

Captación de agua de lluvia y seguridad alimentaria regional

Benito Rodríguez Haros¹

Marilú León Andrade²

Enriqueta Tello García³

Resumen

La captación de agua de lluvia no es nueva en el mundo, de hecho, su origen se remonta a los primeros asentamientos humanos y posteriormente florecieron las grandes civilizaciones asociada a la gestión del agua, desarrollando infraestructuras y prácticas de manejo diversas; poco se sabe sobre el abandono y eventual pérdida de conocimiento al ser sustituidos por entubamientos en épocas recientes. En el presente trabajo se reflexiona sobre el reto que representa el crecimiento demográfico mundial vinculado a la seguridad alimentaria regional, y es que, los sistemas de producción de alimentos convencionales, han contribuido de manera importante a la crisis ambiental global y al deterioro de la salud humana; consideramos que, aunque la captación de agua de lluvia ofrece soluciones a diferentes escalas (grande, pequeña y mediana), en el presente ejercicio, mediante un estudio de caso, se enfatiza en los pequeños sistemas familiares, huertos y fincas, al considerar que son esos espacios donde se puede potenciar la producción de alimentos, al existir incentivos individuales y poco a poco escalar a niveles superiores, hasta alcanzar un cambio de paradigma respecto al manejo integrado de recursos hídricos, donde la precipitación es el punto de arranque para la planeación y manejo de agua dulce, tratando de alcanzar el balance entre los sistemas de producción de alimentos, otros servicios y funciones en el ecosistema.

Los resultados preliminares demuestran que es viable la aplicación de las técnicas de captación y utilización del agua de lluvia como estrategias locales, familiares e incluso personales para potenciar la disponibilidad, la accesibilidad, la estabilidad y la utilización de los alimentos y con ello contribuir a la seguridad alimentaria.

Conceptos clave: 1. Agricultura de secano, 2. alimentación saludable, 3. salud humana

Introducción

La captación de agua de lluvia en la seguridad alimentaria, aborda el problema general que representa el incremento acelerado de la población mundial y la demanda creciente de alimentos, y es que, como es sabido, la producción actual de alimentos, al parecer, es suficiente para alimentar al 100% (cien por ciento) de la población mundial, sin embargo, el modelo de producción-distribución y el valor económico asignado a los alimentos en el mercado, han provocado el encarecimiento y una suerte de escasez regional; aunado a lo anterior, los sistemas de producción dominantes, sustentados en agroquímicos sintéticos y grandes sistemas de irrigación, han impactado fuertemente a los ecosistemas globales, así se

¹ Doctorado en Estudios del Desarrollo Rural. Universidad de Guanajuato. brodriguez@ugto.mx

² Doctora en Estrategias para el desarrollo Agrícola Regional. Universidad de Guanajuato. marilu@ugto.mx

³ Doctora en Gestión de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. tello.enriqueta@colpos.mx

han seleccionado 7 especies vegetales que cubren el 75% de los alimentos y hasta 30 plantas que cubren el 95% (Prescott Allen Robert y Prescott Allen Christine, 1990); sin embargo, por el volumen de producción y consumo, son 5 los cultivos más importantes como alimento del mundo: arroz, maíz, trigo, mijo y papa. La reducida selección de cultivos alimenticios, por un lado, ha significado la dependencia de mercados externos para abastecer la demanda de alimentos y por el otro, ha significado la modificación de los ecosistemas naturales, con la consiguiente pérdida de biodiversidad, abatimiento y contaminación de sistemas hídricos, emisión de gases de efecto invernadero, erosión y pérdida del conocimiento asociado al manejo y aprovechamiento de especies alimenticias endémicas, entre otros, y en su conjunto contribuyen a la crisis ambiental global.

La crisis ambiental global, a la que nos referimos, o calentamiento global ha tenido diversas manifestaciones, de acuerdo con Naciones Unidas (2009) elevación de temperaturas, tormentas más intensas, aumento del nivel de los océanos y calentamiento del agua marina, desaparición de especies, incendios graves, deshielo de los polos, aumento de sequías, escasez de alimentos, más riesgos para la salud, pobreza y desplazamientos; los efectos anteriores, se prevé, impactarán de manera más aguada a las familias y comunidades vulnerables. La propuesta que se presenta tiene como objetivo general contribuir a la estrategia de mitigación de los efectos del calentamiento global a nivel local y regional y como objetivo particular promover las técnicas de captación y utilización del agua de lluvia para afrontar los retos presentes y futuros vinculados con la disponibilidad, la accesibilidad, la estabilidad y la utilización de los alimentos como ejes de la seguridad alimentaria; para alcanzar los objetivos planteados, la metodología consistió en revisión documental y un estudio de caso en la Estación Meteorológica de Huatzindeo, en el Municipio de Salvatierra Guanajuato, en cuyo análisis se muestra la aplicación operativa del concepto de “Estación de Crecimiento” propuesto por la (FAO, 1997).

Los resultados preliminares demuestran que la captación de agua de lluvia puede ser relevante, para la producción y abasto de alimentos en aquellas regiones con precipitaciones durante todo el año y con intervalos relativamente cortos de sequía, ya que en climas más secos y con periodos de sequía más prolongados, la limitante principal es la capacidad de almacenamiento de agua, para afrontar los periodos secos. 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 colectar, 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 Will, 1991).

