN CRÍTICA

La reflexión crítica para Pasek de Pinto & Matos de Rojas (2006: 109) “nace de la postura dialéctica o crítico hermenéutica que señala que el conocimiento se genera en el contexto de las acciones del hombre ya que tener el control implica el conocimiento total de la realidad”, situación que se hace imposible al ser humano.

Se deduce entonces la existencia de ese conocimiento limitado pero también hay que reconocer que el colonialismo hay provocado “despojos epistémicos intencionales” (Correa & Saldarriaga 2014:165):

“se han creado unas subjetividades discriminadas, como es el caso de los indígenas a quienes no se les ha reconocido sus saberes ancestrales y han pasado de ser los propietarios nativos de territorios a ser poblaciones diferenciales”

La reflexión crítica implica reconocer que el conocimiento es limitado y que una totalidad del mismo ha sido discriminados por no tener una base oficial-colonial-hegemónica, es en este punto que el principio de “equidad epistémica se vuelve relevante”:

“El principio de equidad epistémica sostiene que todas las tradiciones culturales socialmente relevantes en una comunidad determinada, son igualmente dignas de respeto y ninguna de ellas tienen por sí misma derechos especiales en el ámbito político. Lo anterior significa que si en un estado nacional coexisten comunidades que tienen creencias y prácticas epistémicas distintas (...) ninguna de estas comunidades tiene derecho a imponer sobre la otra sus creencias y tradiciones, bajo el supuesto de la superioridad epistémica o de algún otro tipo (Velasco-Gómez, 2013: 227-228)”.

En el caso mexicano-guatemalteco, es necesario considerar el conocimiento de indígenas y otros grupos (ejemplos garífunas, entre otros.), el cuál tiene las siguientes características:

“Son conocimientos producidos en contextos históricos y culturales específicos y típicamente no son generados por una serie de reglas o procedimientos pre-especificados, y son oralmente transmitidos de una generación a otra (...) son frecuentemente referidos como tradicional, aborígen, indio, vernáculo o africano y muchas veces –reciben el nombre

de - conocimientos locales(...) Lo que diferencia los conocimientos indígenas de los conocimientos ecológicos Occidentales convencionales es la contextualización (...) dependen de los mecanismos sociales locales (...) que, a su vez, están basadas en cosmovisiones y epistemologías indígenas e implican que éstos-los conocimientos- no funcionan en el vacío sino que están estrechamente relacionados con las cosmovisiones y las epistemologías que son espirituales y religiosas por naturaleza "(Breidlid, 2016:49:58).

En este mismo sentido, Torres (2016: 49) indica que:

"la epistemología ambiental presupone la diversidad del pensamiento, lejos del pretendido "pensamiento único" y que requiere la mirada ambiental del pensamiento científico y social mediante su autocrítica y adecuación sistemática, en concordancia con la situación planetaria que vivimos, la cual es una oportunidad para precipitar la corrección epistémica en la construcción de los saberes ambientales"(Torres Carral, 2016:48).

Otra situación, a tomar en cuenta dentro de la reflexión crítica es el deterioro social directamente vinculado con el ambiental:

"el deterioro social, que incluye la pérdida de parte de nuestras raíces culturales y si no se realizan cambios significativos, que permitan alcanzar bienestar general en las sociedades latinoamericanas se repercute en la degradación de los recursos naturales" (Castañeda, 1995: 142)

Este último apartado requiere de un análisis profundo ya últimamente se ven sumamente agudizados.

CONCLUSIONES

Considerando las revisiones presentadas anteriormente, se definió la epistemología ambiental como la generación de conocimiento plural sobre los recursos ambientales considerando éstos como sistemas adaptativos complejos y que requiere un trabajo transdisciplinario, con reflexión crítica y perspectiva feminista y considerando como parte esencial el papel que juega el colonialismo.

La planeación adaptativa se fundamenta en la epistemología ambiental compleja en el cual tanto el recurso hídrico y su gestión son vistos como sistemas complejos adaptativos y en su análisis debe considerarse adicionalmente y para el contexto mexicano-guatemalteco: el colonialismo ambiental, la perspectiva de género y un actuar basado en la reflexión crítica, entendiéndose ésta última como el reconocimiento de la pluralidad de conocimientos y puntos de vista existentes sobre un mismo recurso hídrico.

La planeación adaptativa requiere la implementación de escenarios, que son herramientas que permiten manejar la incertidumbre y logran la integración de diversas perspectivas para la gestión de los recursos hídricos, sin embargo, su uso en México es limitado y en Guatemala la situación presentada es aún más deficiente. Los escenarios y su uso como herramienta auxiliar para la generación e implementación de política pública deben ser fortalecidos, ya que el panorama del sector hídrico de ambos países es sumamente complejo y requiere políticas públicas de largo plazo.

4. REFERENCIAS

- Atilas - Osoria, José Manuel. 2013. "Colonialismo Ambiental, Criminalización y Resistencias: Las Movilizaciones Puertorriqueñas Por La Justicia Ambiental En El Siglo Xxi." *Revista Crítica de Ciencias Sociais* (100):131–152.
- Breidlid, Anders. 2016. *Educación , Conocimientos Indígenas y Desarrollo En El Sur Global*. Buenos Aires: CLACSO.
- Broncano Rodríguez, Fernando. 1999. "Epistemología Social y Consenso En La Ciencia." *Crítica : Revista Hispanoamericana de Filosofía* 31(92):3–36.
- Bunge, Mario. 2002. *Epistemología*. Vol. 91. Tercera ed. Barcelona: Siglo XXI editores.
- Castañeda, C. 1995. *Sistemas Lacustres de Guatemala:recursos que mueren*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala
- Cilliers, Paul. 2002. *Complexity and Postmodernism*. Londres: Routledge.
- Coates, D. et al 2012. Working under uncertainty and managing risk Vol.1. En UNESCO UN-Water (EDs.) *Managing Water under Uncertainty and Risk*. UNESCO:Paris.
- Correa, Mario & Saldarriaga Dora. 2014. "Reflexiones Desde El Pensamiento Crítico Decolonial *." *Ces Derecho* 5(2).
- Cuvillier, Armand. 1956. *Diccionario de Filosofía*. Editorial Víctor Leru S.R.L.
- Damascos, M. A., N. M. Gazia, and G. C. Gallopín. 1995. "Consecuencia de La Transformación de Los Ecosistemas de La América Latina." Pp. 12–121 en *El futuro ecológico de un continentes: una visión prospectiva de la América Latina*, editado por G. . Gallopín, I. A. Gómez, A. A. Pérez, y M. Winograd. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Echeverría, Javier. 2013. "Política de La Tecnociencia. Los Macroprogramas Converging TEchnologies Como Ejemplo." Pp. 341–63 en *Aproximaciones a la filosofía política de la ciencia*, editado por C. López Beltrán y A. Velasco Gómez. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guzmán, Maricela. 2005. "Las Epistemologías Feministas y La Teoría de Género." 112–26.
- Islam S. & Susskind L. 2012. *Water Diplomacy: A Negotiated Approach to Managing Complex Water Networks*. New York: The RFF Press Water.
- Jaramillo Cheverri, Luis Guillermo. 2003. "¿Qué Es Epistemología? Mi Mirar Epistemológico y El Progreso de La Ciencia." *Cienta Moebio* 18:174–78.

- Kallis, G., Kiparsky, M., & Norgaard, R. (2009). Collaborative governance and adaptive management: Lessons from California's CALFED Water Program. *Environmental Science & Policy*, 12(6), 631–643. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.07.002>
- Lara-Rosano, Felipe de Jesús. 2017. *Fundamentos Para El Diagnóstico e Intervención En Sistemas Complejos*. edited by E. A. Española. Beau Bassin.
- Leff, E. .2009. "Pensar en la complejidad ambiental" pp. 7-53 en *La complejidad ambiental*. Editado por: E. Leff. Ciudad de México: Siglo Veintiuno editores.
- Leff, Enrique. 2011. "Sustentabilidad y Racionalidad Ambiental: Hacia 'Otro' Programa de Sociología Ambiental*." *Revista Mexicana de Sociología* 73(1):5–46.
- Leff, E. 2013. La geopolítica de la biodiversidad y el desarrollo sustentable: economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza. *Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible*, 185–209.
- March, Juan Manuel. 2005. "Nuevos Fundamentos de Racionalidad Ambiental a Partir Del Análisis Epistemológico de La Evaluación de Impacto Ambiental." *Cinta de Moebio* 24:265–87.
- Miguélez, Miguel Martínez. 2011. "Paradigmas Emergentes y Ciencias de La Complejidad Emerging Paradigms and Sciences of Complexity." 65(65):45–80.
- Muñoz, Blanca (Universidad Carlos I. I. I. de Madrid). 2006. "La Deseducación: Comunicación de Masas y Control Ideológico En Las Sociedades Globalizadas." *Nómadas* 14(2):10.
- Nieves Rico, María. 2016. "Principales Modelos Interpretativos de La Relación Género-Medio Ambiente." Pp. 49–86 en *Género y miedo ambiente en México: Una antología*, editado por V. Vásquez García, M. P. Castañeda Salgado, N. J. Cárcamo Toalá, y A. Santos Taía. Cuernavaca: Universidad Nacional Autónoma de México:Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-Red Género, Sociedad y Medio ambiente.
- Osorio Pérez, Oscar. 2014. "La Importancia de La Epistemología y Reflexividad En La Investigación Científica." *Revista Del Colegio de Ciencias y Humanidades Para El Bachillerato* 21(jul-dic):46–56.
- Pahl-Wostl, C., Kabat, P., & Möltgen, J. 2008. *Adaptive and Integrated Water Management Coping with Complexity and Uncertainty*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Pasek de Pinto, Eva and Yuraima Matos de Rojas. 2006. "Cinco Paradigmas Para Abordar Lo Real." *Telos* 8(1):106–21.
- Pires M. 2008. Towards and adaptive approach in planning and management process. En Meire. P. et al (Eds.) *Integrate Water Management: practical experiences and case studies* (pp. 23-32). Dordrecht: Springer.

- Rescher, Nicholas. 2003. *Epistemology: An Introduction to the Theory of Knowledge*. New York: State University of New York Press, Albany.
- Torres Carral, Guillermo. 2016. "Reflexiones Alrededor de La Epistemología Ambiental." *Revista de Estudios Sociales* 58(octubre-diciembre):39–51.
- Van der Keur, P. et al 2010. Water Management in terms of development and application within IWRM. En Mysiak J. et al (Eds.) *The adaptive water resource Management Handbook*. London/Sterling,VA: Earthscan.
- Velasco-Gómez, Ambrosio. 2013. "Equidad Epistémica, Raiconalidad y Diversidad Cultural." Pp. 217–32 en *Aproximaciones de la filosofía política de la ciencia*, editado por C. López Beltrán y A. Velasco Gómez. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Williams, B. K., & Brown, E. D. 2012. Adaptive Management. The U.S. Department of the Interior Applications Guide. Washington, DC.: Adaptive Management Working Group, U.S. Department of the Interior.
- Wolenski, Jan. 2004. "THE HISTORY OF EPISTEMOLOGY." Pp. 3–56 in *Handbook of Epistemology*, edited by I. Niiniluoto, M. Sintonen, and J. Woleński. Springer-Science-Business, Media.

Francisca Irene Soler Anguiano

Universidad Nacional Autónoma de México.

Correo electrónico: *fisau34@hotmail.com*

Jessica López Moncada.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Correo electrónico: *Ing.jessica.lopez@gmail.com*

Adrielly Nahomee Ramos Álvarez.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Correo electrónico: *adrynahr@gmail.com*

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se puede encontrar vasta literatura sobre los recursos hídricos, su importancia, los cuidados que se deben promover y cómo ha cambiado la hidrografía de los países con el paso del tiempo, el crecimiento de la población, la construcción de ciudades y la adaptación de ríos a las necesidades de las industrias. También, se puede encontrar en libros, artículos, tesis y conferencias de todos los estudios asociados a los residuos sólidos, al uso desmedido de agua en agricultura, a la mala administración de las cuencas y por supuesto, los tratamientos que se deben efectuar, dando sugerencias de como se debe actuar para que estas situaciones no impacten suelo y agua. No obstante, más allá de los múltiples análisis y seguimiento continuo, no hay una labor de fondo, consistente, estricta, normativa y claramente social.

La realidad hidropolítica de los países que conforman el continente americano es sumamente vulnerable, no por ser exactamente acertadas las predicciones de futuras guerras por agua y hambrunas asociadas, sino por las condiciones de industrialización, modernización y desastres naturales que se han presentado en norte y sur América. La industrialización básicamente se refiere a proyectos de injerencia económica y política, que buscan la explotación de recursos naturales, la cual no solo es relativa al uso el agua, sino también a otro tipo de recursos, algunos ejemplos de estas actividades son; la minería de plata y el fracking para extracción de petróleo, que a pesar de usar nuevas tecnologías (aún en proceso de pruebas y adaptaciones), se ha estudiado y publicado que afectan considerablemente al agua y a los usuarios de las cuencas hídricas donde se descargan las aguas con los residuos. Un ejemplo de esta situación se vive desde hace algunos meses en un poblado de la república mexicana; "Los pobladores manifestaron que la mañana del lunes 8 se percataron de que el afluente presentaba una corriente de agua "blanca" proveniente de la parte alta de San José del Progreso.... Y desemboca donde se ubica un retén de agua que sirve para pastoreo de animales, además de pozos que abastecen de agua potable a la comunidad... En ese sentido, la comunidad de Magdalena Ocotlán exigió la cancelación inmediata del proyecto "San José" de la empresa Minera Cuzcatlán S.A. de C.V, filial de Fortuna Silver Mines, por representar un peligro para su territorio". (Matias, 2018).

Por su parte la modernización hace referencia a los cambios y avances que se realizan para mejorar la infraestructura de ciudades, como carreteras, presas, parques industriales y urbanización; lo que conlleva a modificar el paisaje, su fauna y flora. Para efectuar este tipo de obras de gran magnitud, deben desarrollarse evaluaciones técnicas y económicas de los huellas que tienen estos proyectos, y a su vez deben ser aprobados por los gobiernos, pero siempre acompañados de un análisis y estimación del impacto ambiental, así como su plan de recuperación que permita reubicar o conservar el ecosistema como se encontraba previo a la obra. Como es de conocimiento popular, no siempre estos planes logran compensar las pérdidas alcanzadas con los cambios que estas megaobras causan al ecosistema, y muchas otras veces este análisis ambiental es pasado por alto, anteponiendo los intereses económicos, políticos y sociales sobre los medioambientales. Este caso se puede apreciar en varias noticias vigentes alrededor del mundo como; "El Gobierno de Canadá había aprobado la ampliación del oleoducto «Trans Mountain», que triplicaría la capacidad de la infraestructura... 1.150 kilómetros desde Alberta hasta el océano Pacífico. El proyecto contaba con un certificado de la agencia ambiental de la Columbia Británica. Sin embargo, el nuevo gobierno de izquierdas de esta provincia, ha adoptado una postura de claro rechazo a la expansión del oleoducto... El Primer Ministro defiende la ampliación como un proyecto de «interés nacional», que implica grandes beneficios económicos para Canadá... «No se trata de castigar a los columbianobritánicos ni de perjudicar a los Canadienses, sino de hacer avanzar un proyecto por el interés nacional», señaló Trudeau". (Trillo, 2018). Evidentemente este es un ejemplo de cómo el poder político puede sobrepasar recomendaciones ambientales, y hasta hacer caso omiso a las exigencias y rechazo de los habitantes de la zona afectada, pues como se menciona, siempre que el proyecto se ampare como de 'interés nacional' no hay camino legítimo y legal que los ciudadanos puedan tomar para ser escuchados y cambiar la actualidad. No obstante, este tipo de rechazo ya sea a través de huelgas y campañas, queda como precedente de lucha, lo cual es un impulso importante para el futuro de la nación y sus estados o provincias.

No cabe en esta introducción retomar cifras sobre las riquezas medioambientales con las que cuenta México y el continente americano, sin embargo, sí es de interés popular conocer hitos y datos sobre las medidas tomadas para proteger los recursos naturales, específicamente al agua. Así como traer a flote casos donde el gobierno, la industria y la sociedad ha tomado la palabra y más allá, las acciones para frenar grandes cambios que, aunque suponen desarrollo urbano y económico, van en total contravía del ecosistema. Estas actividades pueden ser enmarcadas en lo que académicamente se conoce como responsabilidad social y que será revisado más adelante en profundidad en este capítulo.

