

Captación de agua de lluvia ante la crisis hídrica regional

Benito Rodríguez Haros¹

Tzatzil I. Bustamante Lara²

Marilu León Andrade³

Resumen

En las distintas regiones del mundo se han desarrollado técnicas y estrategias encaminadas a cubrir las necesidades de abasto de agua para todos los usos; así encontramos impresionantes obras ancestrales de alumbramiento, derivación, almacenamiento y distribución de agua en los asentamientos humanos.

En la región Maya de México se reconocen las obras conocidas como “chultun” que hace referencia a una obra de almacenamiento de agua de lluvia; en el Valle de México, la cultura hidráulica de sus pobladores para el manejo del agua de los lagos; al devenir del tiempo, estos sistemas fueron abandonados o sustituidos paulatinamente por los sistemas de perforación, extracción y conducción por entubamientos; otras modalidades han sido la construcción de grandes embalses y el trasvase de ríos y cauces para el abasto a poblaciones humanas, centros industriales y agropecuarios ubicados, incluso, en regiones distantes; configurando así, un escenario donde la escasez física del agua se ha asociado a la falta de inversiones económicas para desarrollar la infraestructura necesaria para garantizar el abasto a los centros de consumo; dejando de lado, el análisis de los impactos ambientales y sociales de esas obras en los lugares de extracción, modificación de cauces y reducción volúmenes.

En los últimos meses, en México, la noticia más alarmante, después de la pandemia del COVID-19, ha sido la reducción e incluso falta de agua para consumo humano en algunas colonias de la ciudad de Monterrey, Nuevo León, asunto que nos invita a reflexionar sobre la sustentabilidad del “modelo de gestión del agua (abasto-tratamiento-conducción-distribución)”, sobre todo, si consideramos que mayor volumen de agua para algunos usos significa menor abasto para otros, ya que, las fuentes de abastecimiento son las mismas. En el presente escrito se exponen los resultados de revisión documental, cuyo propósito es rescatar y difundir el potencial que tiene la captación de agua de lluvia en la producción de cosechas a diferentes niveles de escala e intensificación, lo que permitirá, no solo, la producción de alimentos nutritivos y saludables también es una estrategia para el fortalecimiento de la “nueva cultura del agua” y valorar el conocimiento local para la gestión sustentable.

Conceptos clave: Captación de agua de lluvia, Cultivos de secano, Crisis hídrica

¹ Doctorado, Universidad de Guanajuato, brodriguez@ugto.mx

² Doctora, Universidad de Guanajuato, ti.bustamante@ugto.mx

³ Doctora, Universidad de Guanajuato, marilu@ugto.mx

Introducción

La captación de agua de lluvia, ha sido una estrategia para cubrir la demanda del vital líquido en las regiones del mundo, donde no se cuenta con la disponibilidad suficiente de agua subterránea ni fuentes superficiales para abastecer las principales necesidades de la población; pero también, la captación de agua de lluvia, en México, se ha promovido con la finalidad de fomentar la “nueva cultura del agua”, para preservar los mantos freáticos y promover su cuidado y el uso racional, con el compromiso de valorarla y preservarla, ya que, es un recurso cada vez más escaso.

La República Mexicana cuenta con una superficie de 1,958,201 kilómetros cuadrados y alrededor del 52.5% de la superficie total es árida y semiárida; es bien sabido, que la irrigación puede ser la respuesta más obvia a la sequía, sin embargo, la construcción de la infraestructura física, el mantenimiento y la operación en general es costosa, y cada vez más, las posibilidades de inversión/beneficio se encarecen al tratarse de proyectos cada vez más pequeños que resultan menos atractivos para los planificadores y partidarios de los grandes proyectos públicos, dando poca importancia a los proyectos comunitarios y familiares; en el presente escrito se exponen los resultados de revisión documental, cuyo propósito es rescatar y difundir el potencial que tiene la captación de agua de lluvia en la producción de cosechas a diferentes escalas e intensificación, lo que permitirá, no solo, la producción de alimentos nutritivos y saludables también es una estrategia para el fortalecimiento de la “nueva cultura del agua” y valorar el conocimiento local; en ese sentido, la captación de agua de lluvia, la entenderemos como la colección del escurrimiento superficial para propósitos productivos, en lugar de que el escurrimiento provoque erosión, se capta y utiliza; así pues, abordaremos mayormente sistemas de captación *In situ*, es decir, cuando el escurrimiento puede ser aprovechado únicamente mientras llueve, empleando para ello técnicas agronómicas y de la ingeniería rural tendientes a concentrar los escurrimientos inmediatos y evitar la salida del agua del área de cultivo.

Autores como Critchley Will consideran que una reducción de la precipitación estacional en un 50% puede resultar en una falla total de la cosecha, sin embargo la lluvia disponible puede estar concentrada en un área más pequeña, donde se podrán obtener resultados razonables; y afirma "por supuesto que en un año de sequía severa no puede haber escurrimiento superficial que coleccionar, pero si hay un sistema eficiente para la colección de agua de lluvia, se tendrá un mejor crecimiento de las plantas en la mayoría de los años Critchley W. (1991. p.1).

Situación hídrica en el Mundo

El The United Nations World Water Development Report 2016 estima que “entre 2011 y 2050 la población mundial aumentará un 33%, pasando de 7.000 millones a 9.300 millones de habitantes y la demanda de alimentos aumentará un 60% en el mismo período; además, se prevé que la población que vive en las áreas urbanas casi se duplicará, pasando de 3.600 millones en 2011 a 6.300 millones en 2050” (WWDR 2016); sin duda, la dinámica poblacional y los estilos de vida vigentes, en la mayoría de las sociedades, demandan cada vez más, mayor cantidad de recursos para su sostenimiento, así los mercados demandan productos que en su generación emplean mucha agua (tabla 1).

