

Uso del agua en las actividades agrícolas en el distrito de riego 063, Guasave, Sinaloa

Libia Araceli López-Gaxiola¹

libia.lopezg@hotmail.com

Alumna de Doctorado en Sustentabilidad
Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave

José Belisario Leyva-Morales²

jose.leyva@uadeo.mx

Profesor Investigador de Doctorado en Sustentabilidad
Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave

Fridzia Izaguirre-Díaz de León³

fridzia.izaguirre@uadeo.mx

Profesor Investigador de Doctorado en Sustentabilidad
Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave

Xiomara Patricia Perea Dominguez⁴

xiomara.perea@uadeo.mx

Profesor Investigador de Doctorado en Sustentabilidad
Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave

Jorge Soto-Alcala⁵

Jorge.soto@uadeo.mx

Profesor Investigador de Doctorado en Sustentabilidad
Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave

María del Carmen Martínez-Valenzuela⁶

camava9@gmail.com

Profesor Investigador de Doctorado en Sustentabilidad
Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave

RESUMEN

El presente trabajo analiza la gestión y el uso del agua para la agricultura en el Distrito de Riego 063 (DR 063), ubicado en el municipio de Guasave, estado de Sinaloa, por ser uno de los principales productores agrícolas a nivel nacional. Se realizó una consulta en el buscador especializado Google Académico, con los criterios de búsqueda: “Distrito de Riego 063” + Agua dando un total de 35 artículos que se encontraban publicados en revistas, arbitradas e indexadas, ubicadas en distintas bases de datos como Elsevier, Scopus, SciFinder, Redalyc, entre otras, en el periodo correspondiente a 2010-2020, seleccionando aquellas relacionadas con la temática aquí abordada. Las publicaciones se

agruparon en tres temas principales, de acuerdo con los ejes de la sustentabilidad: (económico, social y ambiental). Sin duda alguna, uno de los principales retos que enfrenta la agricultura en México, es el encontrar la manera de satisfacer las necesidades de los cultivos agrícolas de manera sustentable, sin comprometer la disponibilidad y calidad de sus recursos hídricos.

Palabras clave: gestión del agua; riego; agricultura; contaminación; sustentabilidad.

Use of water in agricultural activities in the irrigation district 063, Guasave, Sinaloa

ABSTRACT

This paper analyzes the management and use of water for agriculture in the Irrigation District 063 (DR 063), located in the municipality of Guasave, state of Sinaloa, as it is one of the main agricultural producers at the national level. A query was made in the specialized search engine Google Scholar, with the search criteria: "Distrito de Riego 063" + Water giving a total of 35 articles that were published in refereed and indexed journals, located in different databases such as Elsevier, Scopus, SciFinder, Redalyc, among others, in the period corresponding to 2010-2020, selecting those related to the topic addressed here. The publications were grouped into three main topics, according to the axes of sustainability (economic, social and environmental). Undoubtedly, one of the main challenges facing agriculture in Mexico is to find a way to meet the needs of agricultural crops in a sustainable manner, without compromising the availability and quality of its water resources.

Keywords: Water management, Irrigation, Agriculture, Pollution, Sustainability.

Artículo recibido: 10 Setiembre. 2021
Aceptado para publicación: 15 Octubre. 2021
Correspondencia: jose.leyva@uadeo.mx
Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para las actividades humanas, para el desarrollo económico y el bienestar social. La existencia del ser humano y la calidad de vida del mismo depende en gran medida de este recurso; sin embargo, el 97.5% del agua del planeta, está en los océanos, es decir, únicamente un 2.5% es agua dulce (Fernández-Cirelli, 2012). El uso consuntivo de esta última es principalmente en la agricultura con cerca del 76% del consumo total, del cual el 63.6% proviene de fuentes superficiales y el 36.4% de fuentes subterráneas; la extracción restante se utiliza en abastecimiento público (14.38%) a través de las redes de agua potable, electricidad (no hidroelectricidad) el 4.86% y por último 4.76% la industria; por otra parte, el uso no consuntivo, como son la hidroeléctrica y conservación ecológica (CONAGUA, 2018).