México sin duda ha pasado de ser un país en desarrollo, a ser mundialmente reconocido por ser petrolero, top en turismo, por su historia y gastronomía, y más llamativo aun, por su agricultura y participación en negociaciones y tratados internacionales; esto refleja y predice una evolución, y claramente una necesidad de apostar a más industrialización, y por ende a atraer entidades externas interesadas en invertir en el país. Esto anudado a la extensión de territorios y el gran número de su población hace suponer que se encuentra expuesto más que nunca al cambio de sus sistemas naturales, que será un deber y un reto mantener y controlar los recursos hídricos en condiciones idóneas para consumo humano, industria, agricultura y ganadería.

Con base en lo dicho en los últimos dos párrafos de este libro, y particularmente este capítulo, tiene como objetivo proporcionar una fotografía del momento coyuntural

que se está viviendo en los relacionado al agua y su protección, y como las acciones personales, gubernamentales y las emprendidas por la industria tienen un impacto crucial en el ambiente y el cuidado del agua, esto preferiblemente enmarcado en el concepto de responsabilidad social. Esto sugiere entonces, que implícitamente la responsabilidad social proporciona un cambio cultural generalizado que puede aportar y trascender drásticamente en la concepción de la protección ambiental y cuidado del agua que se tiene actualmente, es decir, nuevas tecnologías, nuevas inversiones y nuevas visiones. Por ello, en este capítulo se quiere de manera generalizada mostrar el panorama actual y proponer en su medida una perspectiva de participación coordinada entre los actores (gobierno, empresas y personas) que conlleve a un cambio gradual de la cultura y que impacte de manera positiva las estadísticas en uso y conservación del agua.

A continuación, se presentará un marco contextual de la situación actual del agua, basado en datos históricos recopilados e fuentes nacionales e internacionales. Posteriormente se analizará cómo funciona la legislación mexicana sobre los recursos hídricos, esto con el fin de visualizar como de manera nacional se adecua un modelo regulatorio sobre los recursos hídricos y el papel de sus agentes reguladores. Adicionalmente, se presentara un panorama general de responsabilidad social y se facilitará bibliografía a los lectores que deseen conocer más de esta temática que sin duda es un tema de tendencia y de interés popular.

2. ALGUNOS DATOS CONTEXTUALES

México alberga una importante cantidad de recursos naturales en sus diversos ecosistemas; no obstante, debido a la acelerada destrucción de éstos en las últimas décadas, ha disminuido aceleradamente la disponibilidad de recursos, especialmente el agua. De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, los ecosistemas saludables proveen servicios hídricos claves en la conservación de la biodiversidad, el control de inundaciones, el reabastecimiento de las aguas del subsuelo y la purificación de agua (MEA, 2005). Sin estos servicios se pone en riesgo todo aquello que dependa del agua, a saber, la biodiversidad, los servicios de saneamiento de las ciudades, el sector agropecuario, el sector salud, la industria.

Si bien tanto México como América Latina, en general cuentan con recursos hídricos relativamente abundantes, la administración de manera no óptima de éstos ha resultado en un declive importante en la disponibilidad de agua renovable, en el estado de los ecosistemas, tanto en la conservación, como en la explotación; por tanto, en la biodiversidad y en la protección contra desastres naturales. Una parte preocupante referente a la hidro-administración en México es que la modificación poco regulada de los caudales naturales por captaciones de agua y funcionamiento de las presas, lo cual se ha tornado en estrés ambiental, por alteraciones del régimen de caudal, este es un asunto grave en gran parte del país. (ONU-Agua, 2015). Además, se ha dado un aumento alarmante en la sobreexplotación de los mantos acuíferos, que desde 1975 se ha acrecentado en un 650% (FCEA, 2017). Sin mencionar que por falta de tratamiento suficiente y adecuado de las aguas residuales, la cual es menor al 20% en 2016 (FCEA, 2017), la mayoría de los cuerpos de agua dulce se contaminan considerablemente. Esto no sólo ha provocado el debilitamiento del estado de salud de la biodiversidad, la cual ha tenido un deterioro del 30% en los últimos 40 años (WWF, 2012) sino que hace de México un país con baja disponibilidad de agua a pesar de tener 1,489 mil millones de metros cúbicos al año de agua en forma de precipitación y 471.5 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable por año.

Aunado a lo anterior, entre 1955 y 2012 el consumo de agua al día por persona aumentó un 700%, lo que equivale a 280 litros (FCEA, 2017). La ONU prevé que para 2050 la demanda mundial de agua haya aumentado un 55% debido a la creciente urbanización en los países en desarrollo (OCDE, 2012). Es importante destacar que el sector agropecuario es el que consume mayor cantidad de agua dulce, alrededor del 76%, mientras que la industria y la generación de energía consumen un 13%, el uso doméstico es del 10% (FCEA, 2017) y para englobar esto, se conoce que se no cuenta con los planes o la infraestructura suficiente para el tratamiento, la potabilización y el reúso del agua que se utiliza.

La figura 1. Muestra las gráficas del caudal de agua en metros cúbicos por segundo que se renueva cada año por precipitaciones, el caudal de agua consumida y tratada desde el año 2000 hasta el 2015 con una extrapolación al 2020 y 2025 de acuerdo con los datos reportados en las Estadísticas del Agua en México (CONAGUA, 2003-2018) .

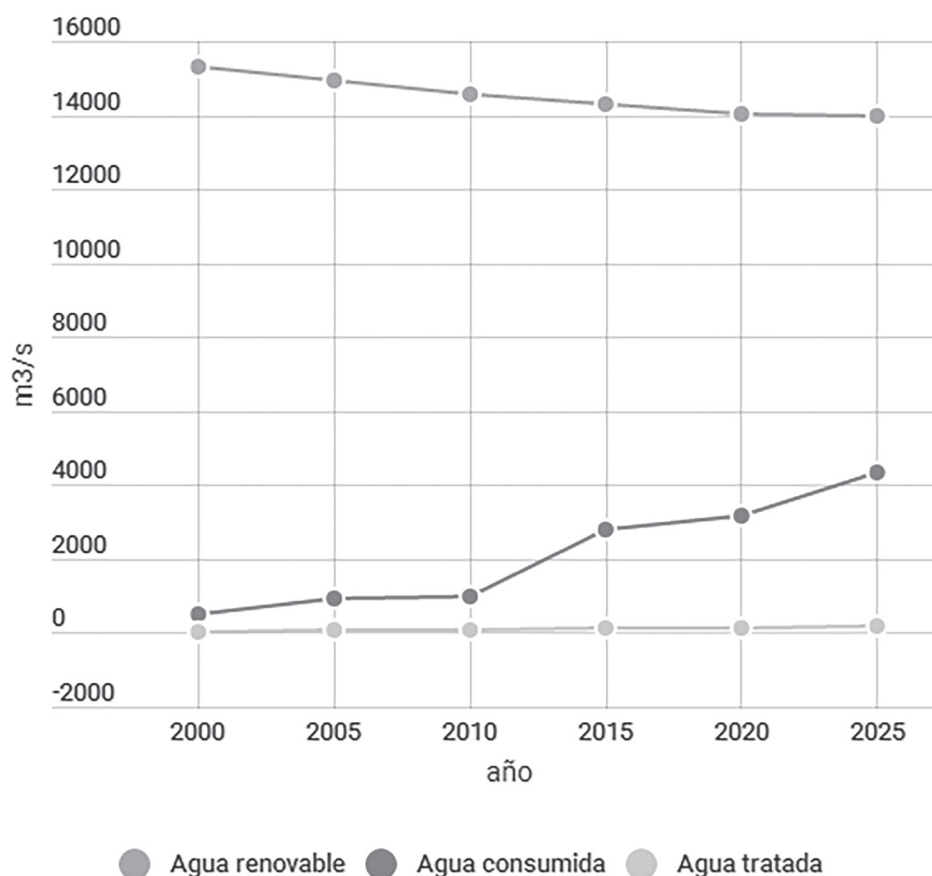


Figura 1. Gráfica de caudal de agua renovable, consumida y tratada en 25 años.

Las gráficas señalan claramente la acentuación del caudal de agua consumida, el decremento del agua renovable y el pobre aumento del agua tratada respecto al crecimiento de agua consumida a través de los años. Además, se observa un importante acercamiento en la brecha entre el agua renovable y el agua consumida. Considerando esto junto con las pérdidas de agua en el sistema de tuberías, la contaminación no controlada de cuerpos de agua, así como la escasa captación de agua de lluvia, se puede atisbar la tendencia a una crisis semejante a la presentada en Ciudad del Cabo, Sudáfrica (BBC, 2018) en las urbes mexicanas dentro de poco tiempo.

Esta tendencia podría mitigarse al reducir la contaminación y las pérdidas de agua y aumentar el tratamiento de las aguas residuales. No obstante, parte de la falta de acciones para evitar la contaminación del agua o el respectivo tratamiento de las aguas residuales es el tema económico, ya que se requiere de una inversión considerable para la implementación de dichas acciones; sin embargo, un estudio del Instituto Internacional del Agua de Estocolmo afirma que “la gestión de recursos hídricos han demostrado unas considerables ganancias económicas” (SIWI, 2005) en proporción de 1:2, además de un ahorro significativo en costes para nuevas instalaciones de tratamiento y filtración de aguas. La UNESCO por su parte, está consciente que los esfuerzos por gestionar adecuadamente los recursos hídricos resultarán en la reducción de la vulnerabilidad y en el aumento de la resiliencia de la economía del país que así lo haga (ONU-Agua, 2017).

Si bien de la manera como se inicia este apartado, indicando algunas estadísticas de cambios y mal manejo de los recursos hídricos no son noticias muy alentadoras, nos consuela los estudios realizados por altas comisiones como el Instituto Internacional del Agua y la UNESCO donde alientan y fomentan la inversión en los recursos hídricos como la opción de rescatar y conservar los mismos. Esto claramente nos muestra que no todo está perdido. Y aún mas, las cifras también nos dejan ver que hay mucha oportunidad de mejorar con lo solo impactar en unos puntos porcentuales como por ejemplo en la reducción de consumo per cápita de agua.

Una inversión monetaria mayor puede ser complicada de lograr cuando los gobiernos han comprometido recursos en otros recursos naturales o no. Por ello, la preocupación de la población y la sensación de que la gestión no se está realizando de manera acorde y con prioridad.

Es importante entonces definir el término hidropolítica, el cual hace referencia a una rama de la política que surgió ante la necesidad de gestionar los recursos hídricos de manera más enfocada y sostenible, validando que el agua se **administre de manera apropiada, se reduzca su despilfarro y no existan conflictos asociados al acceso de la misma**. A pesar de esto, no se puede aseverar que mediante la hidropolítica se busca dominación y control, sino que esta "administración" debe partir de un estudio sistemático del gobierno, desde la ciencia, considerando los impactos directos en la comunidad y los habitantes. Por ello se hace vital que los gobiernos incorporen agentes reguladores especializados para la administración del recurso hídrico y que también incluyan en sus agendas locales, nacionales e internacionales el tema del manejo del agua sin ser la explotación y la ganancia económica el único interés.

Las políticas asociadas al manejo de los recursos siempre están sustentadas y reglamentadas sobre leyes propias al país y las condiciones hidrográficas, y de esta manera se espera regular la protección, la administración y distribución del agua. Sin embargo, estas normativas aunque bien alineadas no logran dar un alcance total y se quedan cortas. Esta situación podría deberse a que en ocasiones se pasa por alto la importancia de la participación de las personas que componen la sociedad de manera individual y las asociaciones empresariales que juegan un papel fundamental en los cambios y mediciones que se realizan, claramente solamente podrían afectar los índices de consumo, pero sin duda a gran escala esto podría ser substancial.

Para adentrarnos más en el tema de la administración del recurso, específicamente en los Estados Unidos Mexicanos, a continuación se dará contexto sobre cómo se normalizo, reglamento, y se compuso los entes encargados de la hidropolítica mexicana y la difícil y amplia tarea que se les asigno.

3. LA COMPLEJA TAREA DE LA ADMINISTRACIÓN DEL AGUA EN MÉXICO

Podría decirse que la preocupación gubernamental sobre el agua en Los Estados Unidos Mexicanos, no ha sido una prioridad, teniendo en cuenta las carencias del recurso que existen en el país, y las limitaciones en presupuesto para invertir en investigación. Esta indagación orientada a encontrar métodos de obtención y reutilización del agua, en mejorar los sistemas de transporte y almacenamiento para reducir el extremadamente alto porcentaje que se pierde en fugas, así como en encontrar sistemas de distribución eficientes para proveer agua los lugares remotos que no tienen acceso al líquido vital, y obviamente buscar maneras de aprovechamiento del agua lluvia. Para dar un contexto de la importancia de estas acciones en pro del cuidado e investigación para el mantenimiento de las fuentes de agua, se presentan algunas estadísticas generales del país: de los 120 millones de habitantes (Inegi, 2015), “12 millones de personas carecen de acceso al agua potable. 102 de los 653 acuíferos de la nación se encuentran sobreexplotados. 46% del vital líquido se pierde por fugas en las redes de abastecimiento. 80% de los cuerpos de agua del país presenta algún tipo de contaminación por descargas industriales. Sólo 1 de cada 100 litros de agua que caen por concepto de lluvia es captado para su utilización en distintas actividades” (López et al., 2017). Este panorama planteado es aterrador, y preocupa más saber que el presupuesto asignado para inversión en cuencas está siendo disminuido, lo que hace pensar que el gobierno no está siendo socialmente responsable con el recurso y con el pueblo. Sin embargo como ya se menciono, existe toda una estructura política orientada a encara la problemática del agua y que por cierto incluye grupos consejeros, concedores y estudiosos en los temas de recursos naturales a que participen activamente en los temas inherentes a la hidropolítica.

México ha definido dentro de su estructura orgánica varias organizaciones encargadas de administrar el recurso, así como de estudiar y nivelar la demanda y oferta del agua, teniendo en cuenta los tipos de dominio que se definen en el Código Civil Federal en su artículo 764; dominio público y privado; los primeros se consideran responsabilidad de la federación, los estados y municipios. Esto sugiere entonces, que si diferentes cuerpos de agua que no se encuentren clasificados como privados pero se determina que pertenecen a diferentes propietarios o cruzan varios terrenos se declaran entonces de dominio público. Esta introducción es un punto importante si tomamos en cuenta la situación geográfica en algunas partes inexplorada, los asentamientos ilegales, los lugares que son resguardos indígenas, y actualmente y alarmante la delincuencia y narcotráfico que se apropia de tierras de manera violenta y sin importar la ley.

En primera instancia, la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos reglamenta en su artículo 27 la ley de aguas nacionales. En esta se definen los conceptos, se dan las disposiciones generales de administración del agua, y se detalla las responsabilidades de la secretaria de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT) en lo referente al recurso hídrico. Así mismo, cita las responsabilidades de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y recalca que es un órgano desconcentrado de la secretaría; sin embargo, es de conocimiento general e importante anotar que a través de la historia política del país y las diferentes ideologías de sus gobiernos,

se adecua el marco jurídico de la gestión del agua a conveniencia de los sectores políticos al mando. Por ende hay variaciones y tanto la secretaria como la comisión deberían enfocar sus esfuerzos de manera común, es decir la planeación del ejecutivo debe verse reflejada en las acciones de la comisión.

Dentro de la comisión se elige un consejo técnico que debe evaluar y aprobar los proyectos. De igual manera posee una contraloría encargada de vigilar la transparencia de los diferentes proyectos. A su vez, existen en México los Organismos de Cuenca, que son unidades técnicas, administrativas y jurídicas autónomas que trabajan de manera armónica con los Consejos de Cuenca en la gestión de los recursos hídricos en las cuencas hidrológicas y regiones hidrológicas.

En esta ley de aguas nacionales se invita también a participar a la sociedad civil en su capítulo V, en el que cita que "promoverá y apoyará la organización de usuarios que apoyen para lograr el aprovechamiento, preservación y control de calidad del agua". Dentro de los grupos de apoyo se encuentra el Consejo Consultivo del agua. Así también se involucra al Servicio Meteorológico Nacional, para generar, interpretar y difundir información meteorológica. Y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua el cual realiza investigación y desarrollo con uso de tecnología, el manejo, conservación y rehabilitación del agua.

Con lo expuesto en los últimos 3 párrafos, llama la atención como en esta ley particularmente la sociedad tiene un papel fundamental de apoyo al gobierno en su trabajo medio ambiental y gestión del agua, desde este punto se puede notar que esto es un preámbulo de la responsabilidad social para personas morales (empresarial) como para físicas y su pequeñas acciones diarias.