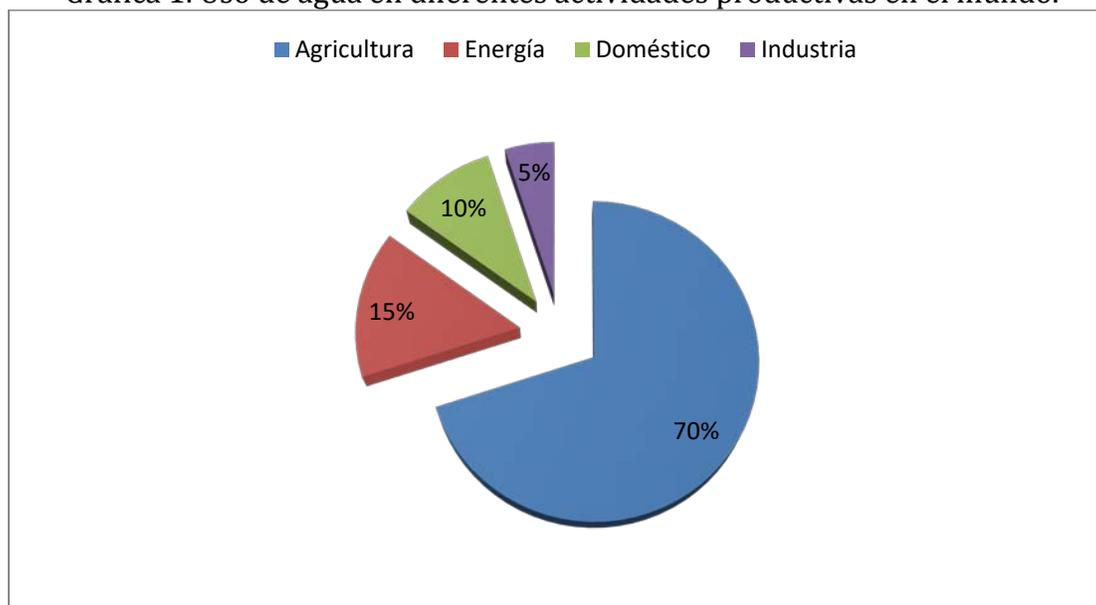
Tabla 1. Volumen de agua requerido para la producción de diferentes satisfactores.

Producto	Unidad	Cantidad	Volumen de agua (en litros)
Naranja	Kilogramo	1	560
Jugo de naranjo	Litro	1	1,050
Carne de pollo	kilogramo	1	4,325
Carne de cerdo	Kilogramo	1	5,988
Carne de res	Kilogramo	1	15,415
Papa	Kilogramo	1	290
Papas fritas	Kilogramo	1	1,040
Playera de algodón	Pieza	1	2,495
Par de zapatos	Pieza	1	8,000
Par de pantalones	Pieza	1	10,000

Fuente. Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C. 2019:19.

La energía es un servicio más que incrementará de manera importante su consumo en los próximos años, y es que, se requerirá para sostener los sistemas de producción y transformación de las materias primas y acondicionamiento de los alimentos; por otro lado, el verdadero reto, es el abasto de agua y de alimentos a una población en constante crecimiento y es que si bien; ha sido eclipsada la hipótesis de Maltus, actualmente la OMS/UNICEF (2015) estima que unos 663 millones de personas carecen de acceso a fuentes de agua potable inmediatas; 1,800 millones no tienen acceso fiable a agua de calidad lo suficientemente buena como para que resulte segura para el consumo humano e incluso es posible que sea significativamente mayor.

Grafica 1. Uso de agua en diferentes actividades productivas en el mundo.



Fuente. Elaboración propia con datos de WWDR 2016: 22.

La FAO (2015) estima que las extracciones de agua dulce a nivel mundial, se incrementaron aproximadamente un 1% al año, entre 1987 y 2000 y las evidencias

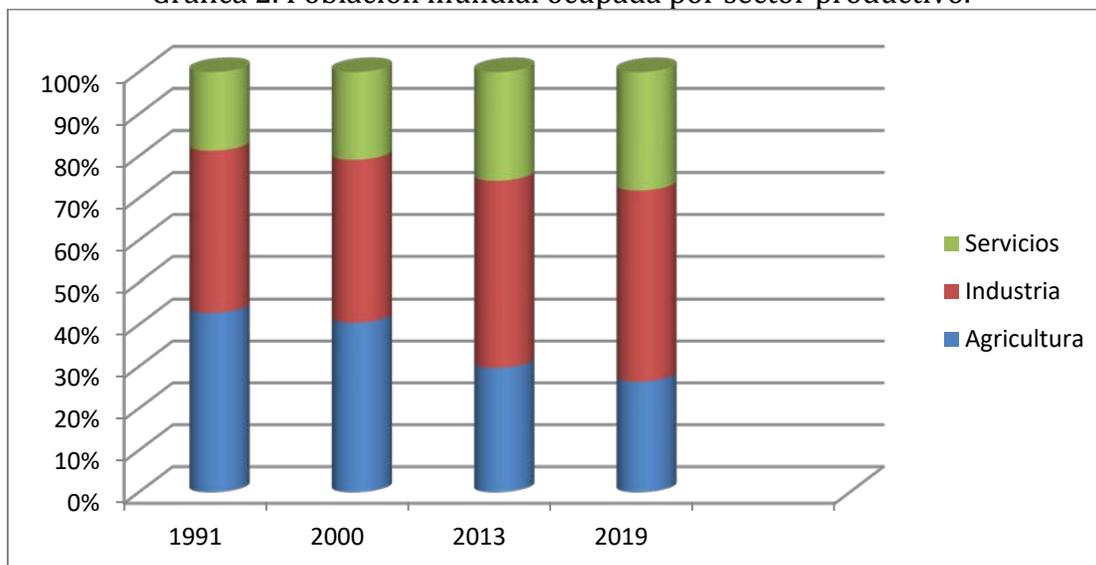
disponibles sugieren una tasa de crecimiento similar en estos últimos 15 años; por otro lado, en gran parte de los países más desarrollados, las extracciones de agua dulce se han estabilizado o han disminuido ligeramente, debido en parte, a una combinación de mejora de la eficiencia en el uso del agua y al aumento de la importación de productos que utilizan grandes cantidades de agua, incluyendo la alimentación (gráfica 1).

El WWAP (2012) estima que el consumo de agua en la agricultura aumentará en 20% para el año 2050, se espera también, que la demanda de agua para usos domésticos e industriales aumente, sobre todo en las ciudades y los países que experimentan un proceso de rápido crecimiento económico, así como incremento del consumo para energía y generación de electricidad.