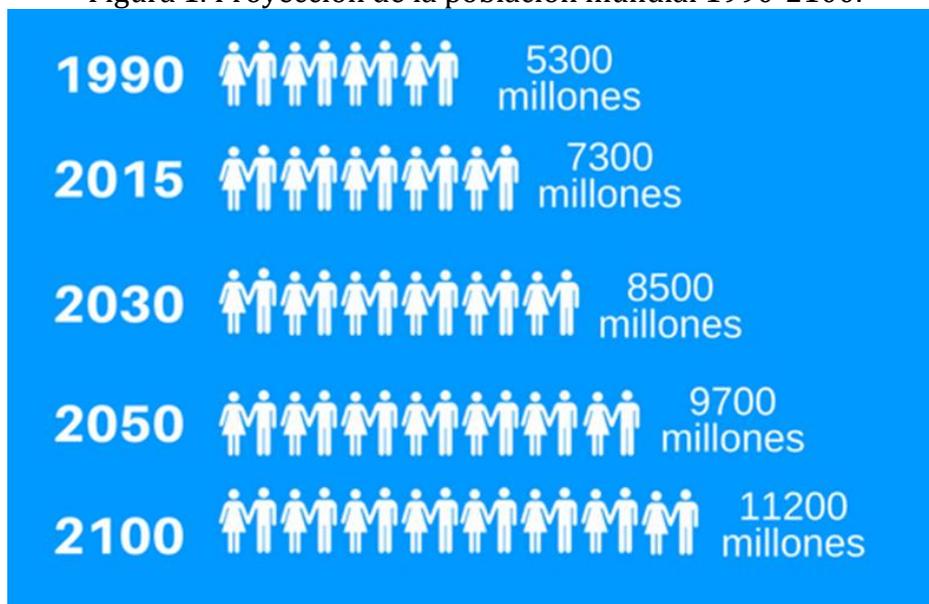
Dinámica poblacional mundial y estilos de vida

Para el año 2050, la población mundial aumentará en un 33%, pasando de 7,000 millones a 9,300 millones, hasta alcanzar un máximo de 11,000 millones a finales del siglo (Figura 1) (ONU, 2009), de acuerdo con ésta misma fuente, la población será cada vez más urbana y la población de 65 años y más superará en 2050 al número de la población entre 15 y 24 años, así mismo, del incremento, casi 2,000 (dos mil millones) se concentrarán en India, Nigeria, Pakistán, República Democrática del Congo, Etiopía, Tanzania, Indonesia, Egipto y Estados

Unidos (Figura 2). El Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP) (2016) estima que 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. En la actualidad, las ciudades ocupan menos del 2 % del total de la superficie terrestre del mundo, pero producen el 80 % del Producto Interno Bruto (PIB) mundial y más del 70% de las emisiones de carbono (ONU, 2009); entre los problemas que se plantean, producto de la urbanización son: garantizar la disponibilidad de vivienda, infraestructura y transporte adecuados, conflictos y violencia, desde luego, el abasto de alimentos, aún más, cuando la propia ONU reconoce la existencia de casi mil millones de personas clasificadas como “pobres urbanos” y la mayoría vive en asentamientos urbanos informales.

El incremento en la demanda de alimentos se manifestará por un lado impulsado por el crecimiento de la población, al aumento de los ingresos y del proceso de urbanización en los países en desarrollo y por el otro lado, gracias a los cambios asociados de los hábitos alimenticios, especialmente en los países más poblados; adicionalmente, la FAO (2023) estima que la demandad de alimentos puede ser mayor, en función de la demanda futura para la alimentación animal y al crecimiento del del mercado de la bioenergía.

Figura 1. Proyección de la población mundial 1990-2100.

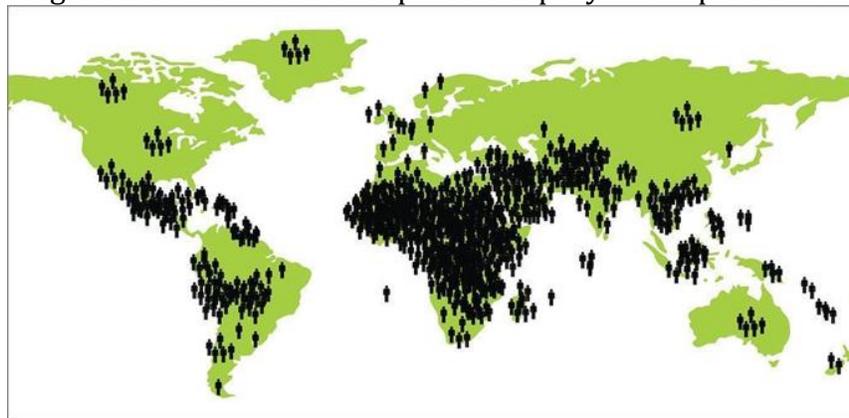


Fuente. World population prospects, citado por Alloza 2020.

La concentración de la población en zonas urbanas representará grandes retos, entre ellos: urbanización descontrolada, falta de servicios básicos e infraestructuras, marginación, inestabilidad social y problemas ambientales (Alloza, 2020), así mismo, traerá consigo cambios en los estilos de vida y en los hábitos de consumo, que sumados al incremento de los ingresos podría modificar la dietas y preferencias alimenticias. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2009) estima que la demanda de cereales pasará de 2,100 millones a 3,000 millones para 2050, lo que implica que la

producción anual deberá crecer en cerca de 1,000 millones y la producción de carne en más de 200 millones de toneladas, para alcanzar 470 millones en 2050.

Figura 2. Distribución de la población proyectada para 2050.



Fuente. Alloza Iñigo. 2020.

El Foro de Expertos de Alto Nivel de la FAO, realizado en 2009A sugieren que el cambio climático y el desarrollo de la bioenergía afectarán a la seguridad alimentaria en sus cuatro dimensiones: disponibilidad, accesibilidad, estabilidad y utilización (Tabla 1)

Tabla 1. Efecto del cambio climático en la seguridad alimentaria

Dimensión	Condición futura
Disponibilidad de alimentos	se prevé que se registrarán disminuciones entre el 9 y 21% en países en desarrollo
Acceso a los alimentos.	Habrà repercusiones mixtas, ya que mientras los pequeños productores, verán reducidos sus ingresos, otros productores, podrán beneficiarse de la demanda extraordinaria para producción de biocombustibles.
Estabilidad del suministro de alimentos	Se esperan producciones variables en la agricultura en prácticamente todas las zonas. Las sequías, las inundaciones, así como la modificación de los mecanismos de dispersión y distribución de plagas y enfermedades de los animales y las plantas y la vinculación de la agricultura con los biocombustibles provocará mayor variabilidad en el volumen disponible de alimentos y el valor económico en el mercado.
Utilización de los alimentos	Se esperan alteraciones en las condiciones de inocuidad de los alimentos y con ello la presencia mayor de enfermedades transmitidas por diversos medios, que podrán repercutir en la productividad de la mano de obra, el aumento de las tasas de pobreza y de mortalidad.