Como en todos los gobiernos y cada una de sus secretarías, es importante contar con una procuraduría de dedicación exclusiva que formule denuncias y aplique sanciones y obviamente que promueva acciones de reparación y/o compensación del daño ambiental asociados con el agua. La ley aquí analizada da énfasis en la importancia de que la procuraduría sea suministrada de la información que requiera para apoyarse en la solución de casos que estén siendo estudiados. No obstante, en muchas ocasiones la población nacional que reportan situación de alteración de los recursos hídricos no encuentra apoyo en este ente, y para los observadores de noticias nacionales de índole de afectación ambiental, en su mayoría consideran ineficiente la gestión de la procuraduría.

Muchas otras entidades se han unido a la causa de protección del recurso hídrico haciendo su aporte de responsabilidad con el sistema. Estos se han involucrado mayoritariamente de manera educativa, es decir realizando investigación y generando información confiable para las entidades gubernamentales y no gubernamentales, es decir, facilitan sus estudios para que el público pueda conocer de la situación del agua en México y puedan dar prioridad a temáticas de mayor impacto, o de igual manera para que se gestionen recursos para una investigación más profunda. Este es el caso de los grupos de investigación en las universidades y otras entidades nacionales y extranjeras como el Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental, entre otras.

La información anterior ofrece una visión general del contexto político y social de México ante la obtención, distribución y conservación del agua y se habrá notado como desde la parte normativa hasta la cultural tiene una gran implicación en el cuidado del agua. Y cómo los dirigentes invitan a los mexicanos a unirse a actividades de protección del agua. También con las cifras se ha dejado claro la importancia de la concientización y cuidado del recurso. Es decir que no es cuestión de tendencias

o evolución, que el tema de responsabilidad social se ha engrandecido a través del tiempo, este definitivamente ha sido un tema implícito y necesario siempre. Por ello se presentara más adelante otras acciones de responsabilidad social con el agua ya rotuladas de esta manera. Cabe anotar que es importante acotar y saber diferenciar los alcances de la responsabilidad social en el ámbito ambiental en específico del agua.

DIFERENCIA ENTRE RESPONSABILIDAD SOCIAL Y DESARROLLO SUSTENTABLE O SOSTENIBLE

Ambos conceptos son tendencias o estrategias actuales que han implementado las empresas de diferente índole. Obviamente, estas buscan que ambas estrategias generen ganancia para el negocio, no siempre registrado en los estados financieros de la empresa en cifras a través de reducción de costos de operación y manufactura, o deducción de impuestos, pero en muchas otras ocasiones las ganancias están implícitos, en conceptos, como marketing, ya que muchos clientes o socios toman en cuenta estas actividades al momento de comprar o hacer alianzas comerciales. También en premiaciones y reconocimientos por nombrar algunos ejemplos.

Pero entonces en que se diferencian estas tendencias: La responsabilidad social es el compromiso que tienen las empresas sobre la sociedad y el medio ambiente de un país. Por su parte el desarrollo sostenible es la habilidad de la empresa de sostenerse en el tiempo a si misma sin comprometer recursos futuros. Aunque la diferencia no es muy evidente y difícil de calcular, existe y hay que tenerla clara en lo que respecta al uso de los recursos naturales. Toda corporación quisiera ser sostenible en el tiempo en el tema económico y esto solo lo logra balanceando sus costos e ingresos y obviamente conociendo la oferta y satisfaciendo la demanda. Similarmente, se puede plantear una analogía para el tema ambiental, toda empresa quisiera operar con los recursos básicos y seguir siendo abastecida sin sufrir cortes, pero si se desconocen las limitaciones del recurso y no se realizan acciones en pro de su protección difícilmente se puede lograr ser sostenible. Por el ejemplo anteriormente planteado, se comprende que la responsabilidad social y el desarrollo sostenible están íntimamente ligados, y que la responsabilidad social es un camino para alcanzar el desarrollo sustentable. En si también podría decirse que ambas temáticas deberían estar conectadas y realizar persecución de un ideal mutuo. Para efectos de este capítulo se puede resumir en que mediante la responsabilidad Social se quiere controlar el uso indebido del agua y minimizar las emisiones de residuos y aguas contaminadas a los afluentes de manera de mitigar los impactos negativos en los recursos hídricos. Por su parte el desarrollo sustentable o sostenibilidad es continuar su operación contando con los mismos recursos sin desmejorar sus ganancias pero sin repercutir negativamente en el bienestar general.

Para un ejemplo más completo, en la figura I, tomada del sitio web del Centro Virtual de Información del Agua y presentada a continuación, se puede leer los objetivos ambientales, sociales y económicos de la gestión del agua para alcanzar desarrollo sostenible, y para lograrlos se deben realizar acciones de responsabilidad social. Es así como para alcanzar el objetivo de preservar el agua y su entorno hay que establecer medidas y responsables como por ejemplo, establecer un comité que encuentre el río o lago más cercano, hacer limpieza de residuos, instalar señalamientos de prohibición de arrojas basuras, insertar y preservar la fauna y hacer mantenimiento a la flora.



Figura 1. Centro Virtual de Información del Agua. (2017). *Objetivos de la Gestión del Agua*. [Ilustración]. Recuperado de <https://agua.org.mx/que-es-una-cuenca/>

La figura 1 es solo un pequeño ejemplo de los objetivos del desarrollo sustentable en la gestión del agua.

Estos conceptos son importantes para las empresas y la sociedad ya que debe ser un enfoque que toda industria debe considerar y el gobierno supervisar. Ahora bien, en el ámbito personal estas teorías también se aplican, obviamente no están sujetas a ninguna supervisión, o penalización. Pero cabe aclarar que como todos los objetivos personales que nos planteamos a lo largo de nuestra vida, estos objetivos de responsabilidad con el ambiente deben ser planteados, ejecutados y evaluados.

La Responsabilidad Social Individual se puede evidenciar en la conducta ética de los ciudadanos hacia el planeta y para consigo mismo, como ya se mencionó, estas acciones van mucho más allá de cumplir con obligaciones legales, estas acciones están alineadas con la actitud hacia nosotros mismo y el enfoque de ser sustentables, es decir crecer en todos los ámbitos sin exceder los recursos que requerimos, por ende nuestra responsabilidad se extiende a los que nos rodean, al ambiente, y la sociedad.

Según la norma ISO 26000 sobre responsabilidad Social individual (RSI), es la responsabilidad que tiene una persona ante las consecuencias que sus acciones y decisiones tienen en su entorno. Por lo tanto la responsabilidad individual es a base y pilar para que la responsabilidad social comunitaria y empresarial sea una realidad.

4. LA RESPONSABILIDAD SOCIAL INDIVIDUAL Y EMPRESARIAL FRENTE AL MANEJO DE DESECHOS Y PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

La responsabilidad social al contrario de lo entendido por muchos no es un término nuevo, aunque sólo después del 2010 empezó a tener más trascendencia en la industria, es más que un nombre, una norma o una moda; es un tema ético, y de sentido común.

La responsabilidad social viene siendo un tema de agenda internacional, podría decirse que desde los años 70 y 80 con el surgimiento de la conferencia de Estocolmo y el Protocolo de Kyoto. Sin embargo, con el nacimiento de multas ambientales, de normas de estandarización internacionales y la creación de los incentivos fiscales propuestos en varios países, es ahora cuando se observa que ahora la Responsabilidad Social puede ver se dentro de una empresa incluso como un área o departamento de dedicación exclusiva, mientras en otras este tema se maneja a través de proyectos de gran y mediana escala que se plantean las empresas.

Desde cualquier enfoque que se le dé, para la dirección de las actividades de responsabilidad social en una empresa, debe siempre existir una consigna y enfoque, a un grupo, comunidad, al aire, tierras o agua. Este enfoque en su mayoría está direccionado en compensar al medio ambiente por una actividad realizada por las empresas, es decir si es una mina, esta deberá velar por los desechos que se generan, si es una embotelladora de bebidas debe vigilar la extracción de los recursos hídricos y su conservación; sin embargo, no existe aún una regulación o medida que permita evaluar si hay una retribución igual o mayoritaria de los recursos explotados por un giro empresarial y meno por una entidad en particular.

En todos los procesos productivos hay uso de agua, por lo que este rubro debería estar en su mayoría enlistado en las actividades de retribución al medio ambiente por parte de todas las empresas. De igual manera las empresas de prestación de servicios, aunque el agua no es parte de sus recursos materiales, es una necesidad para factores de limpieza, así como lo es en los hogares donde en ambos casos, no se tiene conciencia de las limitaciones en su consumo.

Para Porter & van der Linde, 1995, los grupos económicos son resistentes a las regulaciones ambientales, incluso si están bien diseñadas, porque ya tienen su modelo de costos trazados, y no consideran que tomar iniciativas ambientales pueda mejorar su competitividad. Sin embargo, para las autoras de este libro, están basando sus estudios en temas netamente de resultados contables anuales, y no están visualizando e invirtiendo a modelos ambientales viables económicamente y competitivamente a largo plazo. Analizándolo también desde un punto más ecologista "No se trata de un reto económico-financiero, sino de una obligación humana que las instituciones públicas, desde el nivel local al internacional, deben garantizar". (Pedro Arrojo, 2012).

Las medidas tomadas para la captación, distribución, uso asertivo y disposición de aguas todas son atinadas, incluso las medidas tomadas en los hogares. Hoy en día cualquier esfuerzo es válido para preservar los recursos naturales, desde la premisa de supervivencia y el espectro de la ética.

El gobierno de México ha intensificado sus esfuerzos en potabilización, tratamiento y reúso de agua desde la declaración del agua como Derecho Humano en 2010. En 2017, se potabilizaron 100 metros cúbicos por segundo en 932 plantas, se trataron 135.6 metros cúbicos por segundo en 2526 plantas municipales, mientras que las plantas industriales trataron 83.7 metros cúbicos por segundo, mientras que en 2010 se trataron 93.6 metros cúbicos por segundo de aguas residuales municipales y 63.6 metros cúbicos por segundo de aguas residuales industriales (CONAGUA, 2018). A pesar del incremento del caudal de aguas residuales tratadas, un estudio realizado por investigadores de la UNAM afirma que 54% de las plantas menores a cien litros por segundo funcionan y solo un 25% lo hacen de manera adecuada (UNAM, 2018), por lo que, los esfuerzos son, por mucho, deficientes ante el problema que no sólo reside en la falta de infraestructura sino en la subsecuente administración de esta, por no mencionar la carente atención al tema del agua como una prioridad urgente.

Dado que la población mexicana crece a una tasa de 1.3% anual y que la contaminación del agua, el deterioro de los ecosistemas va en aumento, es imperativo que el gobierno, la industria y la sociedad no sólo trabajen conjuntamente en dar solución a los problemas hídricos sino que cambien la visión hacia una cultura de conservación integral.

Empresas como Danone, Nestlé y Coca-Cola han trabajado con ahínco para reducir la cantidad de agua que usan en sus procesos, reusarla, tratarla, potabilizarla de manera adecuada y de acercar agua de calidad a comunidades marginales. Desde 2014 Grupo Danone México se comprometió a mejorar el manejo del agua en sus procesos; para ello construyó humedales dentro de sus instalaciones para purificar el agua de manera natural a través de la absorción y transformación de contaminantes sin uso de químicos además de entregar a otras empresas sus aguas residuales con el fin de reutilizarlas y no expulsarlas a los cuerpos de agua naturales (Danone, 2015). Por otro lado, Nestlé México inauguró en 2014 la primera fábrica "Cero Agua" del mundo con el objetivo de disminuir en 15% su consumo de agua anual en el país y para producir la leche en polvo sin extraer agua del subsuelo en la planta de Lagos de Moreno, Jalisco; dentro de sus objetivos están: trabajar para conseguir la eficiencia hídrica en todas las actividades de la empresa, abogar por políticas hídricas efectivas y una administración responsable, tratar efectivamente sus aguas residuales, concientizar a sus proveedores y fomentar la sensibilización respecto al acceso al agua y su conservación (Nestlé, 2014).

De igual forma Coca-Cola implementó el Programa Nacional de Reforestación y Cosecha del Agua en México, durante 2017 logró rehabilitar 4 ollas captadoras de agua de lluvia en Aguascalientes, Coahuila y Michoacán almacenando un volumen de 33,600 metros cúbicos y beneficiando a más de 20 mil personas, además construyó 26 cisternas comunitarias en Aguascalientes, Estado de México, Querétaro y Veracruz con un volumen anual de almacenamiento de 7,488 metros cúbicos para beneficio de 60,231 personas, con ello se alcanzaron 30 ollas y 389 cisternas comunitarias a lo largo del país (Fundación Coca-Cola, 2017). Es importante destacar que Grupo Bimbo no se queda atrás en sus esfuerzos por crear una cultura sustentable dentro de la firma, ya que actualmente reusa el 91% del agua tratada en sus procesos en México a través de la instalación de 36 plantas de tratamiento de agua, 229 recicladores de agua en agencias y talleres de vehículos; la operación 7 plantas de captación, almacenamiento y uso de agua de lluvia y 97 arcos de lavado y la renovación de 9 plantas de tratamiento. Estas medidas las han replicado a nivel mundial logrando reusar el 74% del agua tratada en sus procesos globales, además de un ahorro del 2%

del consumo total de agua por tonelada producida con respecto a 2017 (El Universal, 2019). A pesar del esfuerzo de las transnacionales por la conservación del agua, los daños ambientales que han causado a lo largo de los años son significativos y, en algunos casos, irreversibles por lo que es importante que continúen trabajando a fin de reparar el daño a los ecosistemas.

Las MiPymes, las cuales generan 72% del empleo y el 52% del PIB nacional (CONDUSEF, 2018), en su mayoría, no dan la atención requerida a la temática del agua debido a la falta de infraestructura, capacitación y apoyo del gobierno. La directora del SDG Fund indicó que “...sin su apoyo [de las Pymes], los esfuerzos de los gobiernos y organizaciones internacionales serían insuficientes para cumplir los ambiciosos desafíos de la Agenda 2030” (ONU-México, 2017) ya que éstas tienen un alcance más amplio entre los sectores más vulnerables, además de tener una mayor capacidad para actuar con rapidez e implementar soluciones a corto plazo debido a que sus procesos administrativos no son tan complejos comparados con los de las grandes empresas.

Ejemplo de ello es el éxito obtenido por la MiPyme mexicana Newen creadora de un detergente líquido biodegradable que no requiere enjuague, aunque el producto no contribuye en el tratamiento y potabilización del agua, sí ahorra hasta 73 litros de agua por lavadora reduciendo considerablemente el agua de consumo doméstico (El Financiero, 2015). Igualmente, la empresa Isla Urbana impulsa el desarrollo sustentable a través de sus sistemas de captación de lluvia tanto en locaciones urbanas como rurales a nivel doméstico e institucional, dentro de los beneficios provistos por la implementación del sistema de captación está el abastecer a las familias de agua durante 5 a 12 meses cada año, dependiendo de la zona geográfica en la que se encuentren (Isla Urbana, 2019). También la MiPyme Lluvia Sólida garantiza el ahorro de agua en el sector agrícola al reducir considerablemente la cantidad de riegos necesarios para cada hectárea de cultivo en el que se utilice el producto desarrollado por esta empresa; uno de los casos de éxito fue la siembra de maíz en el Estado de Durango, en el que además de ahorrar 33 mil metros cúbicos de agua y \$46,200 en riego, reduce el tiempo de cosecha en un 19.82% (Lluvia Sólida, n.d.).

Por otro lado, el sector agropecuario ha tomado medidas que contribuyen a la conservación del agua potable, tal como el uso del agua regenerada para riego en diferentes zonas como el Valle de Tula, La Purísima y Guadalupe Victoria (FAO, 2013) la cual incluso mejora la productividad de las fincas en un 18% en comparación con las que utilizan exclusivamente agua dulce, además permite la evacuación de grandes volúmenes de aguas no tratadas provenientes de las ciudades. Aunque esto es una solución a corto plazo, está lejos de ser un plan concreto hacia una mejora consistente y significativa en la administración del agua en este sector.

Es igualmente importante considerar que el papel de las instituciones educativas en la creación de soluciones en el tema del agua es crucial y probablemente clave de la innovación. Prueba de ello es la planta de tratamiento de aguas residuales creada por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México en colaboración con la Universidad de Newcastle; la planta es particularmente singular ya que es la única en el mundo capaz de captar dióxido de carbono. La tecnología desarrollada por esta planta permite obtener agua limpia y biomasa para la generación de biocombustible (DGCS UNAM, 2018). Asimismo, científicos del Instituto Politécnico Nacional crearon un sistema para remover y degradar residuos farmacéuticos del sistema de drenaje mediante la síntesis de materiales con técnicas de ultrasonido y microondas (TM, 2016). Mientras el Tecnológico de Monterrey en

colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo creó el Instituto del Agua, en el que se desarrollan proyectos multidisciplinarios enfocados a la conservación del agua y del medioambiente.