El Global Environmental Outlook's Baseline Scenario (2012) estima que para 2050 la demanda de agua incrementará hasta en un 55% debido a la creciente demanda de la industria manufacturera (400%), generación de electricidad (140%) y uso doméstico (130%); mientras que la OCDE (2012a) prevé una disminución mundial de las extracciones de agua para el riego en el futuro; la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011a) estima un aumento del 11% en el consumo de agua de riego entre los años 2008 y 2050; el cambio climático, es una variable más a considerar en la formulación de escenarios futuros, y es que, los impactos hasta ahora han sido devastadores, sobre todo, con la presencia de fenómenos extremos; de acuerdo con el IPCC (2014) citado por WWDR (2016: 23) el cambio climático va a alterar los regímenes de flujo de las corrientes, al deteriorar la calidad del agua y a cambiar los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones y la disponibilidad de agua; durante la quinta evaluación, realizada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se prevé que, por cada grado de aumento de la temperatura global, aproximadamente el 7% de la población mundial estará expuesta a una disminución de los recursos hídricos renovables de al menos el 20%. Si el escenario futuro fuera así, la disminución de los recursos hídricos disponibles, intensificará la competencia por el agua entre los diferentes usuarios, incluyendo la agricultura, el mantenimiento del ecosistema, los asentamientos humanos, la industria (incluido el turismo) y la producción de energía y todo eso se podría traducir en pérdida de la seguridad alimentaria a nivel regional, y eventualmente a la seguridad geopolítica.

Las regiones identificadas como vulnerables a la creciente escasez de agua se incluyen el Mediterráneo y partes de América del Sur, Australia Occidental, China y el África Subsahariana; independientemente de la magnitud del déficit de agua a nivel mundial y sobre todo local, la escasez de agua puede limitar las oportunidades de crecimiento económico y la creación de trabajo digno en las próximas décadas, y es que, la agricultura es el sector con mayor número de personas ocupadas (Gráfica 2) y sigue siendo el “motor del desarrollo económico” en muchas economías emergentes.

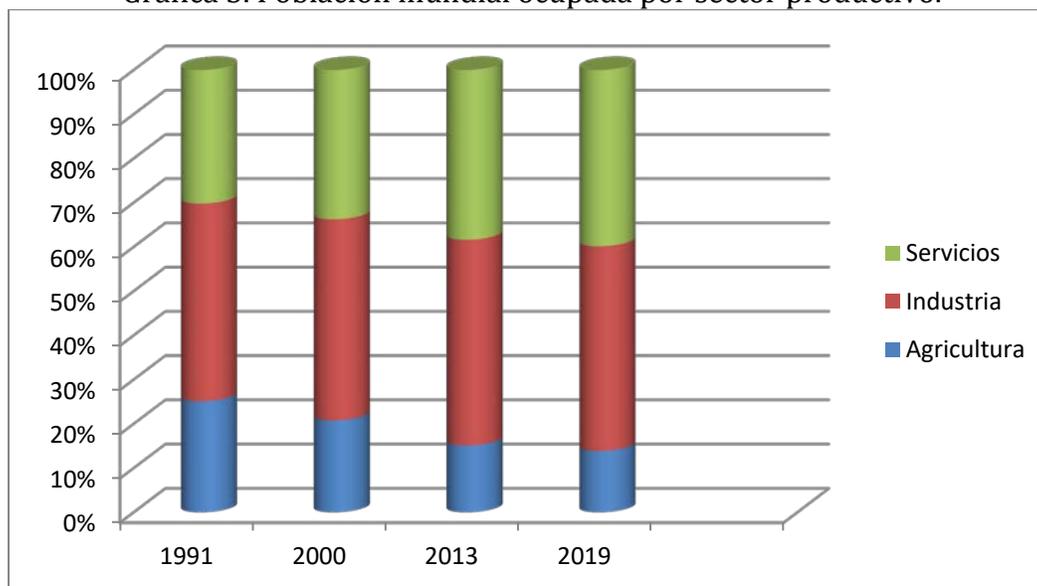
Gráfica 2. Población mundial ocupada por sector productivo.



Fuente. Elaboración propia con datos de OIT 2015.

Para el caso de América Latina y El Caribe se nota una ligera tendencia a la baja en el porcentaje de personas empleadas o dedicadas a la agricultura (gráfica 3).

Gráfica 3. Población mundial ocupada por sector productivo.



Fuente. Elaboración propia con datos de OIT 2015.

El IPCC (2014) estima que las condiciones del cambio climático tendrán un efecto negativo sobre las condiciones de crecimiento de los principales cultivos en el mundo, el trigo, el maíz y el arroz, aunque, si bien puede haber impactos positivos a nivel local, los pequeños agricultores en muchas economías emergentes no cuentan con la capacidad necesaria para adaptarse con flexibilidad a estas oportunidades.

Agua y seguridad alimentaria

La FAO menciona que aproximadamente 1,000 millones de personas viven actualmente en lo que se define como pobreza absoluta, es decir, con ingresos diarios inferiores a un dólar estadounidense; en los países en desarrollo, la desnutrición es la causa principal de mortandad de la mitad de los niños; aquellos niños, que sobreviven y llegan a ser adultos encaran un futuro limitado por el hambre, la falta de vivienda, el analfabetismo y el desempleo; sin embargo, el hambre no es un factor natural en un mundo que puede producir alimentos suficientes para todos; se debe a la acción u omisión humana y la pobreza es su causa radical; contradictoriamente, a principios de los años noventa alrededor del 80 por ciento de los niños desnutridos vivían en países en desarrollo que producían excedentes de alimentos. La lucha contra el hambre será cada vez más difícil, a medida que la población aumente y más gente del medio rural emigre a las áreas urbanas (FAO, 2002). El factor clave, es aumentar la seguridad alimentaria posibilitando que todos los hogares tengan acceso real a alimentos adecuados para todos sus miembros y que no corran el riesgo de perder este acceso. Eso significa que no solamente los alimentos deben estar disponibles sino también que la gente tenga capacidad de compra.

Entre las estrategias para aumentar la seguridad alimentaria se encuentran:

1. Aumento de la producción y productividad de alimentos a nivel local.
2. Aumento de la importación de alimentos.
3. Mejorar los ingresos de la gente.
4. Mejoramiento de los sistemas de distribución de alimentos.

La autosuficiencia alimentaria, que se alcanza cuando se satisfacen las necesidades alimenticias mediante la producción local, generalmente suele ser el objetivo de las políticas nacionales y tiene la ventaja de ahorrar divisas para la compra de otros productos que no pueden ser manufacturados localmente y de proteger a los países de los vaivenes del comercio internacional y de las fluctuaciones incontrolables de los precios de los productos agrícolas; también, asegura el abastecimiento de alimentos para satisfacer las necesidades de las poblaciones locales, que por el sistema de distribución difícilmente llegarán a ellos.