Fuente. Elaborado con datos de FAO 2009A.

Para atender la demanda de alimentos se requieren, por un lado, incrementar los rendimientos por unidad de superficie a través de la intensificación de los cultivos y, por otro,

abrir nuevas tierras al cultivo, la FAO (2009 A) estima en 120 millones la necesidad de nuevas tierras y sugiere que deberán ubicarse preferentemente en los países en desarrollo (África Subsahariana y Latinoamérica) así mismo, afirma que por lo menos 50 millones de hectáreas, de las actualmente cultivadas, ubicadas en países desarrollados se destinarán a la producción de biocombustibles; lo anterior implica someter al cultivo tierras cada vez más alejadas de los centros de consumo, carentes de infraestructura de comunicaciones y para riego, así como tierras marginales en calidad y fertilidad.

La infraestructura faltante para el suministro de agua para riego de acuerdo con la FAO no será obstáculo para el aumento en la demanda de ese líquido que incrementará en un 11% a nivel mundial para 2050; el reto, entonces, está en producir más alimentos con menos agua, sin embargo el aprovechamiento de los recursos hídricos alcanzará niveles alarmantes en algunas regiones y países del mundo, entre ellos, Oriente Medio, el Norte de África y Asia Meridional (FAO, 2009); sobra decir que el agua en el mundo se distribuye de manera irregular y que la escasez podría agravarse por los cambios en el régimen de lluvias resultantes del cambio climático.

Los regímenes de lluvia cambiantes en conjunción con la dinámica poblacional y los estilos de vida vigentes y futuros, en la mayoría de las sociedades, se han manifestado en una mayor demanda de alimentos y otros recursos para su sostenimiento, dejando de lado el costo ambiental inherente a su producción y disposición final en los mercados, privilegiando aquellos alimentos y satisfactores que en su generación emplean mucha agua (Tabla 2)

Tabla 2. Volumen de agua requerido para la producción de diferentes satisfactores.

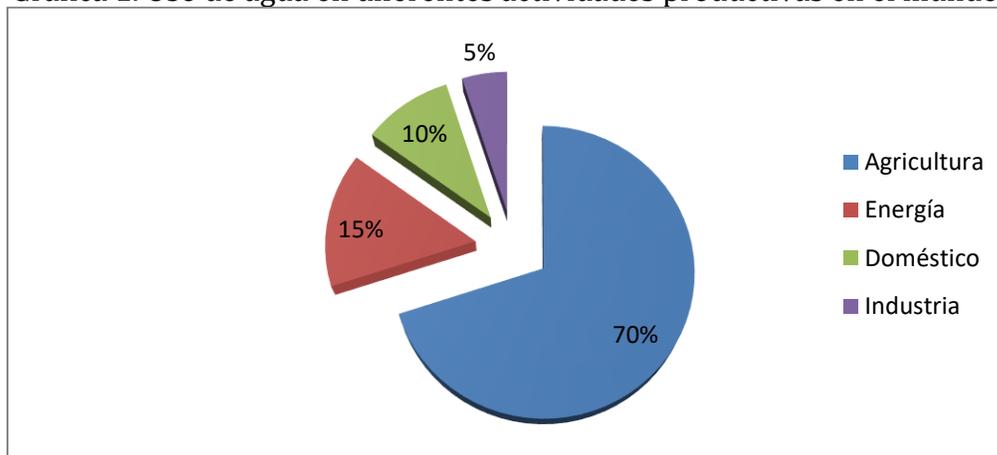
Producto	Unidad	Cantidad	Volumen de agua (en litros)
Naranja	Kilogramo	1	560
Jugo de naranjo	Litro	1	1,050
Carne de pollo	kilogramo	1	4,325
Carne de cerdo	Kilogramo	1	5,988
Carne de res	Kilogramo	1	15,415
Papa	Kilogramo	1	290
Papas fritas	Kilogramo	1	1,040
Playera de algodón	Pieza	1	2,495
Par de zapatos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

Fuente. Fondo para la comunicación y la educación Ambiental A.C. 2019.

El incremento de la demanda futura del agua, también ha sido abordada por el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (El WWAP) quien sostiene que el consumo de agua en la agricultura aumentará en 20% para el año 2050 y 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 (WWAP, 2012); en contraste la Organización para la Cooperación y en Desarrollo Económico (OCDE) 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%) (OCDE, 2012 A).

El abasto de agua a los diferentes sectores económicos y sociales, sin duda, representa un reto, sobre todo cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) estiman 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 (OMS-UNICEF, 2015). El rezago en el acceso al agua aunado a la demanda futura, solo será posible atenderla, en la medida que se promueva la participación social y el desarrollo tecnológico. La participación social, en tanto la promoción y adopción de patrones de consumo y valores socioculturales relacionados con el uso del agua. El desarrollo tecnológico que permita alcanzar mayores eficiencias en los procesos de producción, así por ejemplo en la agricultura la adopción de sistemas de riego de alta eficiencia permitirá, en primera instancia, producir más alimentos con menos agua, ampliar la superficie agrícola, o bien, “liberar” agua para otros sectores (Gráfica 1).

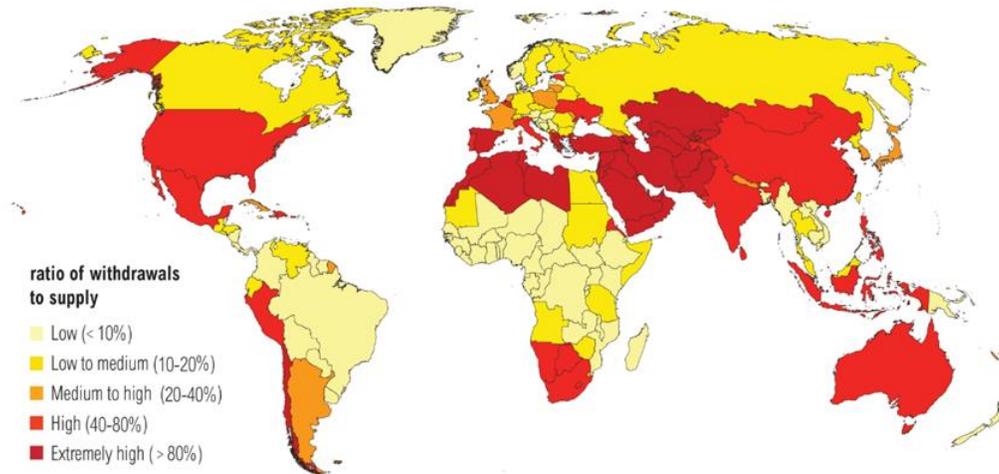
Gráfica 1. Uso de agua en diferentes actividades productivas en el mundo.