En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señala que México cuenta con un territorio de 198 millones de hectáreas (ha), de las cuales 145 millones están dedicadas a la actividad agrícola, considerándose la agricultura un elemento importante para el desarrollo económico (FAO, 2019). Sin embargo, el Plan Nacional del Agua 2019-2024 identifica el uso ineficiente del agua en la agricultura como uno de los principales problemas relacionados con los recursos hídricos, representando una pérdida hasta del 40% (CONAGUA, 2018).

Por lo anterior, siendo el Distrito de Riego 063 (DR 063), ubicado en el municipio de Guasave, Sinaloa, uno de los principales productores agrícolas a nivel estatal y nacional, conociéndose como el corazón agrícola de México, con una zona agrícola de 108,865 ha, de las cuales 106,518 son destinadas para riego (Hernández-Antonio y Hansen, 2011; García-Gutiérrez y Rodríguez Meza, 2012). No obstante, se ha observado una serie de externalidades derivadas de la práctica de esta actividad en la región, principalmente debido al uso ineficiente del agua. Por ejemplo, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) reporta que los sistemas de riego empleados en el distrito mencionado son inadecuados, lo que conlleva al desperdicio del recurso (CONAGUA, 2018), aunado a esto, la práctica del monocultivo del maíz (cultivo altamente dependiente del riego), y la dependencia de la disponibilidad del agua, se refleja en una competencia o insuficiencia del mismo para el desarrollo exitoso de ésta actividad, sumando a ello la grave sequía que se vive en los últimos años en el noroeste de México

(González-Márquez y Hansen, 2009; Hernández-Antonio y Hansen, 2011; Esparza, 2014).

Otro de los problemas observados es la contaminación química y microbiológica del agua mermando o disminuyendo su calidad (González-Márquez y Hansen, 2009; Hernández-Antonio y Hansen, 2011; García-Gutiérrez y Rodríguez Meza, 2012; Granados-Galván *et al.* 2015). El DR 063 se encuentra inmerso en el mercado nacional por la gran variedad de los productos agrícolas que produce, siendo los principales cultivos: Maíz, frijol, garbanzo, trigo y sorgo, además el rendimiento promedio de este distrito, es mayor que la media nacional (González-Farías, 2014). Para concluir con los problemas relacionados a los tres ejes sustentables, en lo que se refiere al económico, resulta indispensable la determinación de su precio, debido a que el agua es un recurso cada vez más escaso y de vital importancia para la sociedad (Ramírez-Barraza *et al.*, 2019).

Por lo anteriormente expuesto, este artículo tiene como objetivo analizar el uso del agua en la agricultura en el DR 063 para establecer su relación con los tres ejes sustentables (económico, social y ambiental), debido a que es una de las principales actividades económicas en dicho sector.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Área de estudio

El DR 063, Guasave, Sinaloa, se ubica en la Región Hidrológica III de la Cuenca Pacífico Norte, en el extremo norte de Sinaloa, en los municipios de Guasave y Sinaloa de Leyva, colinda al norte con el municipio de Choix y con la Sierra Madre Occidental, al sur con el Golfo de California, al este con el Distrito de Riego 074 Mocerito y al oeste con el municipio de Ahome y el Distrito de Riego 075 Río Fuerte (*Figura 1*) (González-Farías *et al.*, 2014). Cabe agregar que, el DR 063 cuenta con 14,715 usuarios, de los cuales 12,825 son ejidales y 1,890 privados, mismos que cuentan con un total de 126,770 y 109,112 ha de superficie de riego, respectivamente (CONAGUA, 2019a). En 1992, se transfirió la responsabilidad de la operación, conservación y administración de la infraestructura hidroagrícola del distrito a los usuarios, agrupándose en cinco módulos de riego, que fueron establecidos como asociaciones civiles:

- 1) Bamoá,

- 2) Las Milpas,
- 3) Petatlán,
- 4) Tetameche y
- 5) Ocoroni, los cuales se diferencian en cuanto a superficie, número de usuarios y tenencia de la tierra (González-Farías *et al.*, 2014).

En México, actualmente se vive un momento de incertidumbre para el sector agrícola, debido a la sequía extrema que afecta a algunos estados, en especial al estado de Sinaloa, debido a que es el principal proveedor de diversos granos y frutas, tanto a nivel nacional como internacional. En el DR 063, se ubica una de las principales zonas agrícolas del estado de Sinaloa, donde la acumulación de agua en las presas no ha sido suficiente para garantizar la demanda de este sector. Sin embargo, en informes de la CONAGUA sobre la producción agrícola por módulo de riego de dicho distrito, se considera que alrededor del 50% de agua se desperdicia en el transporte del recurso hacia su destino, entre los principales factores, se encuentran la evaporización y la infiltración, pero, sobre todo, el deterioro de la infraestructura hidráulica, la falta de modernización de las redes de conducción del agua y el mal manejo del recurso a nivel parcelario (Peinado-Guevara *et al.*, 2014; CONAGUA, 2020).