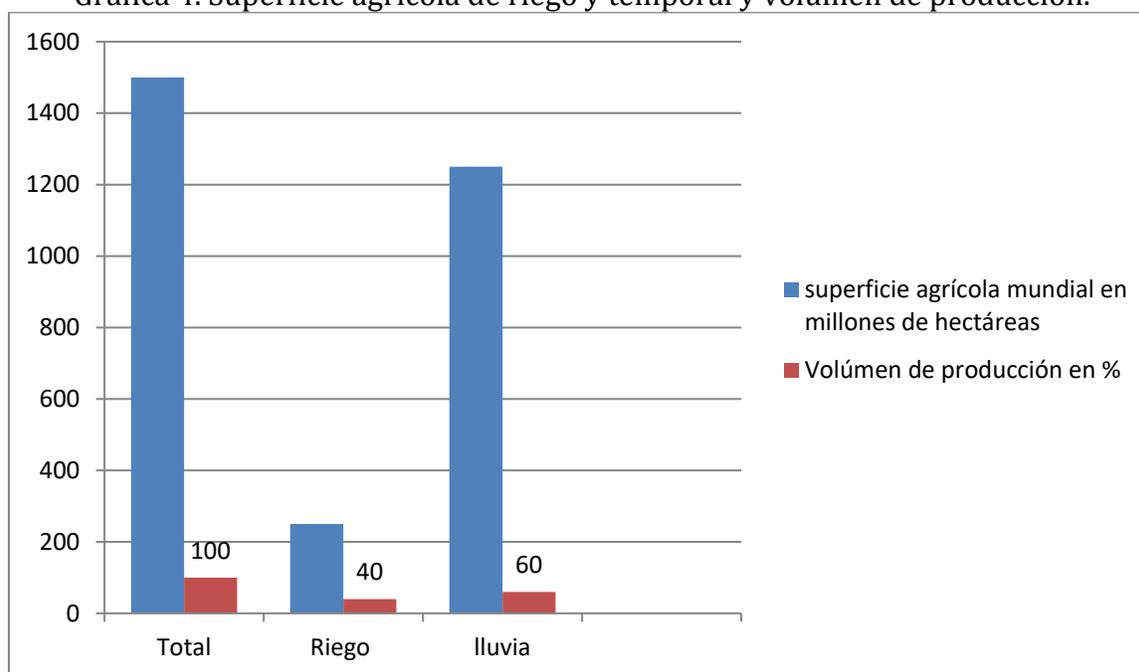
La FAO reconoce, que el hecho, de que algunos países con escasez de agua, hayan alcanzado la autosuficiencia alimentaria, ha sido a cambio del pago de un alto precio, ya que, gran parte de las tierras y de los recursos hídricos han tenido que ser dedicados al regadío, privando a los sectores doméstico e industrial de los volúmenes de agua, que aunque siendo relativamente pequeños, necesitan para desarrollarse; para producir sus propios cereales, algunos países, han acumulado déficits de agua muy significativos como resultado de la sobreexplotación de acuíferos (FAO 2012).

Los estudios incipientes realizados por investigadores del Departamento de Estudios Sociales de la Universidad de Guanajuato, están demostrando que la estrategia propuesta para reducir los impactos negativos de la producción intensiva de alimentos, en los volúmenes de agua disponibles, es aprovechar las ventajas competitivas y de especialización de los diferentes ecosistemas presentes en las regiones agrícolas de México (Departamento

de Estudios Sociales 2019). Si las ventajas competitivas y de especialización fueran la base para la toma de decisiones y la planificación de la producción de alimentos, entonces los cultivos se distribuirían en las regiones donde las condiciones ambientales y socioculturales ofrecen el menor costo de producción y menores externalidades ambientales; así pues, actualmente la prioridad no es disponer de autosuficiencia alimentaria, sino depender parcialmente de la importación de alimentos, sobre todo de aquellos, cuyos requerimientos hídricos es difícil de cubrir en las condiciones ambientales y sociales presentes en las regiones del país.

Los países, también, se han dado cuenta que los beneficios industriales son mayores que los agrícolas, es decir, que es más fácil y más rentable ganar divisas extranjeras para adquirir alimentos importados que sembrar cultivos que consumen mucha agua; importar alimentos equivale a importar agua, que en ocasiones se denomina "agua virtual" (FAO 2012). La seguridad alimentaria depende también, de maximizar tanto los alimentos producidos como el empleo creado por cada metro cúbico (m³) de agua utilizada, ya sea, en regadío o en secano. La agricultura de riego ha tenido un papel importante en el aumento de la producción de alimentos en las décadas recientes, pero su contribución absoluta es aún menor que la agricultura de temporal.

Gráfica 4. Superficie agrícola de riego y temporal y volumen de producción.



Fuente. Elaboración propia con datos de FAO 2012.

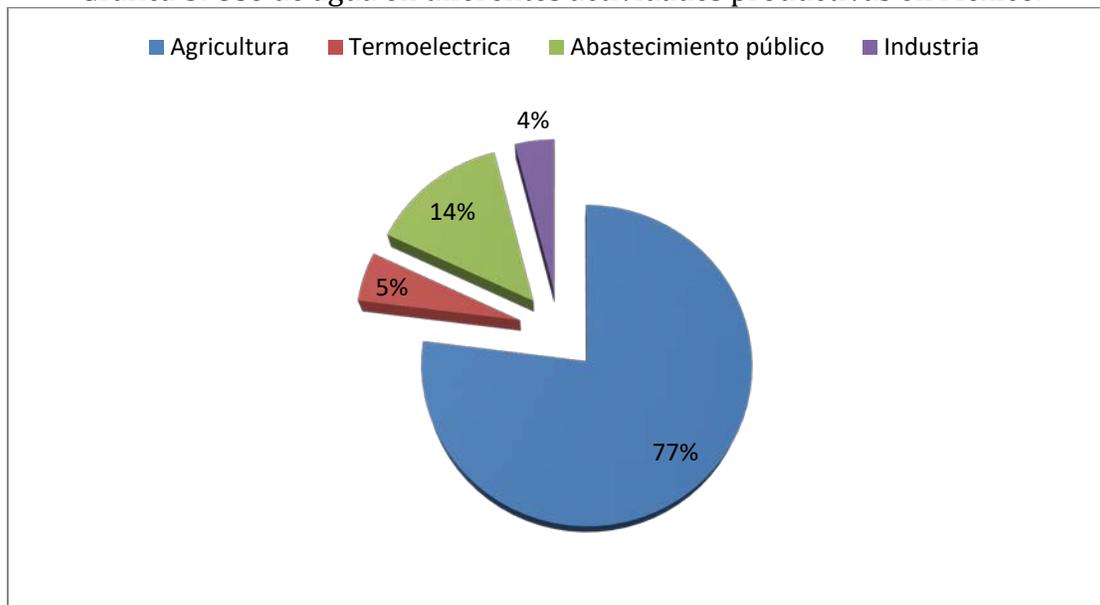
El agua en México

México en 2015 contaba con 119 millones 938 mil 473 habitantes (INEGI 2019) y presenta un crecimiento poblacional sostenido con una tasa de crecimiento del 1.4% y se estima que no cambiará hacia el año 2030. La Comisión Nacional del Agua (CNA 2018. 14) estima que para ese año habrán 137.5 millones de habitantes y en esa medida será el incremento en la demanda de agua. Arreguín Cortés F. I., Alcocer Yamanaka V. y otros (2010. 51) consideran