Fuente. Elaboración propia con datos de WWAR 2016.

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 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) citado por WWAR (2016) prevé que, por cada grado de aumento de la temperatura global, aproximadamente el 7% de la población mundial verá mermada hasta en un 20% la disponibilidad de recursos hídricos renovables, así mismo habrá alteraciones en los flujos de las corrientes de agua, deterioro de la calidad del agua y cambiarán los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones; 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 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, América del Norte, Australia Occidental, China y África Subsahariana (Figura 3) (WWAR, 2016).

Figura 3. Vulnerabilidad hídrica mundial.

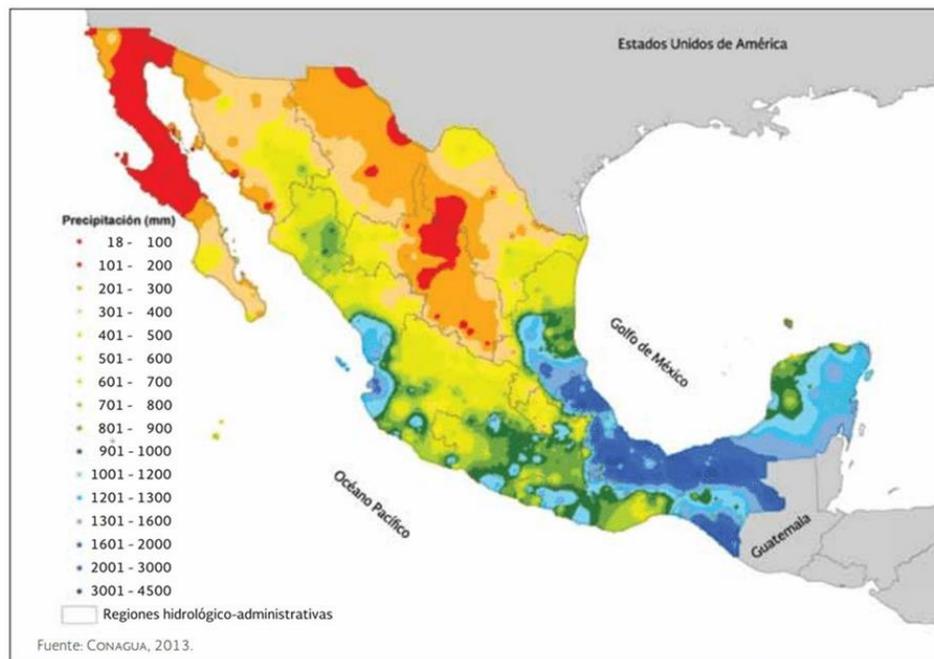


NOTE: Projections are based on a business-as-usual scenario using SSP2 and RCP8.5.

Fuente. Word Resources Institute. 2015.

En América del Norte y especialmente en México, de acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la precipitación se presenta mayormente en verano con patrones de distribución espacial variable que contempla regiones que van desde los 4000 mm (cuatro mil milímetros anuales) en la Región Golfo de México y pequeñas áreas en la Región Pacífico Sur, al extremo, donde tenemos precipitaciones inferiores a 100 mm (cien milímetros anuales) en la Región Noroeste (Figura, 4).

Figura 4. Distribución espacial de la precipitación en la República Mexicana.