La Universidad Nacional Autónoma de México es una prueba clara de que un manejo eficiente del agua es posible y factible con su Red del Agua UNAM cuyos objetivos son, entre otros: establecer un mecanismo de participación interdisciplinaria para la generación y difusión del conocimiento, el desarrollo de capacidades y la ejecución de proyectos que resuelvan los problemas relacionados con el agua, apoyar al Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM, conocido como PUMAGUA, establecer el Observatorio del Agua, gestionar la obtención de recursos para apoyar sus actividades de investigación, docencia y difusión. Específicamente el Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM (PUMAGUA) es el proyecto en ejecución de mayor impacto dentro de la UNAM, el cual, tiene la finalidad de reducir en 50% el consumo de agua potable, mejorar la calidad del agua potable para que sea bebible y del agua tratada, además de fomentar la participación de la comunidad universitaria en el uso responsable del agua. Dentro de las acciones implementadas por el programa está el Semáforo de Fugas el cual otorga los medidores de agua a las dependencias universitarias para indicar es estado, la locación y la intensidad de las fugas para un arreglo oportuno. El Semáforo de la calidad de agua dentro de la universidad es igualmente importante ya que informa a la población universitaria sobre la calidad que tiene el agua de uso y consumo humano con un monitoreo en tiempo real. Debido al éxito de PUMAGUA, la Máxima Casa de Estudios encamina sus esfuerzos a extender su campo de acciones en organizaciones e instituciones externas a la UNAM. Dentro de los resultados obtenidos por el programa está la disminución de extracción de agua en pozos de 100 litros por segundo en 2008 a 77 litros por segundo en 2011, la sustitución de agua potable por tratada, equipos de riego más eficientes, 8 macro medidores y 7 micromedidores de fugas y 33 litros por segundo de agua tratada dentro de Ciudad Universitaria en 2011 respecto a los 21.75 litros por segundo tratados en 2008 (UNAM, 2019). Como parte de los proyectos de concientización del uso provechoso del agua está la exposición permanente Agua, elemento de la vida en el Universum, Museo de las Ciencias, la cual presenta la disponibilidad del agua dulce, el ciclo del agua, su manejo, la calidad u el tratamiento de las aguas residuales y la efectividad de diversas acciones para el ahorro en el uso del recurso.

Las Organizaciones No Gubernamentales no se quedan atrás en la propuesta e implementación de soluciones ante la crisis del agua, tal es el caso de la World Wide Fund for Nature (WWF), que ha desarrollado proyectos en diferentes partes de México entre ellos el programa Agua y Saneamiento Integral en Durango, Ejido el Tunal en el que se instalaron 22 filtros de aguas grises a nivel doméstico para tratar 2.2 millones de litros al año, de esta manera ser reutilizados en riego de jardines, árboles frutales y huertos de traspatio, así como la creación de una Plaza de Aguas con el objetivo de proteger 3 manantiales, rehabilitar 3 pilas de almacenamiento e instalar un sistema de captación de agua de lluvia. Otro proyecto importante es el realizado en la comunidad indígena San Pedro Ixcatán en Nayarit para un manejo sustentable del agua, en él se instalaron baños ecológicos en la escuela-albergue de la comunidad que benefician a 182 alumnos y 7 maestros, además se cercó la caja de distribución de agua beneficiando a 240 personas en la localidad huichol. También la Estrategia regional de educación ambiental y promoción comunitaria en la cuenca baja del San Pedro Mezquital, Nayarit ha contribuido a capacitar a las comunidades sobre el manejo y conservación del agua en el que se capacitaron a 100 promotores

ambientales, se integró un comité intercomunitario para el desarrollo de la cuenca baja, se realizaron 10 diagnósticos participativos y 8 planes estratégicos y además, se llevaron a cabo talleres y reuniones con la participación de 350 personas (WWF, n.d.). La WWF no es la única ONG en participar activamente en las comunidades, asociaciones como iAgua, La Red Mexicana de Acción por el Agua, Agua y Juventud se conjuntan para contribuir a la solución de la problemática del agua en México.

Lo cierto es que, aunque los esfuerzos por parte del gobierno, la industria y las organizaciones sociales son significativos dentro de sus respectivos alcances, no pueden ser completamente exitosos sin la valiosa participación de la comunidad. Es en ella donde converge el conocimiento pleno de las necesidades de su localidad con el impacto de los proyectos en sí. Tal es el caso de los proyectos mencionados anteriormente por las transnacionales y las ONG cuya fortaleza consiste en involucrar a las comunidades en la planeación, desarrollo e implementación de los proyectos.

Aunado a lo anterior, es importante reconocer que la participación comunitaria no podría tener efecto sin el sentido de responsabilidad social de cada individuo, partiendo desde los compromisos por reducir el consumo de agua por día hasta tomar acciones más importantes dentro de la comunidad. Es considerado por muchos que la acción individual no tendría un efecto significativo; sin embargo, es notorio a través de los años que las acciones individuales pueden representar la diferencia, tal es el caso de que la cantidad de agua promedio consumida por cada habitante aumentó en un 700% durante las últimas décadas, por lo que, en realidad, los actos individuales son importantes de atender ya que en conjunto pueden llegar a ser trascendentales más aún ante el tema del agua. En vista de que muchos de estos esfuerzos son motivados por las dificultades venideras frente a una inminente escasez de agua en México y el mundo, también es importante que los programas y proyectos se consideren como un factor vital y normativo sobre la calidad del agua para así satisfacer las necesidades de la sociedad y proveer soluciones asequibles tanto para la industria como para usos domésticos. Por ello, a continuación, se abordará el tema de la reglamentación existente en México.

5. REGLAMENTACIÓN DE LAS EMPRESAS

En la actualidad en México no existe una normativa o leyes específicas que impongan actividades de responsabilidad social. Sin embargo, sí existen acciones legales o multas económicas cuyo fin es castigar a las personas que van en contra de la normatividad social y ambiental preexistentes. De igual manera en algunos países se presentan modelos de excepción de impuestos a empresas que además de cumplir con la reglamentación general que las rige, crean, desarrollan o aportan a actividades sociales o ambientalmente responsable lo que les permite además del reconocimiento ante la comunidad, disminuir el monto anual de impuestos que deben de pagar por la operación de sus empresas, independientemente del impacto de estas operaciones en el ecosistema.

A pesar de que se puede pensar que muchas organizaciones no contemplan acciones de responsabilidad, se han creado algunos mecanismos para incentivar la participación activa de empresas en la creación de planes de su propia autonomía para emprender actividades de responsabilidad social. Estos planes están asociados al reconocimiento por parte de los gobiernos locales y nacionales, la comunidad, sus clientes y colaboradores. Uno de estos programas es la implementación y certificación de la norma ISO 26000.

La norma ISO 26000 permite a las organizaciones tener el desempeño deseado y asociado a otras normas operacionales pero teniendo en cuenta la relación con la sociedad y su impacto sobre el medio ambiente. El desempeño en este campo tiene maneras interesantes de ser evaluado como: su reputación, capacidad de atraer clientes o usuarios, cultivar la motivación, compromiso y productividad de los empleados, obtención de inversionistas y/o donaciones y relaciones con empresas y gobiernos. Mientras realiza integración, implementación y promoción de un comportamiento socialmente responsable dentro de la organización creando políticas internas y prácticas adentro y/o afuera, claramente es vital que se realice de manera pública la comunicación de compromisos y desempeño. Es de resaltar que la norma solo suministra una guía de implementación, pero no es obligatoria ni sugiere acciones puntuales de responsabilidad social, estos planes son puramente propios de cada compañía y el alcance que le quieran dar.

La Secretaría de Economía por su parte, ha establecido en sus programas el Punto Nacional de Contacto, el cual tiene como misión promover la Responsabilidad Social Empresarial para empresas multinacionales miembros de la OCDE.

Estos principios y estándares de conducta empresarial responsable forman parte de la *Declaración sobre Inversión Internacional y Empresas Multinacionales*, realizada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). La finalidad de los principios es que la operación de las empresas multinacionales se lleve a cabo en armonía con las políticas públicas locales, a su vez que se estimula la contribución de las empresas multinacionales al desarrollo sostenible.

A partir de lo anterior surge entonces la pregunta si en realidad todas estas normas pueden orientarse a un fin común de protección del agua o si se requiere profundizar en una política concisa que direcciona no sólo a cumplir con la normatividad a cabalidad sino a crear un sistema que garantice acciones para alcanzar la sustentabilidad en la sociedad.

6. ALGUNOS ENFOQUES DESDE LOS QUE PUEDE APORTAR A LA PROBLEMÁTICA

La creación de un sistema integral que dirija a la sociedad hacia la sustentabilidad requiere considerar a todos aquellos actores que de algún modo puedan cambiar el panorama actual y futuro. Por lo que, los esfuerzos por informar, educar y capacitar no deben limitarse a un cierto rango de edad dentro de la población, sino que deben incluir a cada individuo de ella. Por esto, que la primera recomendación de este capítulo es el diseño e implementación de un plan de educación sustentable entorno al tema del agua desde preescolar hasta universidad, en el que cada escuela reúna los conocimientos y las acciones necesarias para crear una cultura de conservación del agua que garantice su correcto manejo durante varias generaciones, es decir una estrategia a nivel educativo y formativo enfocada a cada rango de edad y nivel académico basada en proyectos de agricultura y ferias científicas. Para ser más específicos, dentro de estas acciones se podría realizar, según el nivel educativo, incluir en el mapa curricular obligatorio actividades lúdicas, talleres, materias, proyectos con aplicaciones prácticas que permitan tener una mejoría en el uso del agua en cada hogar, escuela e institución. Estas propuestas ya llevan un tiempo en la agenda de algunas organizaciones como dejó saber La primatóloga, antropóloga y mensajera de la Organización de las Naciones Unidas Jane Goodall afirmó que “los niños pueden cambiar al mundo”. En este sentido, el educar adecuadamente a las siguientes generaciones puede resultar en una mejoría tangible a la problemática incluso en un lapso corto de tiempo, a largo plazo asegura profesionales comprometidos con la sustentabilidad que trasladen su formación ambiental a cada área de conocimiento. Obviamente cabe en estas sugerencias recalcar el papel fundamental de la familia de los niños en el apoyo y participación para que estas actividades sean una constante del menor y no solo lo vean como tareas sino que lo apropien para su vida.

Por otro lado, muchos de los programas gubernamentales de recuperación de lagos y ríos son respaldados por empresas en su mayoría con ayuda económica o jornadas de limpieza con los colaboradores. Pero aún no existe un programa reglamentado u orientado directamente hacia la protección de las cuencas, reutilización o demás. Es entonces no solo una recomendación, es en realidad un menester del gobierno promover, planear y realizar programas más enfocados hacia el cuidado del agua, lo cual sin duda podría ser una diferencia en las estadísticas. Por ejemplo, una fábrica de cementos muy conocida en México acaba de implementar el uso de agua lluvia como insumo en sus procesos de producción, lo que ha permitido una disminución en los costos de agua y una suma no tan alta como inversión para la construcción de los sistemas de recaudación de agua de lluvia, es decir, que la evaluación costo beneficio fue positiva y es una iniciativa digna de imitar. Obviamente no todos los procesos productivos permiten el uso de agua lluvia captada, sin embargo, en alguna medida esta agua recolectada puede servir incluso en hogares o unidades residenciales, además de uso para riego que no tiene restricciones.

Se esperaría que el gobierno atendiera de forma integral la problemática del agua como una prioridad urgente, que invirtiera en recursos monetarios y humanos para atender las necesidades de las comunidades más afectadas y que implementara proyectos factibles para garantizar el acceso al agua a cada habitante, además de fortalecer a las instituciones encargadas del medio ambiente, no solo con inversión económica, sino dando incentivos a las empresas, organizaciones y comunidades que realizan acciones en pro del desarrollo sostenible de los recursos y la sustentabilidad de la misma organización. Es de conocimiento general que las obligaciones y

responsabilidades del gobierno no atendidas son abundantes y que faltan en ocasiones recursos humanos para dar una mejor organización y auditoria a los planes, pero como ya se planteo previamente en este capítulo, en la normativa de Los Estados Unidos Mexicanos se invita a la sociedad civil a participar de manera activa en lo que respecta a los proyectos de índole social y ambiental. Esto es claramente donde las organizaciones con y sin ánimo de lucro pueden enfocar proyectos y obviamente las entidades educativas juegan un papel vital en las aportaciones que desde sus aulas se puedan realizar. Por otra parte, y enfocándolo en un modelo más drástico, el gobierno podría requerir de las empresas, como una obligación, proyectos y regulaciones en el uso y tratamiento de agua en sus procesos de acuerdo con el giro del negocio, muchos pensarán que esto puede ser un razón para que las empresas dejen el país y la inversión extranjera se reduzca, sin embargo teniendo en cuenta otras políticas que el país presente y el bajo costo de la mano de obra que ofrece México, cabe plantearse estas opciones como un equilibrio lógico y no solo más exigencias.

Por su parte, el sector agropecuario que es el que más agua requiere para sus procesos y él que cuenta con menos infraestructura, programas y acciones para su manejo correcto, se recomienda ampliamente dirigir los recursos tanto económicos como humanos para la creación de un plan de administración, tratamiento, potabilización del agua utilizada en este sector, en el que los productores puedan tener la infraestructura requerida para el tratamiento y la potabilización de agua además de la capacitación y orientación necesaria para manejar las nuevas herramientas.

Como una recomendación adicional está la creación de comités civiles que estén atentos del manejo del agua en sus comunidades, que identifiquen las personas que no cuentan con los servicios de saneamiento, las fugas existentes, el estado de las aguas residuales y que incentiven a los miembros de la comunidad a ahorrar agua, construir humedales, realizar jornadas de identificación de micro fugas en los hogares y se cree un canal de comunicación entre la comunidad, el gobierno y las empresas para trabajar en conjunto.

Es importante mencionar que la problemática del agua va más allá de tan sólo el manejo que se le dé. El verdadero problema es mucho más extenso y complejo, desde el daño a los ecosistemas que, como se mencionó al inicio del capítulo, proveen servicios de purificación de agua, aire y suelo, renovación de acuíferos, además de un equilibrio trascendental en la disponibilidad de recursos. Es esencial reconocer que a pesar de que se implementen exitosamente las medidas para mejorar el manejo del agua, no será suficiente si se descuida la conservación de los diferentes tipos de ecosistemas, más aún cuando los gobiernos permitan e incluso apoyen y promuevan la deforestación, las construcciones con impacto ambiental irreversible, la extracción no regulada de agua y el desperdicio de los recursos naturales. Por ello, se propone la creación de un plan en el que el principal objetivo sea el de conservar los ecosistemas como parte medular del manejo del agua para terminar con la ironía de que cada año se presentan severas inundaciones en las zonas de mayor escasez de agua como es el caso de la alcaldía de Iztapalapa en la Ciudad de México en el que alrededor de 75 colonias de la alcaldía tienen riesgo de inundación cada año y 60 presentan desabasto total de agua potable. Dicho plan debe considerar combatir los daños provocados a las cuencas por las construcciones fuera de la normatividad indicada, la extracción no regulada de agua, el manejo de los desechos domésticos, industriales y agrícolas. Adicionalmente, el plan deberá implementar manuales para el correcto reúso, reciclado, tratamiento, extracción y potabilización del agua para cada sector, así como un fondo destinado especialmente para la instalación de sistemas de captación de agua en las ciudades y comunidades.

7. CONCLUSIONES

La problemática del agua no es un tema aislado. Dentro de la administración del agua está la responsabilidad implícita de cuidar, conservar y recuperar los ecosistemas como parte fundamental de la disponibilidad de agua potable a lo largo del país y del mundo. Si bien es responsabilidad de los gobiernos garantizar el acceso al agua de cada individuo es menester que los ciudadanos exijan y trabajen en conjunto con el gobierno para mejorar el panorama existente y futuro. Es esencial reconocer que si se entiende a cabalidad el problema del agua se tomarán acciones que impacten no sólo en el correcto uso del agua sino en la recuperación de los ecosistemas como punto clave para la disponibilidad de agua potable en el futuro cercano. Como las estadísticas lo han demostrado en los apartados anteriores, si la administración actual del agua permanece sin cambio, las regulaciones a construcciones son parciales, los resultados serán catastróficos en los siguientes años.

La responsabilidad del agua recae sobre el gobierno y las entidades reconocidas para la administración del recurso, pero la población con su accionar puede causar un fuerte impacto en las medidas de tendencia de mal uso de agua que se tienen. Estos aportes de la población pueden enmarcarse en el término responsabilidad social, que, si bien se analizó que no es igual a desarrollo sostenible, en lo que concierne al agua estas dos estrategias se combinan trayendo consigo solo resultados positivos.