que en México existen cinco grandes retos [para la gestión sustentable del agua]: a) escasez, b) contaminación del recurso, c) impacto del cambio climático sobre el ciclo hidrológico, d) la administración que requiere ser fortalecida con la participación de todos los usuarios, e) el desorden en el ordenamiento ecológico y f) la necesidad de revisar y fortalecer el sistema de ciencia y tecnología en el país.

El ciclo hidrológico en la República Mexicana provee una precipitación media estimada de 775 mm que equivalen a 1,513 km³ (CNA 2008) de esta cantidad 1,084 km³ se evapora y el escurrimiento superficial medio es de 400 km³ de los cuales se aprovechan 47 km³ y los acuíferos reciben una recarga de 78 km³. Autores como Martínez Austria P., Patiño Gómez y otros (2010. 529) estiman que México registrará incrementos importantes e inéditos de la temperatura promedio durante el presente siglo y que de no adaptarse medidas mundiales de mitigación suficientes, en México se podrán alcanzar incrementos de hasta 5°C (cinco grados centígrados). En ese escenario las consecuencias ambientales y socioeconómicas sería desastrosas, en términos generales, la precipitación se reducirá y se requerirá incrementar los volúmenes de agua para compensar el estrés térmico en la sociedad y en la producción de alimentos, los sistemas de producción deberán ajustarse a las nuevas condiciones ambientales, en las cuales, seguramente, el patrón de cultivos vigente será inoperante al presentar deficiente adaptación a las condiciones ambientales prevalecientes; por otro lado, los sectores productivos y de servicios demandarán mayores volúmenes de agua (grafica 5), que sin duda, incrementarán la presión sobre los acuíferos y con ello mayor extracción y menores posibilidades de recarga.

Grafica 5. Uso de agua en diferentes actividades productivas en México.



Fuente. Arreguín Cortés F.I., Alcocer Yamanaka V., y otros 2010.54.

El término para dimensionar el efecto de escasez de agua en una sociedad es el Estrés hídrico y se refiere a “el agua renovable per cápita al año de un país o región”, de acuerdo con Falkenmark y Widstrand (1992), un área o país está bajo estrés hídrico regular cuando los suministros hídricos renovables caen por debajo de 1.700 m³ per cápita al año. Las

poblaciones sufren de escasez de agua crónica cuando el suministro de agua cae por debajo de 1.000 m³ per cápita al año, y de escasez absoluta cuando este cae por debajo de 500 m³ per cápita al año. Para el caso de México sin considerar la distribución geográfica de la precipitación que es irregular, así como, la distribución de la población, México ocupa el lugar 94 de 200 países en cuanto al índice en referencia (Tabla 2); se estima que, al año 2030 en algunas de las regiones hidrológicas de México, el agua renovable *per cápita* alcanzará niveles cercanos o incluso inferiores a los 1,000 m³ por habitante y año, lo que se califica como una condición de escasez (<https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico>, 2019) (gráfica 6).

Tabla 2. Países con mayor agua renovable per cápita (países seleccionados).

No	País	Población (miles de habitantes)	Agua renovable (miles de millones de m ³)	Agua renovable per cápita (m ³ /hab/año)
1	Islandia	329	170	516,090
2	Guayana	767	271	353,279
3	Surinam	543	99	182,320
4	Congo	4,620	832	180,087
12	Belice	359	22	60,479
13	Perú	31,377	1,880	59,916
20	Colombia	48,229	2,360	48,933
61	Estados Unidos	321,774	3,069	9,538
94	México	123,518	452	3,656

Fuente. CNA 2018: 209.

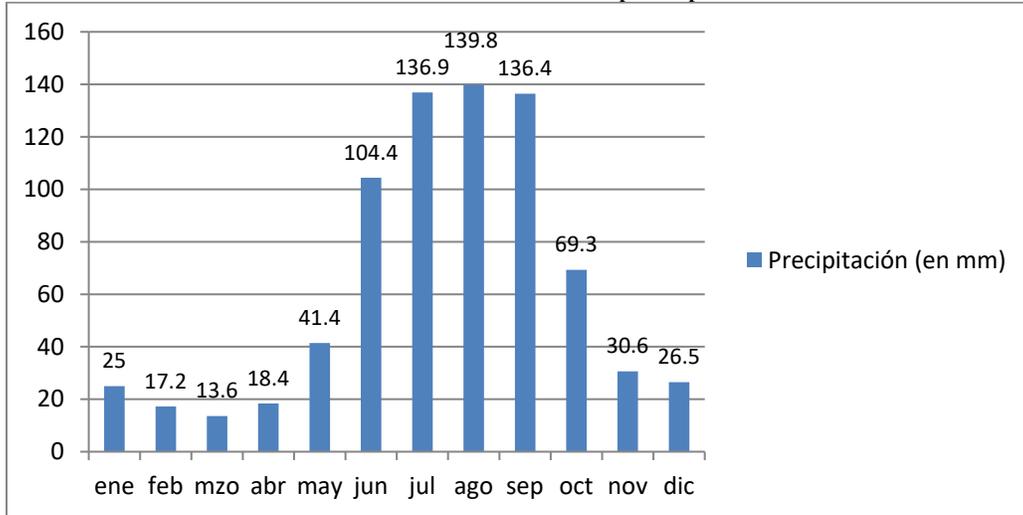
Grafica 6. Vulnerabilidad hídrica en México.



Fuente. SEMARNAT 2014.