Adicionalmente, en lo referente al Producto Interno Bruto (PIB), las actividades primarias del país, incluyendo la agricultura, lograron un incremento 0.7 % respecto al último trimestre del año 2020, representando 598,725 miles de millones de pesos a precios del 2013 en total (INEGI, 2021). Por otra parte, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en su Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, señala que en el año 2015 6.7 millones de personas se encontraban empleados en las actividades primarias (SAGARPA, 2016).

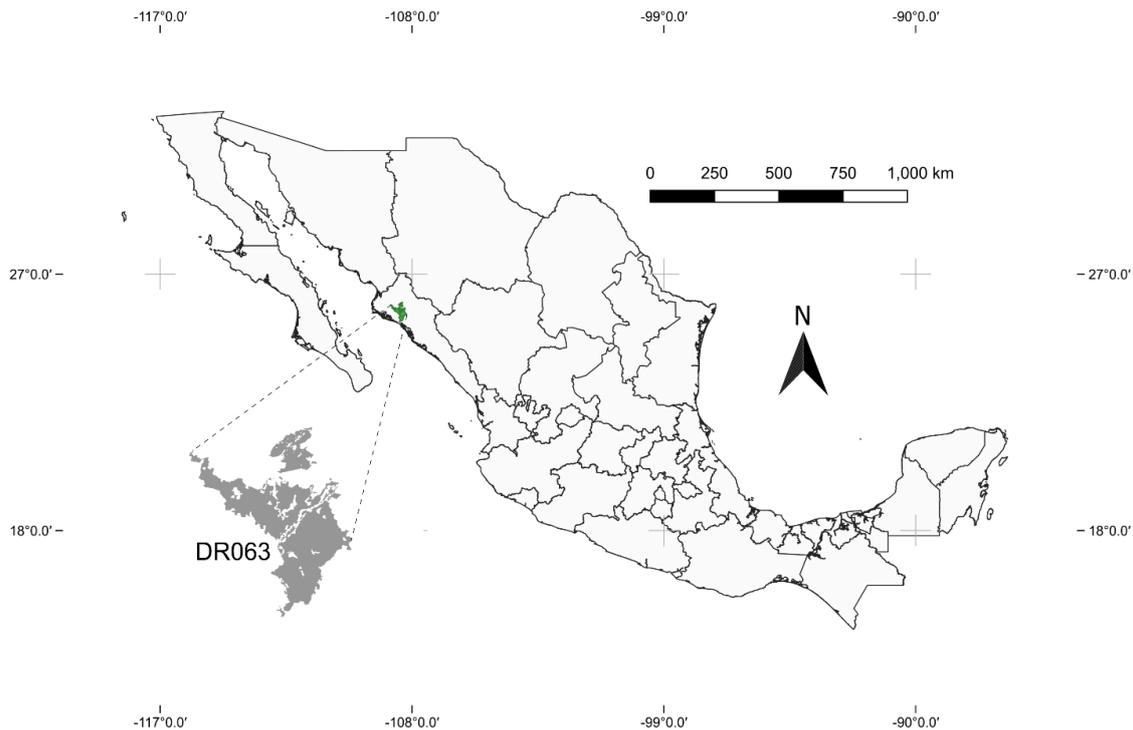


Figura 1. Ubicación del Distrito de Riego DR 063: Guasave.

Revisión documental

Se llevó a cabo una revisión sistemática de artículos científicos con temas relacionados a la gestión y uso del agua para riego en el DR 063 ubicada en el municipio de Guasave, y su relación con los tres ejes sustentables: social, económico y ambiental, los cuales fueron publicados en el periodo 2010-2020 en revistas indexadas o arbitradas disponibles en bases de datos de la Internet, la mayoría de los autores se encuentran adscritos a universidades tanto públicas como privadas, centros de investigación y de salud pública de México. La búsqueda se realizó mediante el buscador especializado de Google Académico, por ser el que concentra el mayor número de publicaciones científicas relacionadas con el tema abordado. Los criterios de búsqueda fueron: “Distrito de Riego 063” + “agua”, limitando la misma al periodo indicado anteriormente, de manera que la información sea representativa de la década más reciente.