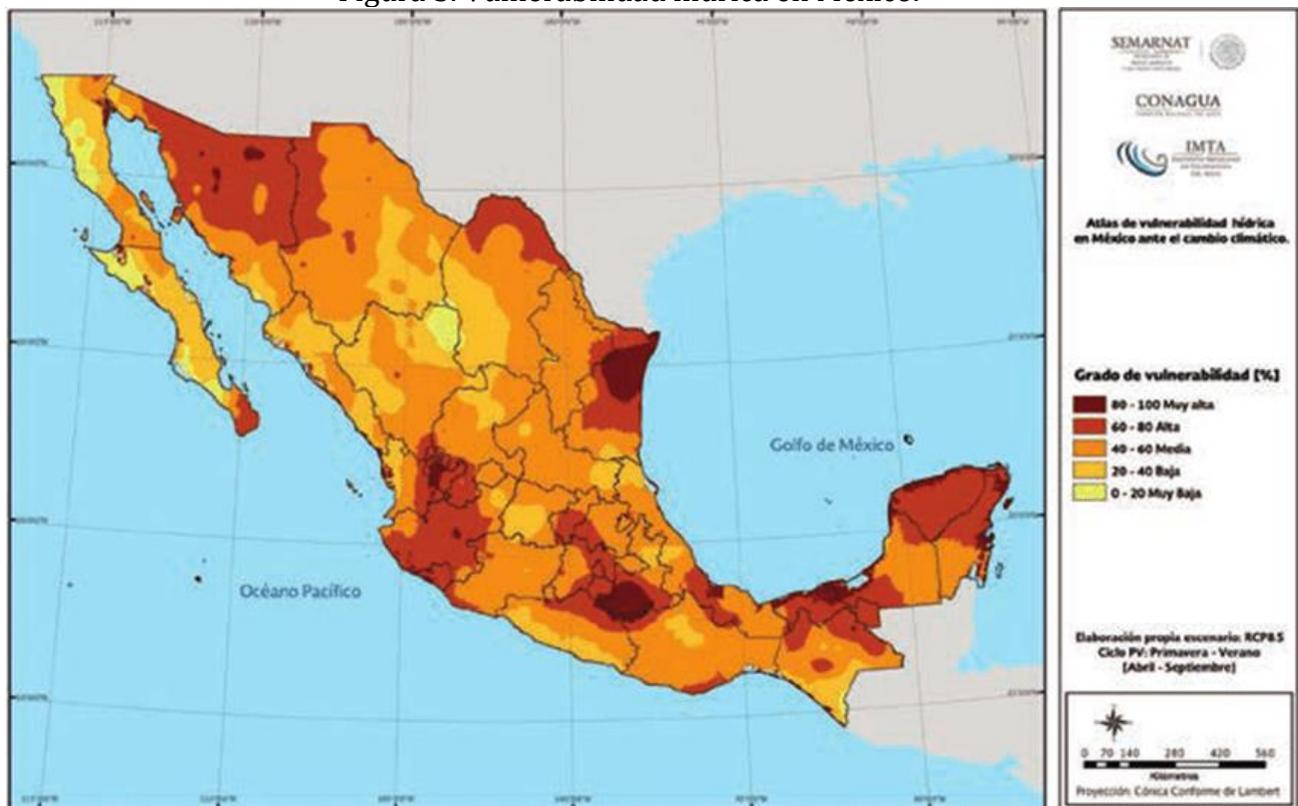


Fuente CONAGUA 2013

La distribución espacial de la precipitación en México aunada a la distribución de la población nacional da origen al concepto de vulnerabilidad hídrica (Figura 5), destacando las áreas más pobladas como las de mayor afectación por la condición de vulnerabilidad hídrica en el país. De acuerdo con Falkenmark y Widstrand (1992), un área o país está bajo vulnerabilidad hídrica 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.

México ocupa el 94 de 200 países en vulnerabilidad hídrica, se estima que, en el año 2030 en algunas de las regiones hidrológicas, el agua renovable per cápita alcanzará niveles cercanos o incluso inferiores a los 1,000 m³/hab/año (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental Asociación Civil, 2019).

Figura 5. Vulnerabilidad hídrica en México.



Fuente. SEMARNAT 2014.

Captación de agua de lluvia y producción de alimentos en México

El suministro de agua para la producción de alimentos y la satisfacción de otras necesidades humanas, ha representado todo un reto, que los habitantes nativos de las regiones con climas extremos, de todo el planeta, han sabido adaptar y conservar a través del intercambio de saberes y conformación de la herencia cultural. Por ejemplo, en el Medio Oriente se desarrollaron los "Wadi" que consistía en la derivación de torrentes de agua hacia los campos agrícolas; en el desierto de Negev en Israel se han descubiertos sistemas de captación con

4000 años o más de antigüedad; en las áreas desérticas de Arizona y al Noreste de Nuevo México se ha practicado el riego por inundación por lo menos en los últimos 1000 años; los “Hopi” de la Meseta de Colorado, cultivan predios situados en la boquilla de las corrientes efímeras donde se forman abanicos aluviales; Pacey y Cullis (1986) describen las técnicas de microcaptación en el Sureste de Túnez y los sistemas “Khadin” en la India.

En la región de Sub-Sahara de África están siendo reconocidos los sistemas tradicionales de captación de agua de lluvia y en Burkina Faso se han reconocido sistemas de líneas de piedra acomodada y los sistemas de bordos de tierra en Sudan Oriental y en el Centro de Somalia. En México, de acuerdo con (WWAP, 2012) solo una mínima parte del agua de lluvia es utilizada, y sugiere que, si 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 y si se aprovechara el 3% de la lluvia que cae cada año en el país, alcanzaría para suministrar de 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.

La captación de agua de lluvia ofrece soluciones a diferentes escalas (grande, pequeña y mediana), sin embargo, en el presente ejercicio se enfatiza en los pequeños sistemas familiares, huertos y fincas, al considerar que son esos espacios donde se puede potenciar la producción de alimentos, al existir incentivos individuales y poco a poco escalar a niveles superiores, hasta alcanzar un cambio de paradigma respecto al Manejo Integrado de Recursos Hídricos, donde la precipitación es el punto de arranque para la planeación y manejo de agua, tratando de alcanzar el equilibrio entre la producción de alimentos y otros servicios.

La propuesta que presentamos se sustenta en la aplicación del concepto de “periodo de crecimiento”, propuesto por la FAO en los años setenta y posteriormente se cambió a “estación de crecimiento” (FAO, 1997), entendiendo periodo de crecimiento como:

“se define como el tiempo durante el cual las temperaturas permiten un crecimiento del cultivo ($T_{med} > 5^{\circ}C$) y la precipitación más la humedad almacenada en el perfil del suelo superan la mitad de la evapotranspiración potencial (diariamente la humedad acumulada en el perfil del suelo debe permitir la germinación de las semillas, variable del modelo fijada en 50 mm)” (FAO, 1997: s p)