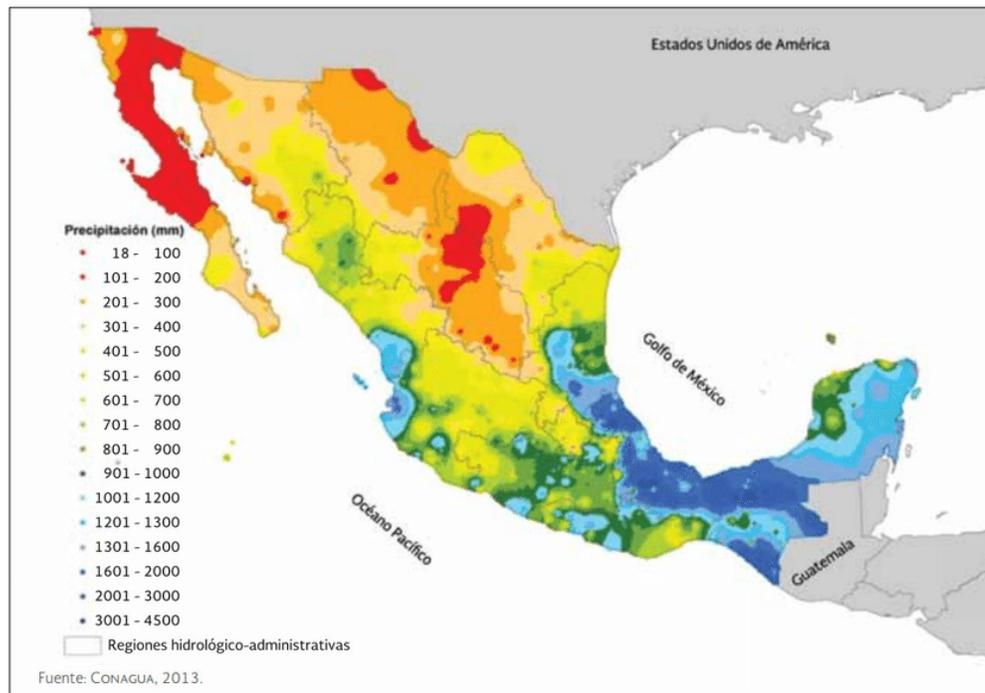
Un atributo más, de relevancia para el tema que nos ocupa, es la distribución geográfica y estacional de la precipitación, siendo que, en términos generales, la precipitación en México se presenta mayormente en verano (grafica 7) y la distribución espacial se muestra en grafica 8 (en color intenso la menor precipitación).

Gráfica 7. Distribución estacional de la precipitación en México.



Fuente. SEMARNAT 2018.

Gráfica 8. Distribución espacial de la precipitación en la República Mexicana



Fuente CONAGUA 2013

En México existen 653 acuíferos, al 31 de diciembre de 2015 se reportan 105 acuíferos sobreexplotados y 32 con presencia de suelos salinos y agua salobre y 18 con intrusión

salina; la extracción de agua se realiza en un 83.5% de aprovechamientos superficiales (228,721 hm³), 14.6% de aprovechamientos subterráneos y 1.9% es de origen pluvial (Agua Org. 2019).

Captación de agua de lluvia para la producción de cosechas

Tradicionalmente se han utilizado diversas formas o técnicas de captación de agua de lluvia, así en el Medio Oriente se basó en la derivación de torrentes hacia campos agrícolas "wadi", en el desierto de Negev de Israel, han sido descubiertos sistemas de captación que datan de 4,000 años o más (Evenari et al 1971, citado por Critchley W. 1991.1), estos sistemas consistieron en un desmonte de lomeríos para aumentar el escurrimiento superficial, que era entonces dirigido a predios agrícolas en las partes bajas.

El cultivo de inundación se ha practicado en las áreas desérticas de Arizona y al noreste de Nuevo México, por lo menos en los últimos 1,000 años; los indios "Hopi" de la Meseta de Colorado, cultivan predios situados en la boquilla de las corrientes efímeras donde se forman abanicos aluviales, estos predios se llaman "Akchin". Pacey y Cullis (1986) describen las técnicas de microcaptación para el crecimiento de árboles, utilizada en el sureste de Túnez. Los sistemas "Khadin" de la India, en los cuales el escurrimiento se almacena detrás de bordos de tierra y los cultivos se logran con la humedad residual después de que el agua se ha infiltrado. En la región de Sub-Sahara de África, donde los sistemas son simples líneas de piedra acomodada que se han documentada en Burkina Faso y los sistemas de bordos de tierra se encuentran en Sudan Oriental y los pastizales del centro de Somalia. En México, solo una parte ínfima del agua de lluvia es utilizada, de acuerdo con los especialistas, se podría reducir el rezago en abastecimiento de agua en el país si se aprovecharan los métodos de captación y gestión del agua de lluvia, se estima que sí se captara toda la lluvia en los techos y en algunos suelos, se podría ahorrar de 10% a 15% del agua que se consume en los hogares. Si se aprovechara el 3% de la lluvia que cae cada año en el país, alcanzaría para suministrar agua no potable a 13 millones de personas, para que 50 millones de animales pudieran beber o para regar 18 millones de hectáreas de cultivo (WWAP 2012); Manuel Anaya Garduño ha desarrollado y documentado diversas técnicas de captación de agua de lluvia con fines de almacenamiento para consumo humano, doméstico, ganadero y en la agricultura. Palerm V. J (2002) coordinó la edición de la "antología sobre sistemas de riego no convencionales" haciendo alusión a diversas técnicas tradicionales de captación de agua de lluvia destacando: "Entarquinamiento encajas de agua" de la propia Palerm V y Martínez Saldaña; "maíz de cajete" de Abel Muñoz; "cercas y muros de piedra para el manejo de barrancadas y aprovechamiento de paja de río" de Cirila Ávila y Jacinta Palerm; "siembra de enlame en Santa Cruz de Gamboa, Guanajuato" de Antonia Pérez y Jacinta Palerm; "La Hacienda Alteña y sus sistemas de riego (Aniego y Jugo)" de Tomas Martínez ; "Nuevas tierras de humedad " de Patricia Torres y "Manejo de escurrimientos superficiales en las regiones áridas y semiáridas de México" de J. Luis Oropeza, et al.; el trabajo de Ramos G. (2007) para le región de Tecamachalco, Puebla, la experiencia del "Huerto Agroecológico Un Pasito en Grande" de Rodríguez H. B. y Tello G. E. (2014), entre otros; en algunos casos se hace una descripción de la técnica y sus beneficios. Cabe destacar la experiencia desarrollada por Ramón Aguilar García (entrevista per. 2019), quien demuestra que en una superficie de 5 hectáreas, es posible obtener ingresos de hasta \$150,000.00 (ciento cincuenta mil pesos

anuales), gracias a un sistema de producción sustentado por especies vegetales nativas, labranza de conservación, roturación profunda y la asociación con ganado ovino; así mismo, Aguilar García resalta la importancia del manejo de la estadística pluviométrica para predecir la probabilidad de la ocurrencia del volumen de agua anual, destacando que es más probable que ocurran precipitaciones bajas (nivel inferior de precipitación de los registros históricos) en comparación con excepcionales precipitaciones extraordinarias, todo ello, es resultado de los últimos veinticinco años de investigación en el Campo Experimental del Norte de Guanajuato (CENGUA).