Una vez realizada la búsqueda, de los artículos obtenidos se llevó a cabo una selección realizando una agrupación de acuerdo a los tres ejes de la sustentabilidad: económico, social y ambiental. Si bien, la revisión documental fue exhaustiva, es probable que no se

haya incluido toda la literatura relevante en cada subtema, por lo que esta revisión representa una línea base general de la cual pueden partir revisiones más profundas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El agua

La superficie del planeta se encuentra cubierta en más del 70% por agua; encontrándose principalmente en océanos, lagos, ríos; en el aire y en el suelo. El agua es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y posee propiedades únicas que la hacen esencial para el desarrollo, crecimiento y reproducción de todos los organismos. El 97.5% de esta, se encuentra en los océanos, es decir, únicamente un 2.5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% de ésta, el agua subterránea el 19% y el agua superficial, accesible rápidamente, sólo el 1%, encontrándola primariamente en lagos (52%) y humedales (38%) (Fernández-Cirelli, 2012; SEMARNAT, 2018). Por lo anteriormente expuesto, Morandín y Contreras (2017) indican que “el agua dulce no está estancada, viaja por el planeta, cambia su estado y traspasa los organismos” (p. 178). Adicionalmente, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) señala que, en el uso consuntivo de esta, la agricultura es la actividad que demanda mayor cantidad, con cerca del 76% del consumo total, de las cuales el 63.6% del agua utilizada proviene de fuentes superficiales y el 36.4% de fuentes subterráneas; la extracción restante se utiliza en abastecimiento público (14.38%) a través de las redes de agua potable (domicilios, industrias y otros), electricidad (no hidroelectricidad) el 4.86% y por último 4.76% la industria autoabastecida; por otra parte, el uso no consuntivo, como son la hidroeléctrica y conservación ecológica, véase la Tabla 1 y la *Figura 2* (CONAGUA, 2018) .

Adicionalmente, la CONAGUA afirma que en México existen 757 cuencas para la administración de aguas superficiales (aporta 61% de los usos consuntivos), 8 cuencas transfronterizas y 51 ríos; mientras que las aguas subterráneas están administradas en 653 acuíferos (aportando el 39% del volumen para usos consuntivos), considerando 105 de estos en condición de sobreexplotación, 32 con presencia de suelos salinos y agua salobre y 18 con intrusión marina (CONAGUA, 2019b). En la *Tabla 1*, se especifica el volumen de agua concesionado para usos consuntivos, correspondientes al 2019.

Tabla 1. Usos consuntivos, según origen del tipo de fuente de extracción (2019)

Uso	Origen superficial (miles de hm ³)	Origen Subterráneo (miles de hm ³)	Volumen total (miles de hm ³)	Extracción (%)
Abastecimiento público	5.7	7.5	13.2	14.7
Agrícola	42.8	24.8	67.7	75.7
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	3.7	0.5	4.2	4.6
Industria autoabastecida	2.0	2.41	4.4	4.9
Total	54.3	35.1	89.4	100.0

Fuente: Modificado de CONAGUA (2019b).