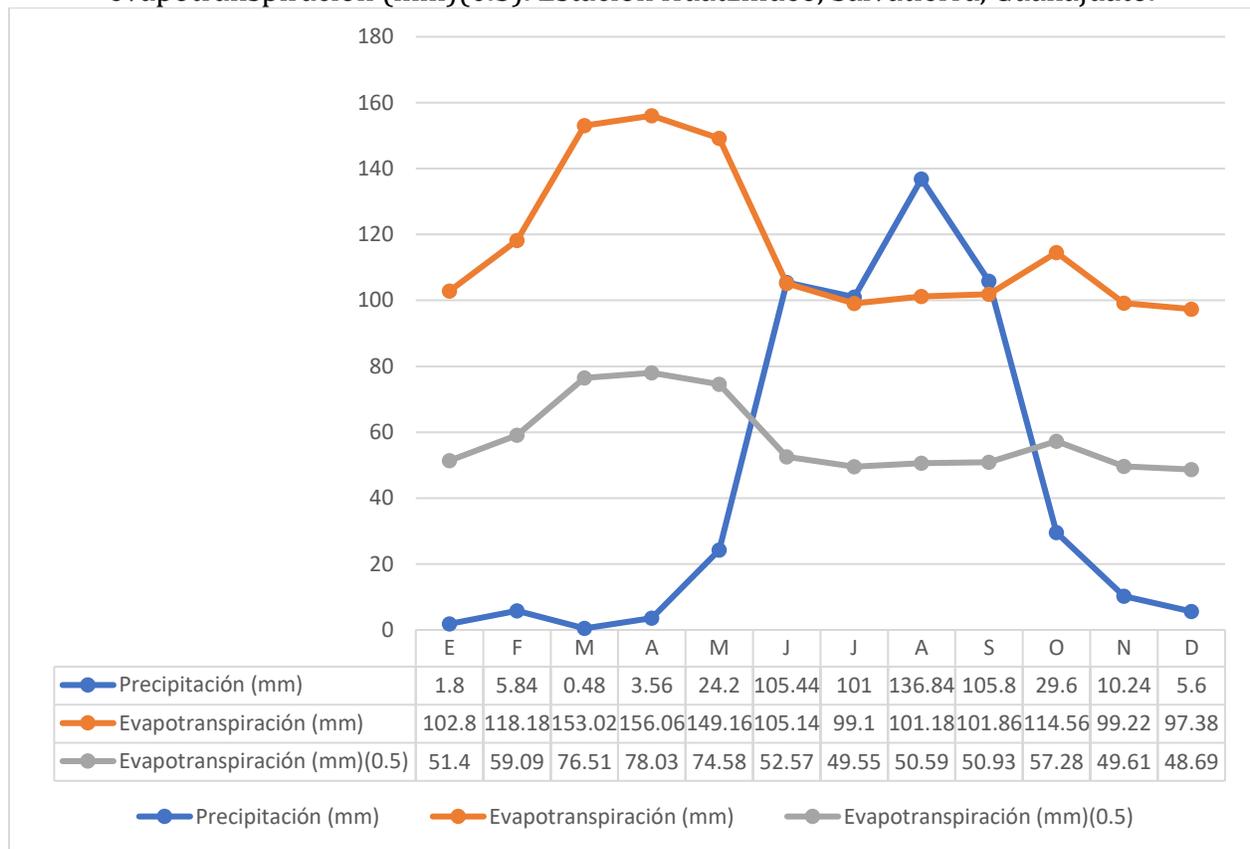
Se sugieren cuatro condiciones diferentes:

- a) Periodo de crecimiento de todo el año. La precipitación es superior a la evapotranspiración para todo el año
- b) Periodo de crecimiento normal. La precipitación supera a la evapotranspiración para parte del año; pudiendo diferenciar (Un período de crecimiento, un período de crecimiento con periodo de inactividad, dos o más períodos de crecimiento y dos o más período de crecimiento de los cuales uno tiene un período de inactividad) (Gráfica 2)
- c) Periodo de crecimiento intermedio. La precipitación normalmente no excede a la evapotranspiración, pero si la supera parte del año, se puede diferenciar (Un período de crecimiento, un período de crecimiento con periodo de inactividad, dos o más

períodos de crecimiento, dos o más período de crecimiento de los cuales uno tiene un período de inactividad)

d) Sin periodo de crecimiento

Gráfica 2. Distribución de la precipitación (mm), evapotranspiración (mm) y evapotranspiración (mm)(0.5). Estación Huatzindeo, Salvatierra, Guanajuato.



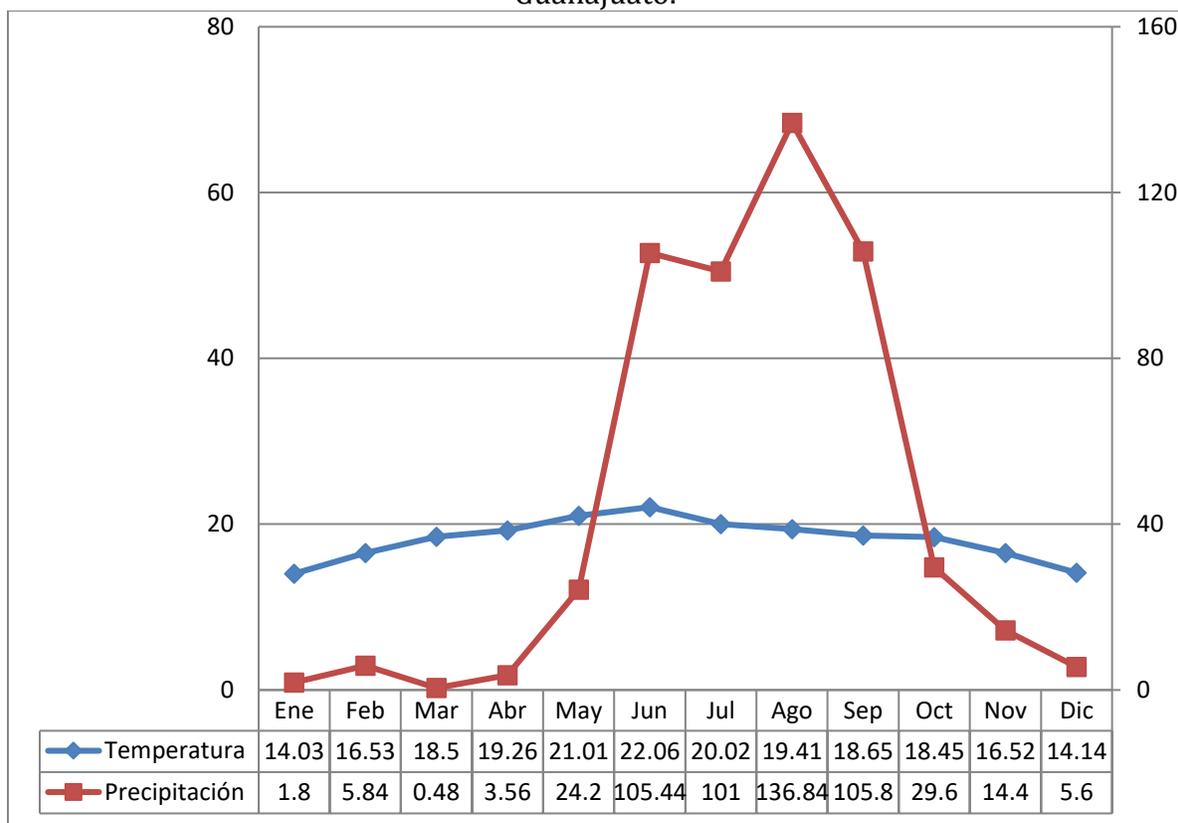
periodo húmedo

Fuente. Elaboración propia con datos de Fundación Produce Guanajuato 2023.