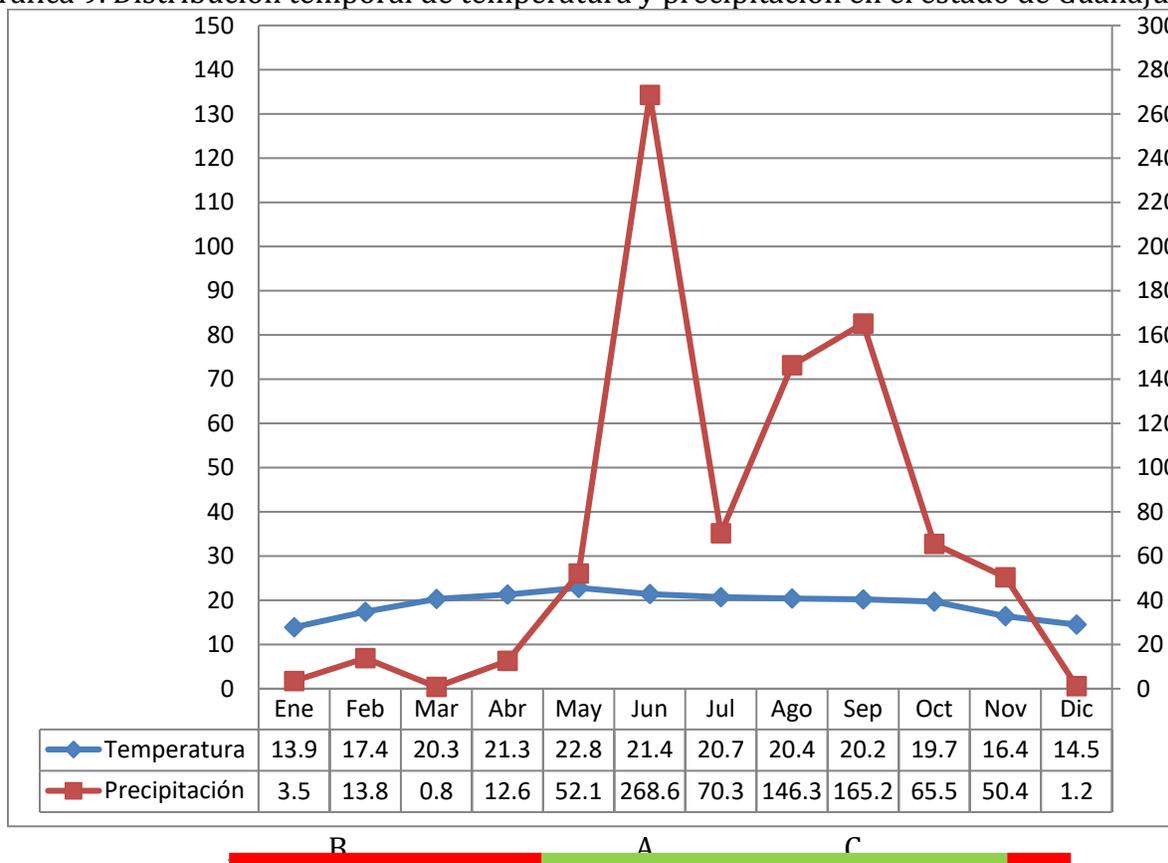
Otra experiencia en desarrollo y al parecer, en respuesta al abatimiento acelerado de los mantos freáticos en el Estado de Guanajuato, es la promoción de la agricultura de conservación y roturación profunda que realiza MasAgro-Guanajuato y el CIMMyT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) en las áreas de temporal en el Estado de Guanajuato.

Las experiencias antes mencionadas y las acciones vigentes hacen pensar que en México, la captación de agua de lluvia ésta recobrando importancia, no solo, por las dificultades que han sorteado las familias del medio rural para acceder a alimentos frescos, nutritivos y de calidad, así como, la carencia de forraje para los animales.

La propuesta que presentamos, se sustenta en dos principios básicos; por un lado, la estadística histórica acumulada de ocurrencia de la precipitación mensual, que es deseable su análisis por día de la semana y los registros históricos de temperatura promedio mensual, siendo deseable, considerar la temperatura media diaria. Los datos de precipitación y temperatura se grafican (gráfica 9) en escala de proporción 2 a 1. En eje Y1 dos 2 para precipitación y en eje Y2 uno 1 para temperatura y en eje de X el tiempo en meses o para mayor precisión en días del año. Teóricamente el área (A) en la cual la curva de la precipitación es superior a la curva de temperatura, técnicamente corresponde al periodo vegetativo y es que, en ese lapso de tiempo, se presentan condiciones de temperatura y humedad adecuadas para el desarrollo de los cultivos. Las áreas fuera de la campana corresponden al lapso de tiempo limitado por la falta de humedad (B) o bien por la presencia de heladas (C); otro calculo, que no se debe perder de vista es que la precipitación de un milímetro de lluvia equivale a la precipitación de 1 litro de agua por metro cuadrado.

El estado de Guanajuato, en términos generales (gráfica 9), presenta condiciones privilegiadas de temperaturas durante todo el año (temperatura media anual es de 19.1°C) para la producción de cultivos; sin embargo, la precipitación a pesar de ser abundante (promedio anual de 850.3 mm) su distribución temporal se concentra mayormente en los meses de mayo-noviembre, presentando una reducción significativa en el mes de julio lo que localmente se conoce como la “canícula” y es ésta reducción de la precipitación lo que afecta mayormente los rendimientos de los cultivos tradicionales de la región, entre ellos el maíz, sorgo, cacahuate, fríjol y garbanzo. En los meses de diciembre-abril corresponde al periodo de sequía y la temperatura es adecuada, aunque, hay que considerar que eventualmente se han presentado heladas atípicas que han llegado a afectar mayormente a los cultivos de riego; la precipitación que se presenta en el periodo diciembre-abril a pesar de ser poco significativa para la agricultura convencional de temporal, si es de gran relevancia para la flora y fauna nativa, e incluso podrían llegar a presentarse escurrimientos, sobre todo en el mes de febrero y abril.