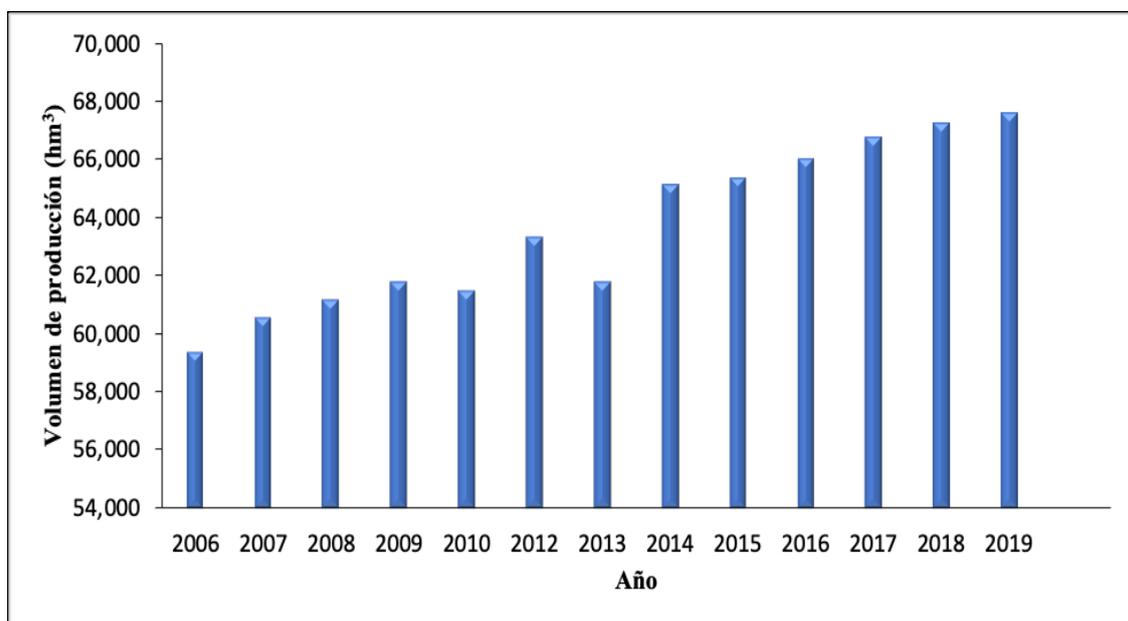


Figura 2. Volumen en hectómetros cúbicos (hm³) concesionado por uso agrícola (2006-2019). Fuente: CONAGUA (2019b).

Por lo anteriormente expuesto, en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024, se incluyó un proyecto denominado Programa Nacional Hídrico (PNH) para el periodo 2020-2024 cuyo objetivo es aprovechar eficientemente el agua para contribuir al desarrollo sustentable de los sectores productivos, en especial el agrícola (PNH, 2020).

La agricultura y el agua para riego

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) prevé que la demanda mundial de alimentos para el 2050 se incremente en al menos un 60% por encima de lo requerido hasta el 2006, lo anterior, debido al crecimiento demográfico excesivo y, por ende, de los ingresos, así como por el rápido desarrollo

urbano. Definitivamente, en décadas posteriores, dicho crecimiento se concentrará en las regiones con la mayor prevalencia de la subalimentación y alta vulnerabilidad a los efectos del cambio climático. Al mismo tiempo, los esfuerzos por parte de los sectores agrícolas a la sustentabilidad han consistido en tratar de contribuir a un mundo neutral en cuanto a emisiones de carbono para lo cual están llevando a cabo demandas contrapuestas de agua y tierras utilizadas para producir alimentos básicos e iniciativas de conservación forestal que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, pero a la vez limitando la superficie dedicada para la producción agropecuaria (FAO, 2016). En cambio, López et al. (2015) afirma que actualmente, los productores agrícolas tienen la necesidad de incrementar su producción alrededor del 70% para satisfacer la necesidad alimenticia indicada por la FAO para el 2050, los autores también lo relacionan con el crecimiento acelerado que se ha observado en los últimos años de la población mundial, dejando un peso trascendental en los países subdesarrollados, como México, sin dejar de lado, la necesidad de llevar a cabo un uso eficiente de los recursos naturales y materias primas. Desde el punto de vista de Ortiz (2014), sostiene, que en América Latina y el Caribe el incremento de la producción agrícola, se basa en un mayor uso de capital financiero y humano, así como de agua y otros insumos como fertilizantes, siendo la agricultura la principal actividad económica responsable del agotamiento del agua tanto superficial como subterránea disponible, así como del 70% de su contaminación (Cárdenas y Cárdenas, 2009).

Características socioeconómicas y demográficas de los municipios de Guasave y Sinaloa de Leyva.

En el estado de Sinaloa, el cual se encuentra en el Noroeste de la República Mexicana, colinda al Norte con los estados de Sonora y Chihuahua, al Este con Durango, al Sur con Nayarit y al Oeste con el Océano Pacífico y Golfo de California; considerándose la agricultura una de las principales actividades económicas, ya que es una de las regiones agrícolas más importantes en cuanto a superficie y producción (INEGI, 2017).