Ante la escandalosa realidad que el mundo afronta en el tema del medioambiente es imperante la participación coordinada entre el gobierno, la industria y la comunidad para no sólo direccionar los esfuerzos de cada uno hacia la mejora de la situación actual, sino de crear una cultura colectiva de sustentabilidad en todos los niveles de la sociedad que garantice la conservación de los recursos naturales, particularmente del agua. Para lograrlo, es necesario que los gobiernos adopten el tema como una prioridad inaplazable y urgente, además de involucrar en los programas de conservación y manejo del agua a las empresas, organizaciones no gubernamentales y comunidades. Como se ha presentado a lo largo del presente capítulo, el éxito de los proyectos radica en la intervención activa de la sociedad, de la cooperación entre comunidad e industria, industria y gobierno, gobierno y comunidad. Así como el pleno entendimiento de que el manejo del agua es una responsabilidad tanto colectiva como individual.

Considerar acciones como reglamentar un límite de consumo de agua e implementar sanciones según el tipo, la cantidad de usuarios y la actividad económica que éstos realizan son algunas acciones urgentes por efectuar. Sin embargo, es esencial garantizar una gobernanza del agua equitativa que considere primordialmente que el agua es, de hecho, un derecho humano clave para el desarrollo.

Es importante recordar que la crisis del agua ya está a las puertas de las naciones, prueba de ello es Ciudad del Cabo, Sudáfrica que, con tan sólo 8 millones de habitantes, enfrentó la total escasez de agua desde 2015. Las megalópolis del mundo no están exentas de alcanzar su propio "Día Cero", especialmente cuando sus propios gobiernos incentivan la destrucción de los ecosistemas con la justificación de impulsar el desarrollo. Es menester que el gobierno se comprometa, no sólo en discurso sino en acción a que cada una de las decisiones tomadas que impacten directa o indirectamente en el medio ambiente se tomen para salvaguardar los recursos naturales. Como se mencionó al inicio del capítulo, la inversión en sustentabilidad

permite obtener utilidades significativas, según los estudios realizados por la OCDE, por lo que incluso el que los gobiernos no estén invirtiendo activamente en esto se considera un retroceso.

Dentro de las actividades que podría realizar la sociedad y la industria en paralelo para contribuir a la mejora de la situación del agua está moderar el consumo de agua doméstico e industrial, implementar sistemas de tratamiento, reúso, extracción regulada y captación de agua. Fijar metas y realizar planes para implementar proyectos propuestos por las empresas e incluso por las propias personas. Crear un canal de comunicación entre las personas y las empresas para trabajar en conjunto en cada etapa de los proyectos. La industria podría dar incentivos a sus trabajadores para idear soluciones para un mejor manejo del agua dentro de sus procesos. Las organizaciones gubernamentales y las universidades también son agentes importantes por considerar en la creación de soluciones. Sin olvidar que el futuro del agua está en manos de las siguientes generaciones por lo que es importante recordar que parte esencial de la educación es el correcto uso del agua.

Finalmente, es necesario enfatizar que el buen manejo del agua es la base de la sustentabilidad en general para organizaciones y de la vida misma. Sin agua no hay desarrollo que sostener ni sustentabilidad.

8. REFERENCIAS

- British Broadcasting Corporation (7 febrero 2018). 11 de las grandes urbes del mundo con más probabilidades de quedarse sin agua potable como Ciudad del Cabo. **Recuperado de:** <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42975307>.
- Centro Virtual de Información del Agua. (2017). Objetivos de la Gestión del Agua. [Ilustración]. Recuperado de <https://agua.org.mx/que-es-una-cuenca/>
- Comisión Nacional del Agua (2018). Estadísticas del Agua en México 2018. Recuperado de: http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf (consultado el 13 de febrero de 2019).
- Durán Paloma. (2017). Notas: *Microempresas, PyMEs y Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Organización de las Naciones Unidas. México. Recuperado de: <http://www.onu.org.mx/microempresas-pymes-y-objetivos-de-desarrollo-sostenible/> [consultado en febrero 2019].
- El Financiero (1 julio 2015). Crean jabón que ahorra agua al lavar ropa. Recuperado de: <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/crean-jabon-que-ahorra-agua-al-lavar-la-ropa.html> (consultado en abril de 2019).
- El Universal (22 marzo 2019). Ésta es la receta de Bimbo para cuidar el agua. Recuperado de: <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/negocios/esta-es-la-receta-de-bimbo-para-cuidar-el-agua> (consultado en mayo 2019).
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (2017). *Visión General del Agua en México*. Recuperado de: <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/> (consultado el 14 de febrero de 2019).
- Fundación Coca-Cola (2017). Informe Anual 2017 del Programa Nacional de Reforestación y Cosecha de Agua. Recuperado de: <https://www.coca-colamexico.com.mx/content/dam/journey/mx/es/private/2017-Informe-Nacional-de-Reforestacion-y-Cosecha-de-Agua.pdf> (consultado en mayo 2019).
- Grupo Danone México (22 abril 2015). Grupo Danone México a la vanguardia en el manejo de aguas residuales. Recuperado de: <http://grupodanone.com.mx/noticias/noticias-de-grupo/vanguardiaaguasresiduales.aspx> (consultado en mayo 2019).
- Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 1º de diciembre de 1992.
- López, C. A., Zambrano, L., Ruiz, R., Guzmán, M. A., Pérez, R., Sandoval, R., . . . Caldera, A. (2017). *El agua en México* (Ed. rev.). Ciudad de México, Ciudad de México: Fundación Friedrich-Ebert Stiftung (FES).
- Lluvia Sólida (n.d.) Lluvia Sólida. Recuperado de: <https://lluviasolida.com.mx/casos-de-exito/> (consultado en mayo 2019).

- Matias, E. (9 de octubre de 2018). Denuncian contaminación de río por derrame de presa de jales en Magdalena Ocotlán, Oaxaca. Proceso. Recuperado de <https://www.proceso.com.mx/554618/denuncian-contaminacion-de-rio-por-derrame-de-presa-de-jales-en-magdalena-ocotlan-oaxaca>
- Nestlé (22 octubre 2014). Inaugura Nestlé primera fábrica CERO AGUA en el mundo, para disminuir en 15% su consumo anual de agua en México. Recuperado de: <https://www.nestle.com.mx/media/pressreleases/inaugura-nestl-primera-fbrica-cero-agua-en-el-mundo-para-disminuir-en-15-su-consumo-anual-de-agua-en-mxico> (consultado en mayo 2019).
- Organización de las Naciones Unidas- Agua (2015). Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. Recuperado de: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf (consultado el 13 de febrero de 2019).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013), *Informe Sobre Temas Hídricos: Reutilización del agua en la agricultura*.
- Pedro Arrojo (2012). Los retos éticos de la nueva cultura del agua. Recuperado de: <http://polis.revues.org/5060>
- Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a New conception of the Environment-Competiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 97-118.
- Rolland, L., & Vega, Y. (2010). La gestión del agua en México. *Polis*, 6(2). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-23332010000200006
- Trillo, M. (16 de abril de 2018). Una provincia de Canadá se rebela por un oleoducto y pone contra las cuerdas a Trudeau. ABC Internacional. Recuperado de https://www.abc.es/internacional/abci-provincia-canada-rebela-oleoducto-y-pone-contra-cuerdas-trudeau-201804160204_noticia.html
- United Nations Environment Programme. (2008). *Vulnerabilidad y Resistencia Hidropolíticas en Aguas Internacionales: América Latina y el Caribe*. UNEP/Earthprint.
- Universidad Nacional Autónoma de México (2018). Agenda Ambiental 2018. UNAM. México. Recuperado en: <http://agendaambiental2018.susmai.unam.mx/wp-content/uploads/2018/03/Libro-Merino-Agenda-Amb-UNAM-web.pdf> [consultado en febrero 2019].
- Universidad Nacional Autónoma de México (2011). PUMAGUA Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM. Recuperado de: http://www.pumagua.unam.mx/assets/pdfs/carpeta_pumagua_ext_2013.pdf [consultado en mayo 2019].
- World Wide Fund for Nature (n.d.). Agua para comunidades rurales. Recuperado de: http://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/programa_agua/san_pedro_mezquital/los_proyectos/agua_para_comunidades_rurales/ (consultado en mayo 2019).

EMISIONES DE PM_{2.5} EN LA CIUDAD DE MÉXICO Y SUS IMPACTOS NEGATIVOS EN LA SALUD DE LOS HABITANTES, LOS ECOSISTEMAS Y LA APICULTURA

Aida Huerta Barrientos, Karla Lizardi Solis

Facultad de Ingeniería, UNAM. México.

Centro de Ciencias de la Complejidad, UNAM. México.

Correo electrónico: aida.huerta@comunidad.unam.mx

Karla Lizardi Solis

Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Correo electrónico: karlalizardi@ciencias.unam.mx

RESUMEN

La Organización Mundial de la Salud a inicios de este siglo, indicó que las partículas PM contribuían aproximadamente en 800,000 muertes prematuras cada año, situándolas como la treceava causa de muerte a nivel global. Además, diversos autores han llevado a cabo estudios para determinar una relación entre la presencia de partículas PM_{2.5} en la atmósfera y su impacto en la salud humana reportando asociaciones entre la presencia de partículas PM_{2.5} y casos de mortalidad y morbilidad, esto debido principalmente a su composición, que puede ser más tóxica y se caracteriza principalmente por la presencia de sulfatos, nitratos, ácidos, metales y carbono negro. El objetivo del estudio es entender los mecanismos que favorecen las emisiones de PM_{2.5} y presentar los impactos negativos de éstas en la salud humana, los ecosistemas y la apicultura a fin de emitir recomendaciones que puedan tenerse en cuenta para la política pública de la gestión ambiental en la Ciudad de México. En primer lugar, se presenta una clasificación de las partículas en las emisiones, se describen todas las fuentes emisoras de PM_{2.5} en el contexto de la Ciudad de México, utilizando un sistema de información georeferenciada se indican las estaciones de monitoreo y se indica el histórico de las emisiones PM_{2.5} en la Ciudad de México. Enseguida, se describe el estado actual del estudio de las emisiones de partículas y sus impactos negativos en la salud humana, los ecosistemas y la apicultura. Con base en el diagnóstico realizado y teniendo en cuenta la normatividad vigente y las acciones gubernamentales actuales para disminuir las emisiones, se emiten las recomendaciones pertinentes. Consideramos que la política actual respecto a la prevención y respuesta a las contingencias ambientales atmosféricas en la CDMX es insuficiente ya que se requiere por un lado la calibración de los instrumentos de toma de datos de las estaciones de monitoreo, su correcta operación y mantenimiento para que los datos sean confiables. Y por otro lado, se requieren herramientas teóricas

más avanzadas para el tratamiento de los datos masivos. Así como es necesario implementar métodos de monitoreo adicionales, como aquellos basados en el uso de abejas que han demostrado su confiabilidad desde la década de los 60s.

Palabras clave: Emisiones $PM_{2.5}$; salud pública; Ciudad de México; gestión ambiental; sustentabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México con una población en 2018 de 21,580,827 habitantes es considerada la ciudad más grande de México; sin embargo, de acuerdo con el informe publicado por la World Population Review (2019), la Ciudad de México a nivel global ocupa el número cinco después de Tokio, Delhi, Shanghai y Sao Paulo. Debido a la extensión de la mancha urbana de la Ciudad de México, el crecimiento económico y el incremento en el consumo de la energía, la contaminación debida a partículas ha llegado a convertirse en un grave problema tanto para los habitantes como para sus autoridades gubernamentales. La Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), es la encargada de gestionar el histórico de la *Activación del Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en la Zona Metropolitana de Valle de México (ZMVM)*, en el cual se indica que desde 1988 se han presentado contingencias en 63 ocasiones debido a altos índices de ozono, en 8 ocasiones debido a altos índices de partículas PM_{10} y en una ocasión debido a altos índices de partículas $PM_{2.5}$. La SEDEMA (2019a) en su estudio denominado *¿Quién contamina el aire de la ZMVM?*, sugiere que la mayor contribución de emisiones de PM_{10} es el sector industrial y habitacional, mientras que para el caso de las emisiones $PM_{2.5}$ la mayor contribución se debe a sectores como el de la aviación y actividades del sector primario tales como ganadería y agricultura. Es importante señalar que las fuentes emisoras localizadas en la Ciudad de México aportan alrededor de la tercera parte de las emisiones que se generan en la ZMVM. Esta información se describe a detalle en la Sección 2.2.

La Organización Mundial de la Salud a inicios de este siglo, indicó que las partículas PM contribuían aproximadamente en 800,000 muertes prematuras cada año, situándolas como la treceava causa de muerte a nivel global. Además, diversos autores han llevado a cabo estudios para determinar una relación entre la presencia de partículas $PM_{2.5}$ en la atmósfera y su impacto en la salud humana (Dockery *et al.*, 1996; Spengler *et al.*, 1996; von Klot *et al.*, 2002; Rich *et al.*, 2005; Hext *et al.*, 1999), reportando asociaciones entre la presencia de partículas $PM_{2.5}$ y casos de mortalidad y morbilidad, esto debido principalmente a su composición, que puede ser más tóxica y se caracteriza principalmente por la presencia de sulfatos, nitratos, ácidos, metales y carbono negro.

En la literatura, distintos autores ya han documentado los efectos negativos que tienen las partículas $PM_{2.5}$ sobre la salud. Anderson *et al.* (2012), describen con gran detalle los efectos a corto y largo plazo de las PM en el sistema cardiovascular y respiratorio y se emiten recomendaciones respecto a los niveles permisibles y acciones para proteger nuestra salud de las partículas contaminantes. También en el Reino Unido como en China se han llevado a cabo estudios para determinar las

evidencias del impacto de las PM en la mortalidad (Miller and Xu, 2018; Pui *et al.*, 2014; Guo *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2011; Xing *et al.*, 2016). Un estudio más reciente es el presentado por Fortoul *et al.* (2015), en donde se indica el problema de los metales y su impacto en la salud incluyendo su relación con el cáncer.

A pesar de la evidencia científica que han aportado distintos autores respecto al efecto dañino de las partículas PM en la salud y en los ecosistemas, las políticas públicas implementadas no han sido suficientes ya que se implementan soluciones que no se enfocan en la causa principal de la generación de las partículas. Por lo anterior, es necesario presentar un diagnóstico certero respecto a los mecanismos que favorecen las emisiones PM y particularmente las $PM_{2.5}$ para emitir las recomendaciones pertinentes que tengan en cuenta los tomadores de decisiones responsables de las políticas ambientales.

El objetivo del estudio es entender los mecanismos que favorecen las emisiones de $PM_{2.5}$ y presentar los impactos negativos de éstas en la salud humana, los ecosistemas y la apicultura a fin de emitir recomendaciones que puedan tenerse en cuenta para la política pública de la gestión ambiental en la Ciudad de México.

Este capítulo de libro está constituido por cuatro secciones principales. En primer lugar, se presenta una clasificación de las partículas en las emisiones, se describen todas las fuentes emisoras de $PM_{2.5}$ en el contexto de la Ciudad de México, utilizando un sistema de información georeferenciada se indican las estaciones de monitoreo y se indica el histórico de las emisiones $PM_{2.5}$ en la Ciudad de México. Enseguida, se describe el estado actual del estudio de las emisiones de partículas y sus impactos negativos en la salud humana, los ecosistemas y la apicultura. Con base en el diagnóstico realizado y teniendo en cuenta la normatividad vigente y las acciones gubernamentales actuales para disminuir las emisiones, se emiten las recomendaciones pertinentes. Al final, se presentan las conclusiones generales de este capítulo y las referencias utilizadas.

2. EMISIONES DE PM_{2.5} EN LA CIUDAD DE MÉXICO

2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

De acuerdo con INE-SEMARNAT (2011), entre los contaminantes que se encuentran en la atmósfera encontramos partículas suspendidas, aeropartículas, material particulado- del inglés *particulate matter (PM)* - y aerosoles, que son algunos de los términos para nombrar una mezcla de compuestos microscópicos o muy pequeños en forma de líquidos y sólidos suspendidos en el aire.

Siguiendo a INE- SEMARNAT (2011), desde la perspectiva teórica las PM se pueden clasificar teniendo en cuenta su origen, por sus características físicas o bien por su proceso de formación:

- ☉ Por su origen.
- ☉ Por su tamaño.
- ☉ Por su proceso de formación y tamaño.

De esta forma, por su origen distinguimos a las PM primarias de las secundarias. En donde las primeras se emiten directamente a la atmósfera por diversas fuentes y las segundas, se forman en la atmósfera como resultado de reacciones químicas a partir de la presencia de materiales gaseosos, llamados precursores.