En el caso que nos ocupa el periodo de crecimiento inicia con la presencia de las primeras lluvias, que lo estaríamos considerando a partir del mes de mayo, para dar paso al periodo húmedo que va de junio a agosto; fin del periodo húmedo y fin del periodo de crecimiento a finales de noviembre.

En un ejercicio, más que hemos estado analizando la correspondencia entre la temperatura y la precipitación en la producción de alimentos y es que, en México la presencia de heladas es una limitante más a la viabilidad agrícola, siguiendo con el caso de la estación Huatzindeo, Salvatierra, Guanajuato se obtienen los siguientes resultados (Gráfica 3).

Gráfica 3. Registro de temperatura y precipitación, estación Huatzindeo, Salvatierra, Guanajuato.



Fuente. Elaboración propia con datos de Fundación Produce Guanajuato 2023

El análisis se sustenta fundamentalmente en considerar la presencia de humedad y minimizar las probabilidades de que se presenten heladas que puedan dañar los cultivos (gráfica 3). Teóricamente el área (A) corresponde a la curva donde la precipitación es superior a la curva de temperatura, técnicamente corresponde al periodo vegetativo y es que, en ese lapso, se presentan condiciones de temperatura y humedad adecuadas para el desarrollo de los cultivos. Las áreas fuera de la campana corresponden al tiempo limitado por la falta de humedad (B) o bien por la presencia de heladas (C). Para la estación Huatzindeo, Salvatierra, Guanajuato, en términos generales, presenta condiciones privilegiadas de temperaturas durante todo el año, promedio anual de 18.21°C; la precipitación promedio anual de 530 mm y la distribución temporal se concentra en los meses de mayo-noviembre; cabe destacar que aplicando los criterios de la FAO (1997) la estación de crecimiento es 210 días, entre mayo y noviembre, condición que difiere con la lectura de la Gráfica 3, que considera solo de mediados de mayo a octubre; en términos generales y teóricamente el patrón de cultivos en la región de Salvatierra, Guanajuato podría conformarse por cultivos con requerimientos hídricos inferiores a 450 mm y con un periodo de crecimiento de entre 120 a 150 días (Tabla 3), sin embargo, hay que tener presente que el rendimiento óptimo de las especies vegetales ésta vinculada con factores como: adaptación a las condiciones ambientales, fotoperiodo, radiación, humedad relativa, profundidad del

suelo, textura del suelo, drenaje, pH, salinidad/sodicidad, fertilidad y química del suelo, tolerancia a las altas temperaturas, resistencia a la sequía, entre otros.

Tabla 3. Relación de cultivos que se podrían producir en la región de Salvatierra, Guanajuato, mediante la aplicación de técnicas de captación de agua de lluvia.

Cultivo	Ciclo de cultivo (días)	Requerimiento hídrico (MM)
Ajo	140 - 160	450 - 1000
Amaranto	120 - 150	469 - 1347
Avena	100 - 275	250 - 770
Berenjena	75 - 150	340 - 515
Calabacita	40 - 100	300 - 1200
Calabaza	80 - 140	300 - 450
Canola	80 - 120	300 - 500
Cebada	80 - 120	380 - 660
Cebolla	130 - 180	350 - 550
Chícharo	60 - 140	350 - 500
Col	100 - 150	380 - 500
Garbanzo	90 - 180	150 - 1000
Girasol	90 - 130	250 - 353
Higuerilla	90 - 150	400 - 800
Maíz	100 - 140	500 - 800
Melón	65 - 80	400 - 600
Sandía	80 - 110	400 - 600
Sorgo	90 - 115	400 - 650
Soya	90 - 150	450 - 700
Tomate	90 - 140	400 - 600
Trigo	100 - 180	450 - 650
Complemento hídrico mediante técnicas de captación		
Acelga	50 - 150	500 - 1000
Ajonjolí	90 - 120	500 - 1200
Betabel	160 - 200	550 - 750
Cacahuete	90 - 140	500 - 1000
Cártamo	120 - 160	600 - 1200
Chayote	112 - 234	500 - 2600
Chile dulce	75 - 130	600 - 900
Frijol	85 - 90	600 - 1200
Haba	120 - 128	530 - 1600
Jícama	180 - 195	640 - 4000
Papa	90 - 180	500 - 700
Zanahoria	80 - 120	600 - 1200

Fuente. SAGARPA - INIFAP 2013.

Los cultivos de la tabla 3, reúnen las características mínimas para ser considerados como posibles alternativas para la producción de alimentos en la región de Salvatierra,

Guanajuato, sin embargo, es necesario realizar estudios e investigaciones directamente en campo para ver el comportamiento de las diferentes especies y variedades.

Mediante la aplicación de las técnicas de captación de agua de lluvia se podría ampliar el patrón de cultivos (Tabla 4) para la región de Salvatierra Guanajuato, en virtud de que la precipitación media anual es de 530 mm. Por ejemplo, en el caso de la zanahoria, considerando la demanda mínima de 600 mm se tendría un déficit de 70 mm que deberán aportarse como riego. Si lo calculamos en función de 100 metros cuadrados entonces se necesitan cubrir 7,000 litros por 100 metros cuadrado de cultivo. Mediante la captación de agua de lluvia y suponiendo un escurrimiento del 100%, 1 metro cuadrado de techo aporta 530 litros de escurrimiento de agua anualmente, entonces $7000 / 530 = 13.20$ metros cuadrados de techo se requieren para complementar 100 m² de huerto de zanahoria. Parece muy razonable el ejercicio, sin embargo, si se quiere tener la certeza se deberá contar con un almacenamiento físico de 7000 litros. Si consideramos que una casa habitación promedio dispone de un techo aproximado de 120 metros cuadrados el potencial de captación es de $120 * 530 = 63,600$ litros aproximados por año.