Gráfica 9. Distribución temporal de temperatura y precipitación en el estado de Guanajuato.



Fuente: Elaboración propia con datos de SMN-CONAGUA 2018.

La distribución de las precipitaciones en el estado de Guanajuato, al parecer, han estimulado el desarrollo de técnicas y prácticas de cultivo tendientes a maximizar el uso del agua almacenada en los suelos; así han desarrollado “cultivos en relevos” de maíz-garbanzo, maíz-cacahuate; y en zonas donde es posible el acceso a otras fuentes de agua como lo puede ser: agua de pozo o agua de enlame (localmente conocida como “agua de olla”) se puede dar un riego para adelantar la siembra y continuar el desarrollo del cultivo con agua de lluvia (localmente conocido como “cultivo de punta”); también se realizan encauzamientos de escurrimientos de caminos y derivación de pequeños arroyos.

Conclusiones

La captación del agua de lluvia, no es nueva en el mundo, se trata más bien de una tradición milenaria; culturas presentes en todo el mundo han desarrollado métodos diversos para capturar y utilizar el agua de lluvia, sin embargo el desarrollo tecnológico de los sistemas de perforación y conducción por entubamientos, al parecer, propiciaron su abandono paulatino.

El reto que supone el aumento de la población y la escasez del suministro de agua, tanto en las zonas urbanas como rurales, la captación de agua de lluvia y los sistemas para su correcta gestión, vuelven a verse como una solución para ahorrar y aumentar las reservas de agua; por otro lado, la producción de cosechas con poca dependencia de insumos externos,

incluida el agua, representa una alternativa de acceso a alimentos limpios y sanos para aquellas familias rurales y urbanas que tienen la posibilidad de acceso a un espacio adicional de terreno y también, para todos aquellos emprendedores cuyos límites tecnológicos no existen.

En este recorrido, también, se han encontrado variantes importantes de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, que va, desde, lavado de pisos y otros usos domésticos hasta el riego de plantas de ornato (exponiéndolas a la lluvia o acopiando agua) en zonas urbanas y diversas estrategias en las zonas rurales, contribuyendo a reducir el déficit hídrico e incrementando las posibilidades de autoabasto de alimentos frescos.

La posibilidad de acopiar y conducir el agua a un área de cultivo inmediata parece simple, sin embargo debemos cuidar que la pendiente del terreno favorezca dicha práctica; la capacidad de almacenamiento del suelo e incluso la posibilidad de percolación profunda, es decir la capacidad del suelo para permitir la infiltración del agua a capas profundas del subsuelo; los requerimientos hídricos de los cultivos determinan el arreglo topológico o distribución de las especies vegetales.

Referencias

- Agua Org.** (2019). Cuánta agua tiene México. En. <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico>. 6 de septiembre de 2019.
- Arreguín Cortés Felipe I., Alcocer Yamanaka V. et al.** (2010). Los retos del agua. en. Jiménez Blanca, Torregrosa María Luisa y Aboytes Aguilar Luis. *El agua en México: cauces y encauces*. Academia Mexicana de Ciencias y Comisión Nacional del Agua. México.
- CNA** (2018) Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua. México.
- CNA** (2008) Estadísticas del agua en México 2008. Comisión Nacional del Agua. Septiembre. México.
- CONAGUA** (2013). Organismo de cuenca del Valle de México. Comisión Nacional del Agua. México.
- Critchley Will** (1991). Water harvesting. FAO Roma, Italia.
- FAO** (2002). Preliminar review of the impact of irrigation on poverty: with special emphasis of Asia. Roma Italia.
- FAO** (2011) El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Londres Inglaterra. En <http://www.fao.org/nr/solaw/solaw-home/en/>
- FAO** (2012). Afrontar la escasez de agua: Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. FAO Informe sobre temas hídricos No. 38. Roma. En: <http://www.fao.org/docrep/016/i3015e/i3015e.pdf>
- FAO** (2015). Handbook for Monitoring and Evaluation of Child Labour in Agriculture: Measuring the Impacts of Agricultural and Food Security Programmes on Child Labour

in Family-based Agriculture. Guidance Material No. 2. Roma, En. <http://www.fao.org/3/a-i4630e.pdf>

Fondo para la comunicación y educación ambiental A.C. (2019). Agua en México. Un prontuario para la correcta toma de decisiones.

INEGI (2019). *Población*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>

IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.

Martínez Austria Polioptro F., Patiño Gómez Carlos et al (2010). Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en: Jiménez Blanca, Torregrosa María Luisa y Aboytes Aguilar Luis. *El agua en México: cauces y encauces*. Academia Mexicana de Ciencias y Comisión Nacional del Agua. México.

OCDE (2012). Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. París, Publicaciones de la OCDE. Paris, en <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>

OIT (2015). Perspectivas sociales y del empleo en el mundo – Tendencias 2015. Ginebra, Suiza, en http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/--publ/documents/publication/wcms_337069.pdf

OMS/UNICEF (2015) Joint Monitoring Programme (JMP) for water supply and sanitation, Progress on sanitation and drinking-water – 2015 update and MDG assessment, En: <http://www.wssinfo.org/> (15-jul-16).

Palerm, Jacinta. (2002). Antología sobre pequeño riego. Volumen III sistemas de riego no convencionales. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México, México.

Ramos Claudia (2007). Tecnología tradicional para el aprovechamiento de agua de lluvia en la región de Tecamachalco, Puebla. Tesis de Licenciatura en Agroecología, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México

Rodríguez y Tello (2014). Captación de agua de lluvia in situ, para la producción de cosechas a pequeña escala. En. Rodríguez Haros B. y Jacinta Palerm Viqueira (2014). Estudios sociales sobre el agua: actualidad y perspectivas Volumen I. Universidad de Guanajuato.

SEMARNAT 2014. Vulnerabilidad hídrica en México. En https://www.researchgate.net/figure/Fuente-Atlas-de-vulnerabilidad-hidrica-en-Mexico-ante-el-cambio-climatico-2014_fig3_332211840. 16 de septiembre 2019.

SEMARNAT (2018). Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua. México.

SMN-CONAGUA (2018). Estadística de temperatura y precipitación en México. Sistema Meteorológico Nacional-Comisión Nacional del Agua. México. En. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Pron%C3%B3stico%20clim%C3%A1tico/Temperatura%20y%20Lluvia/PREC/2018.pdf>

WWAP (2012). The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk. París, UNESCO. En

<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr4-2012/>

WWDR (2016) Agua y empleo: informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. UNESCO.