Por su tamaño, las PM se clasifican de acuerdo con el tamaño de su diámetro:

- ☉ Gruesas PM₁₀- Partículas de diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros.
- ☉ Gruesas PM_{2.5-10} – Partículas de diámetro aerodinámico entre 2.5 y 10 micrómetros.
- ☉ Finas PM_{2.5} – Partículas de diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrómetros.
- ☉ Ultrafinas PM₁ – Partículas de diámetro menores a 1 micrómetro.

INE- SEMARNAT (2011) sugieren los procesos de formación siguientes para los distintos tipos de partículas:

- ☉ Gruesas: Procesos mecánicos, evaporación de aerosoles, suspensión de polvos, reacción de gases en o sobre partículas.
- ☉ Finas: Condensación de gases, coagulación de partículas pequeñas, reacción de gases en o sobre las partículas, evaporación de neblina y gotas de agua en las que los gases se han disuelto y reaccionado.
- ☉ Ultrafinas: Nucleación y condensación de gases.

2.2 FUENTES EMISORAS DE PM 2.5

Las fuentes emisoras de PM_{2.5}, se pueden clasificar según su naturaleza en fuentes puntuales o bien fuentes fijas que son aquellas de ubicación fija en la industria, el comercio o servicios regulados. Las fuentes de área son instalaciones emisoras

de contaminantes, pequeñas, numerosas y dispersas, en las que se consideran emisiones domésticas, agrícolas, ganaderas entre otras. Mientras que las fuentes naturales son las emisiones que se generan por procesos naturales en la vegetación y los suelos. Por otro lado, las fuentes móviles son las que se encuentran en cualquier transporte automotor que circula por vialidades. En la Tabla siguiente, se muestra el inventario de emisiones $PM_{2.5}$ reportado por fuente de emisión.

Fuentes de contaminación	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Fuentes puntuales	572	610	651	826	859	1219	1219	2526	2255.7
Fuentes de área	492	2193	1962	1366	1643	5151	4995	6415	7255.1
Vegetación y suelos	380	456	261	164	148	108	291	172.1	424.5
Fuentes móviles	4589	3518	3748	3835	2849	2769	2946	3660	5497.5
Total	6033	6777	6622	6191	5499	9247	9451	12773.1	15432.8

Tabla 1. Inventario de emisiones $PM_{2.5}$ en el período 2000-2016 por fuente de emisión en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Fuente: SEDEMA (2019b).

FUENTES DE CONTAMINACIÓN 2000

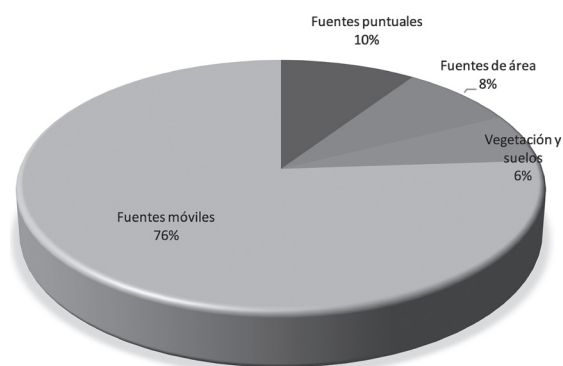


Figura 1. Fuentes de contaminación, año 2000.

Fuente: Inventario de emisiones a la Atmósfera ZMVM 2000, SEDEMA (2019b).

FUENTES DE CONTAMINACIÓN 2002

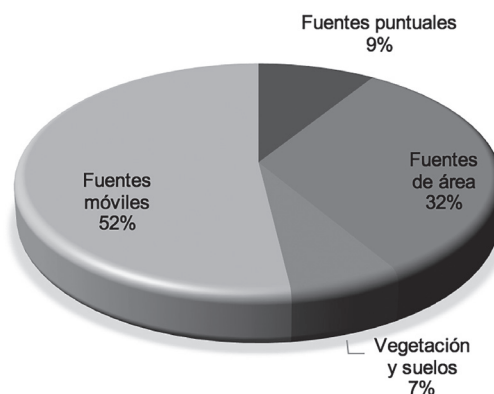


Figura 2. Fuentes de contaminación, año 2002.

Fuente: Inventario de emisiones de la ZMVM 2002, SEDEMA (2019b).

En la Figura 1, observamos la distribución porcentual por tipo fuente, de las emisiones $PM_{2.5}$ para el año 2000, donde las fuentes móviles fueron el principal generador de estas partículas. Además, en la Figura 2 observamos como está distribuida la contaminación por tipo fuente para el año 2002 donde las fuentes móviles siguen siendo el principal generador de $PM_{2.5}$, pero con una disminución de 24 puntos porcentuales mismos que aumentaron en el caso de las fuentes de área.

FUENTES DE CONTAMINACIÓN 2004

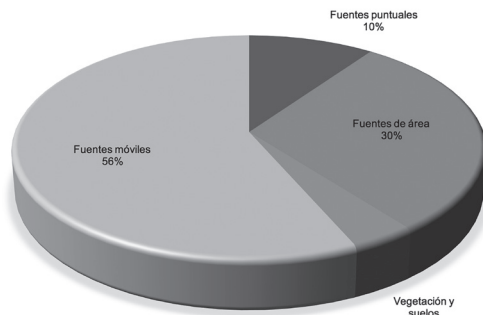


Figura 3. Fuentes de contaminación, año 2004.

Fuente: Inventario de emisiones ZMVM 2004, SEDEMA (2019b).

FUENTES DE CONTAMINACIÓN 2006

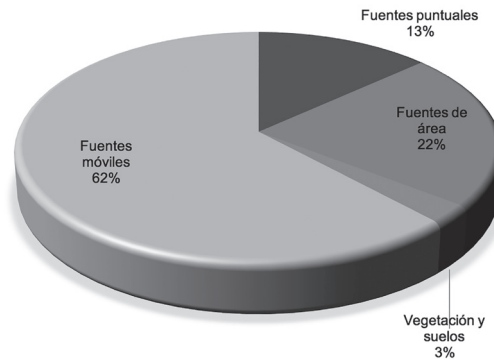


Figura 4. Fuentes de contaminación, año 2006.

Fuente: Inventario de emisiones contaminantes criterio 2006, SEDEMA (2019b).

En la Figura 3, observamos que la distribución porcentual por tipo fuente de emisiones $PM_{2.5}$ no presenta cambios considerables para las fuentes de área y móviles en el año 2004 pero si una disminución en las fuentes de vegetación y suelo y aumento en las fuentes puntuales. Por otro lado en la Figura 4, observamos que en el año 2006 las fuentes móviles incrementan seis puntos porcentuales mientras que las fuentes puntuales tres.

FUENTES DE CONTAMINACIÓN 2008

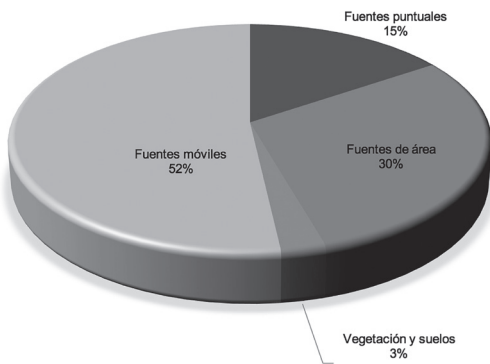


Figura 5. Fuentes de contaminación, año 2008.

Fuente: Inventario de Emisiones de Contaminantes de la ZMVM 2008, SEDEMA (2019b).

FUENTES DE CONTAMINACIÓN 2010

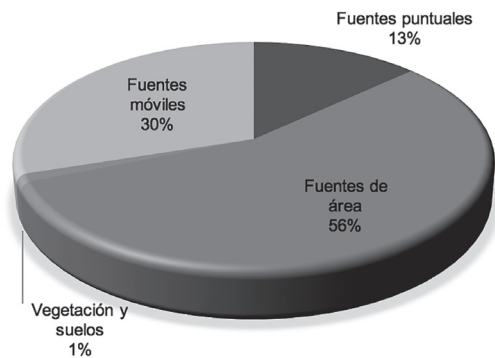


Figura 6. Fuentes de contaminación, año 2010.

Fuente: Inventario de emisiones de la ZMVM contaminantes criterio 2010, SEDEMA (2019b).

En la Figura 5, observamos la distribución porcentual por tipo fuente de emisiones $PM_{2.5}$ para el año 2008, en la cual se indica una disminución de 10 puntos porcentuales en las fuentes móviles un aumento de 8 puntos en las fuentes de área y de 2 puntos en las fuentes puntuales respecto al año anterior reportado. En la Figura 6, observamos que la distribución porcentual de las fuentes emisoras en el año 2010, cambia radicalmente con una disminución de 22 puntos porcentuales en las fuentes móviles y un aumento de 26 puntos porcentuales en las fuentes de área colocando a esta ultimas como principal fuente generadora de emisiones $PM_{2.5}$.

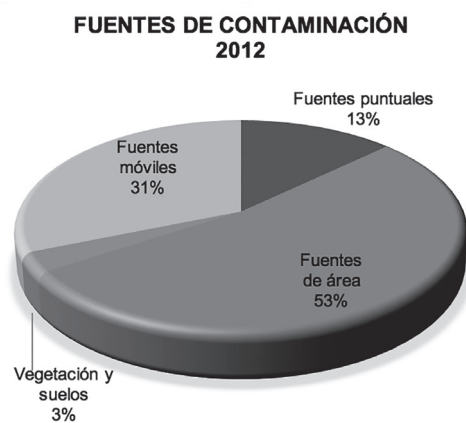


Figura 7. Fuentes de contaminación, año 2012.
Fuente: Inventario de emisiones contaminantes y de efecto invernadero 2012, SEDEMA (2019b).

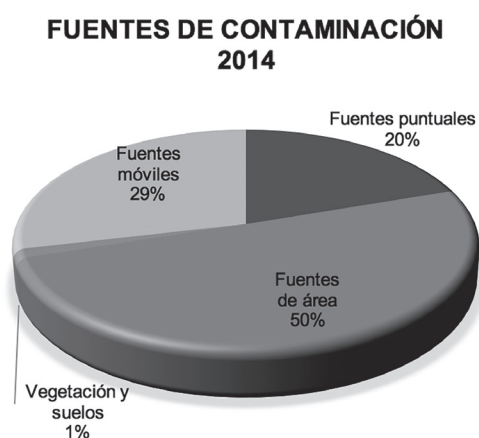


Figura 8. Fuentes de contaminación, año 2014.
Fuente: Inventario de emisiones de la CDMX 2014, SEDEMA (2019b).

En la Figura 7, observamos que la distribución porcentual por tipo fuente de emisiones $PM_{2.5}$ no presenta cambios considerables en el año 2012. En la Figura 8, observamos que las fuentes puntuales tienen un aumento de 7 puntos porcentuales en el año 2014 respecto al año anterior reportado.

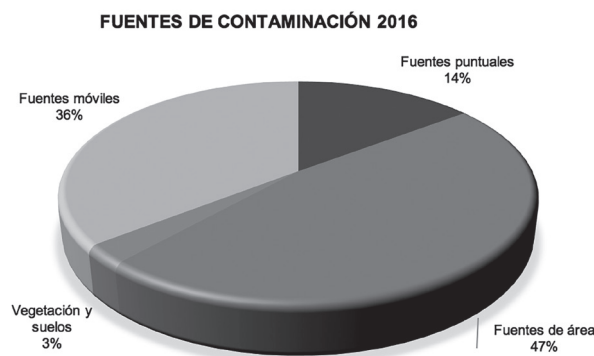


Figura 9. Fuentes de contaminación, año 2016.
Fuente: Inventario de Emisiones de la Ciudad de México 2016, SEDEMA (2019b).

Finalmente, en la Figura 9 observamos que la distribución porcentual por tipo fuente de emisiones $PM_{2.5}$ en el año 2016, que respecto al año 2014 presenta un incremento de 7 puntos porcentuales en las fuentes móviles, 2 puntos en las fuentes de vegetación y suelos, una disminución de 3 puntos porcentuales en las fuentes de área y 6 puntos en las fuentes puntuales. Por lo anterior, podemos decir que las principales fuentes generadoras de emisiones $PM_{2.5}$ son las fuentes de área, que como se dijo anteriormente son instalaciones emisoras de contaminantes, pequeñas, numerosas y dispersas, en las que se consideran emisiones domésticas, combustión comercial/institucional, combustión habitacional, operación de aeronaves, locomotoras, terminales de autobuses de pasajeros, incendios forestales, incendios de estructuras, caminos pavimentados, caminos sin pavimentar, asados al carbón, agricultura, ganadería, y construcción. Para tener una visión más amplia acerca de las entidades que componen a las fuentes puntuales, las fuentes de área, las fuentes de

vegetación y suelos, y las fuentes móviles, en la Tabla 2 se muestran las emisiones $PM_{2.5}$ en toneladas por año, de los principales componentes de cada fuente.

Fuentes de contaminación	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Fuentes puntuales	572	610	651	826	859	1219	1219	2526	2256
Industria alimentaria	41	51	68	78	72	110	122	145	117
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	30	43	29	32	32	14	30	119	54
Industria de la madera y productos de madera	3	7	6	6	9	26	59	23	25
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	78	77	58	61	75	54	92	60	306
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	88	86	66	85	91	N/S	1	5	7
Productos minerales no metálicos.	43	49	129	262	282	377	218	462	426
Industrias metálicas básicas	34	34	28	28	26	77	111	405	133
Productos metálicos, maquinaria y equipo.	48	57	64	70	71	27	34	39	55
Otras industrias manufactureras	5	4	3	4	4	26	28	20	23
Generación de energía eléctrica	202	202	200	200	197	199	228	395	588
Impresión e industrias conexas						1	4	8	11
Industria química						249	244	619	106
Industria de plástico y del hule						6	6	64	102
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica						8	4	25	33
Fabricación de equipo de transporte						42	26	77	149
Fabricación de muebles, colchones y persianas						3	3	4	8
Industria de las bebidas y del tabaco							9	16	11
Comercios y servicios regulados								41	101
Fuentes de área	492	2193	1962	1366	1643	5151	4995	6415	7255
Combustión comercial/institucional	37	38	32	36	58	19	46	35	28
Combustión habitacional	118	119	131	161	257	291	877	871	750
Operación de aeronaves	14	16	17	19	26	35	40	43	30

Fuentes de contaminación	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Locomotoras (foráneas/patio)	42	29	29	34	36	2	21	23	18
Terminales de Autobuses de pasajeros	n/a	1	1	1	1	1	1	4	16
Incendios forestales	62	40	47	131	96	39	26	37	93
Incendio en estructuras	27	26	26	32	31	18	12	10	25
Caminos pavimentados		83	91	N/S	N/S	1553	1715	1524	1457
Caminos sin pavimentar		1598	1362	952	1138	1062	1054	813	816
Asados al carbón						195	251	237	148
Agricultura						464	467	443	636
Ganadería						13	27	17	17
Otras fuentes de área	192	143	226			1459	251	323	2342
Construcción							207	2036	877
Vegetación y suelos	380	456	261	164	148	108	291	172	425
Erosión eólica del suelo	380	456	261	164	148	108	291	172	425
Fuentes móviles	4589	3518	3748	3835	2849	2769	2946	3660	5497.5
Autos particulares	721	424	480	500	511	253	259	636	977
Camionetas particulares SUV						77	79	215	216
Taxis	183	91	80	93	96	92	110	106	229
Combis	25	17	14	30	31	28	43	86	139
Microbuses	94	33	24	31	30	57	53	125	97
Pick up	93	60	36	46	41				
Vehículos < = a 3 ton	485	168	234	85	85				
Pick up y vehículos < = a 3.8 ton						72	68	238	275
Tractocamiones	1893	1944	2014	1394	1218	1215	1402	841	1372
Autobuses	873	555	600	968	338	329	300	797	1288
Vehículos > a 3 ton	193	213	223	631	443				
Vehículos > a 3.8 ton						572	570	494	714
Motocicletas	20	13	43	57	53	67	55	89	159
Metrobús					3	7	7	34	30
Total	6033	6777	6622	6191	5499	9247	9451	12773	15433

Tabla 2. Histórico de emisiones PM_{2.5} según fuente contaminante en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Fuente: Elaboración propia con información SEDEMA (2019b).

2.3 ESTACIONES DE MONITOREO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Las estaciones de monitoreo de la Ciudad de México que han reportado emisiones de $PM_{2.5}$, se muestran en la Tabla 3, con relación a los años en los que han reportado dichas emisiones, así como siete estaciones del Estado de México localizadas en la frontera con la Ciudad de México.