Consideraciones finales

El crecimiento demográfico a nivel global es evidente y también, la demanda creciente de alimentos, así mismo, en los mercados locales y supermercados se puede observar una oferta diversa de productos, no necesariamente vinculada con la vocación productiva de las regiones, así encontramos frutas, verduras, productos del mar y cárnicos producidos en lugares distantes e incluso en otros países; la característica común de esos productos es que han sido sometidos a un proceso de acondicionamiento (encerado, congelación, procesado, etc.) que permita alargar la vida de anaquel, sin duda hablamos de productos orientados a un sector de la población con niveles de ingreso medios y altos y un estilo de vida muy dinámico, con tiempo disponible reducido para preparar y procurar una alimentación saludable, en este escrito se ha pretendido sentar las bases de una estrategia de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, concretamente el agua y la tierra.

El agua a partir de la valoración de la captación del agua de lluvia como una estrategia sustentable de producción de alimentos a pequeña escala y de ahí poco a poco desarrollar las pautas para mitigar los efectos del calentamiento global a nivel local y es que como bien se menciona, los impactos del calentamiento global serán más severos en aquellas poblaciones y comunidades cuyos recursos sean más escasos, en este sentido es importante valorar y fortalecer la educación y habilitación de las personas más desfavorecidas con herramientas de acción para alcanzar la seguridad alimentaria, entre ellas la captación de agua de lluvia para la producción de sus alimentos y depender cada vez menos del mercado externo y las fluctuaciones de precios.

El camino es largo, todavía, falta mucho por aprender y construir, sin embargo la aplicación de modelos teóricos como el propuesto por FAO referido al “periodo de crecimiento” y cuyas bases se sustentan en el balance hídrico, son una extraordinaria referencia para la planeación agrícola a nivel local y regional y si el modelo se complementa con la captación de agua de lluvia a escala diversa, se podrán obtener mejores resultados e incluso asegurar un rendimiento mínimo en función de las limitantes que impongan otros factores.

En el caso que analizamos la ausencia de lluvia “regularmente” ocurre una vez establecido el periodo de lluvia entre los meses de julio y agosto se presenta una reducción muy marcada de ausencia de lluvia, a lo que localmente se le conoce como la canícula la duración es variable pudiendo incluso prolongarse hasta por 40 días, condición que afecta severamente los rendimientos de los cultivos; el reto es, entonces, encontrar especies vegetales comestibles que se adapten y produzcan bien en esas condiciones, así como desarrollar y/o perfeccionar las técnicas agronómicas que permitan conservar de manera eficiente la humedad en los suelos y desde luego, en agricultura familiar a nivel domiciliario la captación de agua de lluvia puede representar el riego de auxilio en el momento oportuno para asegurar la disponibilidad, accesibilidad e incluso la estabilidad estacional de acceso a los alimentos.

Para el caso de México, la escala de actuación respecto a la captación de agua de lluvia deberá ser, cada vez más, a pequeña escala y preferentemente a nivel familiar ya que las grandes obras de irrigación al parecer ya han sido construidas y cada vez, se requerirá de mayores inversiones para emprender nuevos proyectos públicos o privados y las implicaciones medioambientales y sociales serán cada vez más agudos, en virtud de las afectaciones que se provocan.

Referencias

- Alloza Iñigo.** 2020. “¿Cuál será la población mundial en 2050? En Geografía Infinita”. Disponible en. https://www.geografiainfinita.com/2020/11/cual-sera-la-poblacion-mundial-en-2050/#google_vignette. 27 de julio 2023.
- CONAGUA** 2013. Organismo de cuenca del Valle de México. Comisión Nacional del Agua. México.
- Critchley W.** 1991. “Water harvesting”. FAO Roma, Italia.
- Falkenmark M. y Widstrand C.** 1992. Population and water resources: delicate balance. Population Bulletin 1992. Disponible en. https://www.researchgate.net/publication/11109640_Population_and_Water_Resources_A_Delicate_Balance/link/5513d54c0cf2eda0df302e14/download 16 de septiembre 2016
- 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>. 10 junio 2023.
- 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 riesgo2. Londres Inglaterra. En <http://www.fao.org/nr/solaw/solaw-home/en/>. 10 junio 2023.
- FAO** 2009. “2050: un tercio más de bocas que alimentar”. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en. <https://www.fao.org/news/story/es/item/35675/icode/> 2 de julio 2023.

- FAO** 2009 A. "Como alimentar al mundo 2050. Foro de expertos de alto nivel". Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en. https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/cambio_clim%C3%A1tico_y_la_bioenerg%C3%ADa.pdf 10 junio 2023
- FAO** 1997. Zonificación agro-ecológica. Guía general. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/w2962s/w2962s00.htm>. 29 julio 2023
- Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental A.C.** 2019. "Agua en México. Un prontuario para la correcta toma de decisiones".
- Fundación Produce Guanajuato A.C.** 2023. "Estaciones climáticas (lista). Huatzindeo-Salvatierra". Disponible en. <http://www.estaciones.fundacionguanajuato.mx/data/file.php?id=4> 30 de julio 2023
- 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.
- OCDE** 2012. "Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction". París, Publicaciones de la OCDE. Paris, en. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-12> de julio 2023
- 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). 20 Junio 2023
- Prescott Allen Robert y Prescott Allen Chrisine.** 1990. How many plants feed the word. Revista Conservation Biology. 1987-2017. Vol. 1, No. 1.
- SAGARPA – INIFAP** 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Centro de Investigaciones Regional Pacifico Centro. Campo Experimental Altos de Jalisco, Tepatlán de Morelos, Jalisco. Libro técnico No. 3.
- 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.
- World Resources Institute** 2015. "Ranking the world's most water-stressed countries in 2040". Disponible en. <https://www.wri.org/insights/ranking-worlds-most-water-stressed-countries-2040> 16 de septiembre 2019
- 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/> 15 septiembre 2016.
- WWAP** 2016. "Agua y empleo: informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo". UNESCO.