Estación	ID	Del 2003 al 2010	2011	2012	2013	2015	2016	2017	2018	2019
Ajusco Medio	AJM									
Ajusco	AJU									
Benito Juárez	BJU									
Camarones	CAM									
Centro de Ciencias de la Atmósfera	CCA									
Coyoacán	COY									
Cuajimalpa	CUA									
FES Acatlán	FAC									
FES Aragón	FAR									
Gustavo A. Madero	GAM									
Hospital General de México	HGM									
Investigaciones Nucleares	INN									
Merced	MER									
Miguel Hidalgo	MGH									
Milpa Alta	MPA									
Nezahualcóyotl	NEZ									
Pedregal	PED									
La Perla	PER									
Santiago Acahualtepec	SAC									
Santa fe	SFE									
San Juan Aragón	SJA									
Tlalnepantla	TLA									
UAM Xochimilco	UAX									
UAM Iztapalapa	UIZ									
Xalostoc	XAL									

Tabla 3. Estaciones de monitoreo en la Ciudad de México, con reportes de emisiones $PM_{2.5}$.

Fuente: SEDEMA (2019c).

En la Figura 10, observamos la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo referidas en la Tabla 3, como puede apreciarse estas se encuentran distribuidas principalmente en la zona centro y norte de la Ciudad de México, correspondiente a la zona urbana. Sin embargo, las emisiones $PM_{2.5}$ no son exclusivas de esta zona, podemos notar que las estaciones AJU y MPA se encuentran en área de reserva y rural de la Ciudad de México correspondientemente.

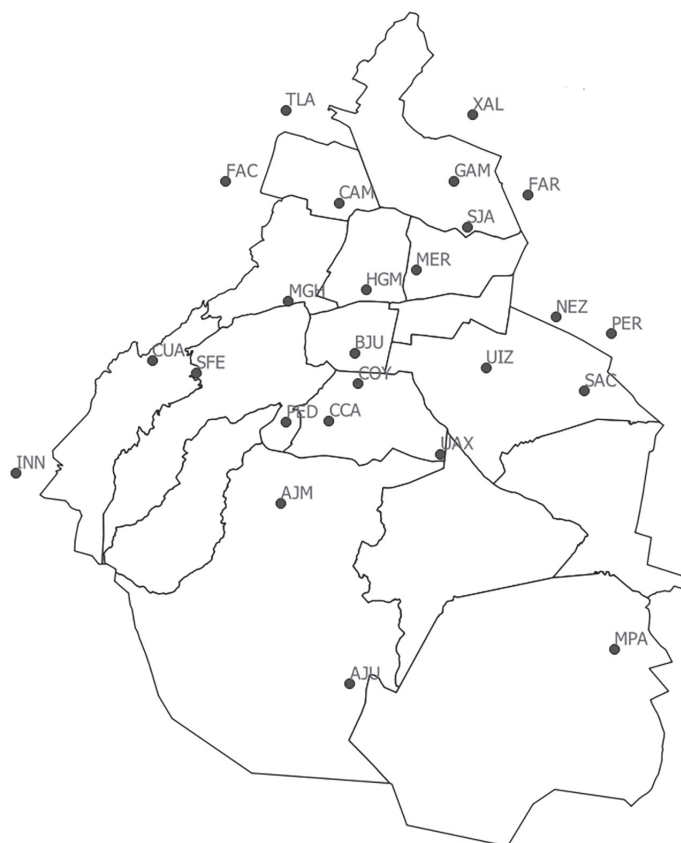


Figura 10. Estaciones de monitoreo Ciudad de México.

Fuente: SEDEMA (2019d).

2.3 HISTÓRICO DE ACTIVACIÓN DEL PROGRAMA PARA CONTINGENCIAS AMBIENTALES ATMOSFÉRICAS (PCAA) EN LA ZONA METROPOLITANA DE VALLE DE MÉXICO

Como se indicó, la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), es la encargada de gestionar el histórico de la *Activación del Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en la Zona Metropolitana de Valle de México (ZMVM)*, en el cual se indica que desde 1988 se han presentado contingencias en 63 ocasiones debido a altos índices de ozono, en 8 ocasiones debido a altos índices de partículas PM_{10} y en una ocasión debido a altos índices de partículas $PM_{2.5}$ (Ver Tabla 4).

A pesar de que el *Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en la Zona Metropolitana de Valle de México (ZMVM)* se ha activado en una única ocasión debido a partículas $PM_{2.5}$, consideramos que es importante dar seguimiento

al histórico y mitigar las fuentes generadoras de este tipo de partículas debido a los daños que representa este tipo de partículas para la salud y los ecosistemas.

Año de activación	Contaminante
03-feb-88	Ozono
25-feb-88	Ozono
02-feb-91	Ozono
06-mar-91	Ozono
23-oct-91	Ozono
06-feb-92	Ozono
18-feb-92	Ozono
06-mar-92	Ozono
16-mar-92	Ozono
19-mar-92	Ozono
20-mar-92	Ozono
18-dic-92	Ozono
30-dic-92	Ozono
12-feb-93	Ozono
16-feb-93	Ozono
18-feb-93	Ozono
26-feb-93	Ozono
13-sep-93	Ozono
28-oct-93	Ozono
11-nov-93	Ozono
16-nov-93	Ozono
02-dic-93	Ozono
13-dic-93	Ozono
20-dic-93	Ozono
22-dic-93	Ozono
21-dic-94	Ozono
23-mar-95	Ozono
06-jun-95	Ozono
23-jun-95	Ozono
31-jul-95	Ozono
01-dic-95	Ozono
19-ene-96	Ozono
15-oct-96	Ozono
29-oct-96	Ozono
29-abr-97	Ozono
27-sep-97	Ozono
22-oct-97	Ozono
25-may-98	Ozono

Año de activación	Contaminante
05-jun-98	Ozono
06-oct-98	Ozono
03-dic-98	Ozono
19-dic-98	Ozono
11-ene-99	Ozono
11-mar-99	Ozono
15-oct-99	Ozono
30-ene-00	PM ₁₀
18-sep-02	Ozono
25-dic-03	PM ₁₀
01-ene-05	PM ₁₀
14-mar-16	Ozono
05-abr-16	Ozono
02-may-16	Ozono
14-may-16	Ozono
20-may-16	Ozono
24-may-16	Ozono
27-may-16	Ozono
31-may-16	Ozono
08-jul-16	Ozono
11-ago-16	Ozono
06-ene-17	PM ₁₀
15-may-17	Ozono
22-may-17	Ozono
14-dic-17	PM ₁₀
06-jun-18	Ozono
25-dic-18	PM ₁₀
01-ene-19	PM ₁₀
30-mar-19	Ozono
10-abr-19	Ozono
16-abr-19	Ozono
14-may-19	PM _{2.5} y Ozono

Tabla 4. Histórico de Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Fuente: SEDEMA (2019f).

De la Figura 11 a la Figura 28, observamos la localización geográfica de las estaciones de monitoreo que han reportado valores tanto de ozono como de Partículas PM₁₀ y PM_{2.5} lo suficientemente altos que han propiciado que se active el *Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en la Zona Metropolitana de Valle de México (ZMVM)* desde febrero de 1988 a mayo de 2019.

Podemos observar que, todas las zonas de la Ciudad de México al menos en una ocasión han presentado altos valores tanto de ozono como de Partículas PM₁₀ y PM_{2.5}.

Sin embargo, en los últimos años las zonas centro-norte, nor-oriente y norponiente son las que han presentado los valores más altos en este tipo de partículas.



Figura 11. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 1988.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 12. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 1991.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 13. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 1992.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 14. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 1993.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 15. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 1994.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 16. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 1995.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 17. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 1996.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 18. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 1997.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 19. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 1998.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 20. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 1999.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 21. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 2000.

Fuente: SEDEMA (2019f).



Figura 22. Activaciones de Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, 2002.

Fuente: SEDEMA (2019f).

3. ESTADO ACTUAL DEL ESTUDIO DE LAS EMISIONES DE PARTÍCULAS Y SU IMPACTO NEGATIVO A LOS ECOSISTEMAS

3.1 IMPACTOS NEGATIVOS EN LA SALUD HUMANA

La Organización Mundial de la Salud a inicios de este siglo, indicó que las partículas PM contribuían aproximadamente en 800,000 muertes prematuras cada año, situándolas como la treceava causa de muerte a nivel global.

La primera evidencia documentada del impacto de dichos contaminantes sobre la salud se remonta al año 1800 A.C., en una momia encontrada en el desierto de Gobi, conocida como Beuty de Loulan se observó que sus pulmones estaban muy dañados, lo que los antropólogos han interpretado como muerte por problemas respiratorios causados por emisiones de combustión de madera y por partículas de arena (INE-SEMARNAT, 2011).



Figura 29. Momia Beuty de Loulan.

Fuente: <https://www.ancient-origins.net/ancient-places-asia/beauty-loulan-and-tattooed-mummies-tarim-basin-001227>.

Como lo sugiere INE-SEMARNAT (2011), en los últimos veinte años se han llevado a cabo diversos estudios para determinar una relación entre la presencia de partículas $PM_{2.5}$ en la atmósfera y su impacto en la salud humana (Dockery *et al.*, 1996; Spengler *et al.*, 1996; von Klot *et al.*, 2002; Rich *et al.*, 2005; Hext *et al.*, 1999). Inicialmente los estudios se enfocaron en evaluar dicha relación considerando altos niveles de contaminación, más adelante los estudios se enfocaron en concentraciones comúnmente presentes en zonas poblacionales y aun en concentraciones bajas. Al final, ambos estudios reportaron asociaciones entre la presencia de partículas $PM_{2.5}$ y casos de mortalidad y morbilidad, esto debido principalmente a su composición, que

puede ser más tóxica y se caracteriza principalmente por la presencia de sulfatos, nitratos, ácidos, metales y carbono negro.

En la literatura, distintos autores ya han documentado los efectos negativos que tienen las partículas $PM_{2.5}$ sobre la salud. Una revisión muy interesante la encontramos en Anderson *et al.* (2012), en donde se describe con gran detalle los efectos a corto y largo plazo de las PM en el sistema cardiovascular y respiratorio y se emiten recomendaciones respecto a los niveles permisibles y acciones para proteger nuestra salud de las partículas contaminantes.

En la última década, el COMEAP en Reino Unido llevó a cabo dos estudios para determinar las evidencias del impacto de las PM en la mortalidad: *Long-Term Exposure to Air Pollution: Effect on Mortality* (COMEAP,2009); *The Mortality Effects of Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution in the United Kingdom* (COMEAP,2010). encontrando que las partículas PM presentan una importante contribución en las causas de mortalidad humana y en particular en la mortalidad cardiopulmonar.

Como lo sugiere Miller and Xu (2018), en China también se han llevado a cabo numerosos estudios enfocados en determinar la relación entre la exposición a partículas contaminantes y el riesgo en la salud humana teniendo en cuenta principalmente a las partículas PM_{10} , SO_2 y NO_2 . Fue a partir de 2012 que, las $PM_{2.5}$ se incluyeron en los estándares de calidad del aire y medio ambiente. Algunos resultados acerca del riesgo en la salud atribuidos a la exposición de $PM_{2.5}$ en el contexto de Beijing han sido publicados por Pui *et al.* (2014), Guo *et al.* (2009) y Chen *et al.* (2011). Recientemente, Xing *et al.* (2016) investigaron el impacto dañino de las $PM_{2.5}$ en el sistema respiratorio en el contexto de China para recomendar a la población limitar su exposición a este tipo de partículas y hacer un llamado a las autoridades para la creación de un índice de contaminación relacionado con la salud.

Por otro lado, Kloog *et al.* (2014) llevaron a cabo un estudio para determinar las asociaciones entre la exposición a partículas $PM_{2.5}$ y las admisiones a los hospitales en diversas ciudades de Estados Unidos. Observaron que, en efecto existe una asociación entre la exposición a $PM_{2.5}$ con las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias, cardiovasculares, del corazón así como por enfermedades pulmonares obstructivas crónicas.

Un estudio más reciente es el presentado por Fortoul *et al.* (2015), en donde se indica el problema de los metales y su impacto en la salud incluyendo su relación con el cáncer.

3.2 IMPACTOS NEGATIVOS EN LOS ECOSISTEMAS

De acuerdo con INE-SEMARNAT (2011), las partículas PM también presentan impactos negativos en los ecosistemas. Para el caso particular de las $PM_{2.5}$ es que, una vez que son generadas por condensación de gases, coagulación de partículas pequeñas, reacción de gases en o sobre las partículas, o bien por evaporación de neblina y gotas de agua en las que los gases se han disuelto y reaccionado, éstas son transportadas por procesos atmosféricos y finalmente depositadas, provocando la degradación de bosques, lagos, y suelos. Con relación a la agricultura las partículas $PM_{2.5}$ tienen la capacidad de alterar los ciclos biogeoquímicos, reducen la capacidad de autorregulación y se acumulan en los alimentos que consumimos. También, generan procesos de corrosión tanto en materiales de los edificios como en las construcciones mismas.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible adoptada por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas, sugiere un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. La Agenda plantea 17 objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Es importante indicar que dentro de los 17 objetivos, aquellos que están relacionados con las partículas contaminantes son las siguientes:

- 🌱 Objetivo 3: Salud y bienestar.
- 🌱 Objetivo 7: Energías limpias.
- 🌱 Objetivo 11: Ciudades y comunidades sustentables.
- 🌱 Objetivo 12: Consumo y producción sustentable.
- 🌱 Objetivo 13: Acciones para el clima.
- 🌱 Objetivo 17: Asociaciones para lograr las metas.

3.3 IMPACTOS NEGATIVOS EN LA APICULTURA

La palabra *apiario* se deriva del latín: *Apis*: abeja. De esta forma, se denomina apiario, o colmena, al lugar donde hay cierto número de colonias (Root, 2002). De acuerdo con Root (2002), la historia de la apicultura tiene su primera referencia 15,000 A.C. en una pintura rupestre del arte levantino denominada *La recolección de miel*. Esta pintura fue hallada sobre una roca de Las Cuevas de la Araña en Bicorp Valencia, que ha sido considerada Patrimonio de la Humanidad desde 1998. La pintura, que corresponde a las primeras sociedades productoras de la tierra, describe una figura humana, subiendo por el tronco de un árbol para acceder a lo que actualmente conocemos como un colmenar, y que está rodeada por enormes abejas (ver Figura 30).

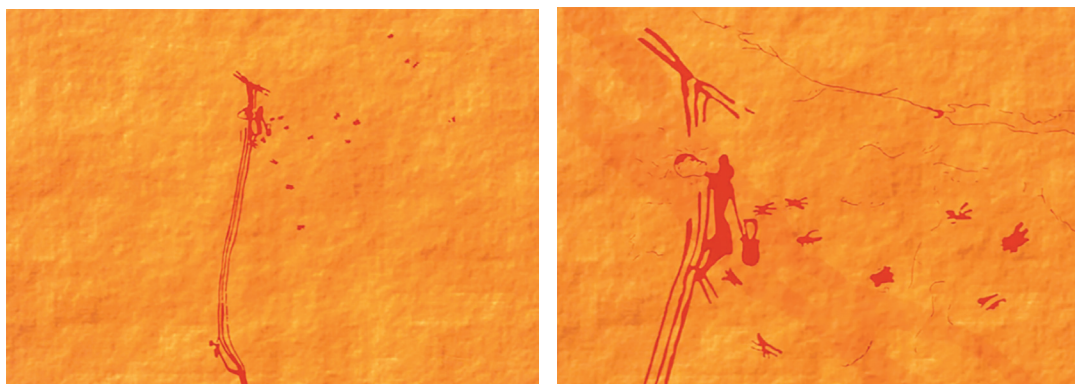


Figura 30. Pintura de la Recolección de la Miel, Cueva de la Araña.
Fuente: Ecomuseodebicorp, Documental Cuevas de la Araña (2019).

De acuerdo con Vidal (2012), tanto en la cultura Mexica como en la cultura Maya, los productos derivados de la colmena fueron tan apreciados que los tributos se cobraban con miel de abeja. Así, en la religión indígena la abeja tuvo una relación ritual con la agricultura y era muy apreciada no sólo por la miel, dado que no existía la caña de azúcar y era utilizada como edulcorante y apreciada por sus propiedades curativas, sino también por la cera, la cual por ejemplo fue utilizada para la elaboración de velas para ser utilizadas en las ceremonias religiosas como en el caso de Teotihuacán, y para alumbrar los recintos religiosos y dar forma las figuras de oro, *cera perdida*, como en el caso de la cultura maya (Vidal, 2012).

En la *Matrícula de Tributos*, *tequiamatl* en náhuatl, se describe en forma pictográfica los tributos que en la Preconquista (Siglos XV y XVI) los pueblos debían entregar

en forma periódica a México-Tenochtitlán, considerada en la época posclásica (900-1521 D.C.) el centro de la Triple Alianza conformada por México, Tetzco y Tacuba. La importancia que los mexicas daban a las colmenas y a la miel se manifiesta justo en la *Matrícula de Tributos*, en donde observamos los pueblos y provincias que, además de producir miel de abeja, la tributaban a México-Tenochtitlán en cántaros.

Como ejemplifica Valadez Azúa *et al.* (2004), el pueblo de Tlachco (Taxco actualmente) tributaba cada 80 días miel a México-Tenochtitlán utilizando jarras de tres asas, las cuales llevaban un base de yahual, hecha de tule, zacate o carrizo. Así, cada 80 días, los siguientes pueblos tributaban a México-Tenochtitlán la miel, Tlachco: 200 jarras, Tepacuacuilco, Chilapan, Ichcateopan: 200 jarras, otros pueblos de Guerrero y Puebla: 5 jarras, y algunos pueblos de Oaxaca: 40 jarras.



Figura 31. Matrícula de Tributos, folio 8.

Fuente: <http://bdmx.mx/documento/galeria/matricula-tributos> (2019).

En tiempos recientes, la actividad de la apicultura en México se ha enfocado en la producción de miel, cuyas cifras del período 2000-2009 permitieron que México se ubicara entre los primeros cinco exportadores de miel a nivel global (SAGARPA, 2010). Así, durante este período, el valor promedio de las exportaciones de miel se ubicó en 51 millones 818 mil dólares, alcanzando una tasa promedio de crecimiento de 11.7% anual.

Por otro lado, las abejas también se han utilizado también para monitorear el ambiente. Celli y Maccagnani (2002) indican que el pionero en emplear a las abejas para esta actividad fue J. Svoboda, quien en 1935 tuvo la intuición acerca de que la abeja podría proporcionar datos acerca de los impactos ambientales de determinadas industrias en zonas específicas. Más adelante, a partir de 1962 las abejas se utilizaron para monitorear la contaminación ambiental debida a metales pesados en zonas urbanas, de pesticidas en zonas rurales e inclusive de la presencia de radionucleoides en el ambiente. A la fecha no se han realizado estudios en México acerca del monitoreo de partículas utilizando abejas, lo cual representa una gran oportunidad para complementar el monitoreo llevado a cabo por las estaciones instaladas.

A pesar de que en el siglo XXI, México se ha consolidado entre los primeros lugares a nivel global como exportador de miel, lo efectos derivados del cambio climático han afectado la producción nacional, puesto que existe inestabilidad en las épocas de floración con consecuencias en la baja o nula producción de néctar, además de la vulnerabilidad de nuestro país a huracanes y ciclones, que causan devastación de recursos néctar poliníferos reduciendo el número de colmenas.

4. POLÍTICA PÚBLICA EN MATERIA DE EMISIONES DE CONTAMINANTES DEL AIRE

El 28 de mayo de 2019 fue publicado en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México el *Programa para Prevenir y Responder a Contingencias Ambientales Atmosféricas (PPRECAA)*, en el cual, entre otras cosas, se actualizaron las Fases I y II de activación de contingencias ambientales y se definió una nueva fase, la Fase Preventiva que tiene como finalidad realizar acciones a fin de mitigar la concentración de contaminantes para evitar que se declare la Fase I de contingencia ambiental por ozono o por partículas.

En el PPRECAA se especifican las acciones que deben implementar tanto las autoridades locales y federales, así como los propietarios de industrias, comercios, servicios y ciudadanos en general, con el objetivo de prevenir y controlar las emisiones contaminantes del aire y disminuir los efectos adversos a la salud de los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

ENSEGUIDA SE DESCRIBEN LAS FASES DE ACTIVACIÓN.

Fase Preventiva

Contaminante	Activación	Suspensión
Ozono	Pronóstico de ozono para el día siguiente mayor a 140 puntos con una probabilidad del 70% de ocurrencia.	De manera automática al día siguiente a las 19 horas* o con la emisión de un comunicado de Fase de contingencia.
	Concentración promedio horario.	
	> 135 puntos para PM ₁₀ . 0 >135 puntos para PM _{2,5}	< 135 puntos de PM ₁₀ . < 135 puntos de PM _{2,5} .
Partículas	Indicador: Concentración promedio móvil de 24 horas.	Indicador: Concentración promedio móvil de 24 horas.
	Se declarará contingencia ambiental regional sólo cuando se presente este valor por lo menos en una estación y en sólo una de las cinco zonas en las que se divide la ZMVM.	Cuando las concentraciones sean < 135 puntos y se cuente con un pronóstico meteorológico favorable para el día siguiente y con la emisión de un comunicado.

Nota: Las unidades están en puntos del índice de Calidad del Aire. Las estaciones consideradas para decretar contingencias ambientales atmosféricas se pueden consultar en www.aire.cdmx.gob.mx

*El valor máximo de ozono se presenta entre las 13:00 y 19:00 horas.

Tabla 5. Activación y suspensión de la Fase Preventiva en ZMVM.

Fuente: <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/exencion-al-programa-para-contingencias-atmosfericas-de-las-fuentes-fijas-de-jurisdiccion-de-la-ciudad-de-mexico>

Con base en el histórico de emisiones de $PM_{2.5}$, observamos que más de una de las estaciones de monitoreo han superado los 135 puntos en distintas ocasiones durante el período 2017-2019. Por lo que se hace necesario fortalecer la implementación del *Programa para Prevenir y Responder a Contingencias Ambientales Atmosféricas (PPRECAA)* en la Ciudad de México. A pesar de que fue publicado en mayo del 2019, de la revisión del histórico entendemos que han sido varias las ocasiones en que la emisión de las partículas $PM_{2.5}$ han superado el umbral permitido incrementando los efectos adversos a la salud de los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y a los ecosistemas, como los que han sido descritos en las Secciones 3.1, 3.2 y 3.3.

Fase de Contingencia Ambiental Atmosférica

CONTINGENCIA	ACTIVACIÓN			SUSPENSIÓN		
	ÍNDICE (concentraciones)			ÍNDICE		
	OZONO	PM10	PM2.5	OZONO	PM10	PM2.5
	Promedio en una hora	Promedio móvil 24 horas	Promedio móvil 24 horas	≤ 150 puntos con pronóstico meteorológico favorable para el día siguiente.		
FASE I	>150 puntos (> 154 ppb)	> 150 puntos (>214 µg/m3)	> 150 puntos (> 97.4 µg/m3)			
FASE II	> 200 puntos (>204 ppb)	> 200 puntos (>354 µg/m3)	> 200 puntos (>150.4 µg/m3)			
FASE COMBINADA	Ozono > 150 puntos y PM10 o PM2.5 > 140 puntos Ozono > 140 puntos y PM10 o PM2.5 > 150 puntos			≤ 150 puntos y ≤ 140 puntos dependiendo del contaminante, con pronóstico meteorológico favorable para el día siguiente.		

Nota: Las unidades están en puntos del índice de Calidad del Aire y en concentración de cada contaminante. Las estaciones consideradas para decretar contingencias ambientales atmosféricas se pueden consultar en www.aire.cdmx.gob.mx

La activación de Contingencia Ambiental Regional por PM_{10} o $PM_{2.5}$, se declarará regional cuando se superen los valores establecidos en la Tabla 6, por lo menos en una estación y en sólo una de las cinco zonas en las que se divide la ZMVM. En caso de presentarse en dos o más zonas de activación se declarará la Fase que corresponda para toda la ZMVM.

Tabla 6. Activación y suspensión de la Fase de Contingencia Ambiental Atmosférica en ZMVM.

Fuente: <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/exencion-al-programa-para-contingencias-atmosfericas-de-las-fuentes-fijas-de-jurisdiccion-de-la-ciudad-de-mexico>

5. RECOMENDACIONES A LA POLÍTICA PÚBLICA DE EMISIONES DE CONTAMINANTES DE LA CDMX

Como se indicó en la sección anterior, la política pública respecto a la prevención y respuesta a las contingencias ambientales atmosféricas en la CDMX está basada en el monitoreo en estaciones específicas localizadas en el territorio y en un tratamiento probabilístico-estadístico de los datos obtenidos en dichas estaciones. Sin embargo, consideramos que esta política es insuficiente ya que se requiere por un lado la calibración de los instrumentos de toma de datos de las estaciones de monitoreo, su correcta operación y mantenimiento para que los datos sean confiables. Y por otro lado, se requieren herramientas teóricas más avanzadas para el tratamiento de los datos masivos.

Adicionalmente, consideramos que no es adecuado, dado el daño que ocasionan tanto el ozono como las partículas y en especial las $PM_{2.5}$ a la salud humana y a los ecosistemas, que el único sistema de monitoreo sean las estaciones ya instaladas. Los datos obtenidos de las estaciones de monitoreo deben complementarse con otros métodos de monitoreo. En la Sección 3.3, indicamos que desde la década de los 60s, las abejas fueron utilizadas para monitorear la contaminación ambiental debida a metales pesados en zonas urbanas, y en México aún no se ha implementado, lo que representa una gran oportunidad de estudio.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos recabados y analizados, todas las zonas de la Ciudad de México al menos en una ocasión han presentado altos valores tanto de ozono como de Partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Sin embargo, en los últimos años las zonas centro-norte, nor-oriental y norponiente son las que han presentado los valores más altos en este tipo de partículas.

Respecto a la emisión de partículas $PM_{2.5}$, las principales fuentes generadoras de emisiones en la Ciudad de México son las fuentes de área: combustión comercial/institucional, combustión habitacional, operación de aeronaves, locomotoras, terminales de autobuses de pasajeros, incendios forestales, incendios de estructuras, caminos pavimentados, caminos sin pavimentar, asados al carbón, agricultura, ganadería, construcción.

A pesar de que la política pública está basada en el *Programa para Prevenir y Responder a Contingencias Ambientales Atmosféricas (PPRECAA)*, en el cual se especifican las acciones que deben implementar tanto las autoridades locales y federales, así como los propietarios de industrias, comercios, servicios y ciudadanos en general, con el objetivo de prevenir y controlar las emisiones contaminantes del aire y disminuir los efectos adversos a la salud de los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), dichas acciones no están enfocadas en reducir las emisiones ni en minimizar los impactos de las principales fuentes generadoras.

Consideramos que para efectivamente reducir las emisiones de partículas $PM_{2.5}$ en la Ciudad de México, deben coordinarse los diferentes ámbitos del gobierno, pero sobre todo controlar la expansión de la mancha urbana y los efectos adversos de la construcción.

7. AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIITTA101219 *Sustentabilidad e innovación socio-económica para la producción de miel de abeja en la Ciudad de México: el caso de las cooperativas productoras.*

8. REFERENCIAS

- Anderson, J.O., Thundiyil, J.G., Stolbach, A. (2012). Clearing the air: a review of the effects of particle matter air pollution on human health. *J.Med. Toxicol*, 8, 166-175.
- Celli, G. y Maccagnani, B. (2002). Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of Insectology*, 56 (1).
- COMEAP (2009). Long-Term Exposure to Air Pollution: Effect on Mortality. The Committee on the Medical Effects of Air Pollutants.
- COMEAP (2010). The Mortality Effects of Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution in the United Kingdom. The Committee on the Medical Effects of Air Pollutants.
- Chen, R.; Li, Y.; Ma, Y.; Pan, G.; Zeng, G.; Xu, X.; Chen, B.; Kan, H. Coarse particles and mortality in three Chinese cities: The China air pollution and health effects study (CAPES). *Sci. Total Environ.* **2011**, 409, 4934–4938.
- Dockery, D. W., Cunningham, J., Damokosh, A. I., Neas, L. M., Spengler, J. D., Koutrakis, P., Ware, J. H., Raizenne, M. y Speizer, F. E. (1996), "Health Effects of Acid Aerosol on North American Children: Respiratory Symptoms". *Environmental Health Perspectives*, Vol. 104, No. 5, pp. 500-505.
- Fortoul, T.I., Rodríguez – Lara, V., González-Villalva, A., Rojas-Leus, M., Colin-Barenque, L., Bizarro-Nevaras, P., García-Peláez, I., Cervantes-Yépez, S., López-Valdez, N., Meléndez-García, N., Espinosa-Zurutuza, M., Cano-Gutierrez, G., Cano-Rodríguez, M.C.(2015). Health effects of metals in particulate matter. <http://dx.doi.org/10.5772/59749>
- Guo, Y.; Jia, Y.; Pan, X.; Liu, L.; Wichmann, H.E. The association between fine particulate air pollution and hospital emergency room visits for cardiovascular diseases in Beijing, China. *Sci. Total Environ.* **2009**, 407, 4826–4830.
- Hext, P.M., Rogers, K.O., Paddle, G.M. (1999). The health effects of PM_{2.5} (including ultrafine particles). CONACWE, Brussels.
- INE- SEMARNAT. (2011). Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM_{2.5}. INE-SEMARNAT.
- Kloog, I., Nordio, F., Zanobetti, A., Coull, B. A., Koutrakis., Schwartz, J.D. (2014). Short term effects of particle exposure on hospital admissions in the Mid-Atlantic states: a population estimate. *PLoS ONE*, 9 (2). doi:10.1371/journal.pone.0088578

- Miller, L., Xu, X. (2018). Ambient PM_{2.5} human health effects- findings in China and Research Directions. *Atmosphere*, 9 (44). doi:10.3390/atmos9110424
- Pui, D.Y.H.; Chen, S.C.; Zui, Z. PM_{2.5} in China: Measurements, sources, visibility and health effects, and mitigation. *Particuology* **2014**, 13, 1–26.
- Rich, D. Q., Schwartz, J., Mittleman, M.A., Link, M., Luttmann-Gibson, H., Catalano, P. J., Speizer, F. E. y Dockery, D. W. (2005), "Association of Short- term Ambient Air Pollution Concentrations and Ventricular Arrhythmias". *Am J Epidemiol*, 161:1123-1132.
- Root, A. I (2002). ABC y XYZ de la apicultura. Enciclopedia de la cría científica y práctica de las abejas. 7ª reimpresión. A. G. T. Editor S. A.
- SAGARPA (2010). Información de Sector Agroalimentario 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Segunda edición.
- SEDEMA (2019a). <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27ZKBhnmI=%27> [Recuperado el 17 de junio de 2019].
- SEDEMA (2019b). <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=Z6BhnmI=&dc=Zg==> [Recuperado el 17 de junio de 2019].
- SEDEMA (2019c). <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27aKBhnmE=%27&r=b3BlbmRhdGEvcmlkX21hbnVhbC9yZWVudWFudWFsX3BhcnRyY3VsYXNfc3VzcC5jc3Y=> [Recuperado el 17 de junio de 2019].
- SEDEMA (2019d). <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnmI=&dc=%27ZA==> [Recuperado el 17 de junio de 2019].
- SEDEMA (2019f). <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/ultima-hora/calidad-aire/pcaa/pcaa-historico-contingencias.pdf> [Recuperado el 17 de junio de 2019].
- Spengler, J. D., Koutrakis, P., Dockery, D. W., Raizenne, M. y Speizer, F. E. (1996), "Health Effects of Acid Aerosol on North American Children: Air Pollution Exposures". *Environmental Health Perspectives*, Vol. 104, No. 5, pp. 492-499.
- Valadez Azúa, R., Blanco Padilla, A., Pérez Roldán, G., Rodríguez Galicia, B. (2004). Retomando la apicultura del México antiguo. *Imagen Veterinaria*, 4 (2).
- Vidal, E. (2012). Historia de la apicultura en México. *Expresiones Veterinarias*, 12 (1).
- von Klot, S., Wölke, G., Tuch, T., Heinrich, J., Dockery, D. W., Schwartz, J., Kreyling, W. G. Wichmann, H. E. y Peters, A., (2002), "Increased Asthma Medication Use in Association with Ambient Fine and Ultrafine Particles". *Eur. Respir J*, 20:691-702.
- World Population Review (2019). <http://worldpopulationreview.com/world-cities/> [Recuperado el 17 de junio de 2019].
- World Health Organization (2002). World health report 2002. World Health Organization, Geneva.
- Xing, Y.F., Xu, Y.H., Shi, M. H., Lian, Y.X. (2015). The impact of PM_{2.5} on the human respiratory system. *Journal of Thoracic Disease*, 8 (1).



Impreso en los talleres de
Cholsamaj

5a. Calle 2-58, Zona 1, Guatemala, C. A.
Teléfonos: (502) 2232 5959 - 2232 5402
E-mail: editorialcholsamaj@yahoo.com
www.cholsamaj.com