Sinaloa está integrado por 18 municipios, los que se encuentran bajo estudio son, Guasave y Sinaloa de Leyva, y juntos componen el DR 063, el cual cuenta con una superficie de riego de 109,112 ha, para beneficio de 14,715 usuarios, organizados en cinco asociaciones civiles que corresponden al mismo número de módulos de riego (mencionados en el apartado correspondiente a la descripción del área de estudio), la

fuentes de abastecimiento de agua para dicho distrito de riego es el escurrimiento superficial de la cuenca del río Sinaloa (Pedroza-González e Hinojosa-Cuéllar, 2014). Cada módulo tiene condiciones diferentes en lo referente a su superficie, el número de usuarios y a la tenencia de la tierra, tal como se muestra en la *Tabla 2*, predominando los cultivos de maíz, frijol, garbanzo, trigo y sorgo, los cuales se cultivan durante los dos ciclos agrícolas primavera-verano (P-V) y otoño-invierno (O-I) practicados en Sinaloa (Hernández-Antonio y Hansen, 2011; González-Farías *et al.*, 2014; Peinado-Guevara *et al.*, 2015).

Tabla 2. Superficie de cada módulo de riego, tenencia de la tierra y número de usuarios.

Módulo	Superficie (ha)		Número de usuarios	
	Ejidal	Pequeña propiedad	Ejidatarios	Pequeños propietarios
Bamoa	24,402	4,607	3,400	533
Las Milpas	11,062	13,556	1,508	701
Petatlán	22,498	1,745	3,467	177
Tetameche	16,215	4,090	2,173	387
Ocoroni	10,378	312	1,685	31
Total	84,555	24,310	12,233	1,829

Fuente: González-Farías *et al.*, (2014).

Adicionalmente, Masaquiza-Moposita *et al.* (2017) reafirman que, el sector agrícola se encuentra en una disyuntiva, ya que tiene la necesidad de aumentar la producción de alimentos tal como se mencionó anteriormente por otros autores, pero que, en contraparte, debe hacer uso más eficiente de los recursos naturales como el agua para alcanzar dicho objetivo. Por lo que se puede deducir de esta manera, que uno de los principales retos que enfrenta la agricultura en México y el mundo, es sin duda, encontrar la manera de satisfacer las necesidades de los cultivos de los ciclos agrícolas practicados de manera sustentable, sin comprometer la disponibilidad y calidad de sus recursos naturales, destacando los hídricos garantizando la disponibilidad de estos a las generaciones futuras (Ochoa-Noriega *et al.*, 2020). Desde la posición de Gabriel (2017) enfatiza que además de las cuestiones ya mencionadas, el agua es un recurso socioeconómico escaso, finito y vital. Por lo que la creciente demanda de este recurso para fines tanto domésticos como industriales amenaza la sostenibilidad de las aguas subterráneas, afectando así otras actividades como la agricultura, la silvicultura, la

industria y el agua potable. Esto sin duda indica que el agua, independientemente del uso que se le dé, tendría que ser gestionada de manera estratégica y sostenible (Gabriel, 2017; Ochoa-Noriega *et al.*, 2020).

Impacto socioeconómico y uso del agua en el DR 063

El DR 063 se encuentra inmerso en el mercado nacional por la gran variedad de los productos agrícolas que produce, los principales cultivos son: Maíz, frijol, garbanzo, trigo y sorgo, como se muestra en la *Tabla 3*, además el rendimiento promedio de este distrito, normalmente se encuentra por arriba del rendimiento medio nacional (González-Farías, 2014). De acuerdo a datos obtenidos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), el cultivo con mayor ingreso tanto durante el ciclo agrícola O-I como P-V en el municipio de Guasave fue el maíz con valores de producción en miles de pesos de \$4,727,146.88 y \$512,971.75, respectivamente; seguido de frijol (\$1,120,492.34), garbanzo (\$550,716.43), sorgo (\$28,655.88) y por último trigo (\$22,507.61) para O-I; mientras que, para P-V el segundo lugar lo ocupó el sorgo (\$153,551.08) y el tercero el garbanzo (\$425.00), sin embargo para frijol y trigo no hubo información reportada. Para el caso del municipio de Sinaloa de Leyva el cultivo con mayor valor de producción en miles de pesos, al igual que en Guasave, fue el maíz con ingresos de \$1,583,688.34 en O-I y \$261,382.49 en P-V. En O-I, el cultivo que ocupó segundo lugar fue el garbanzo (\$493,533.70), seguido del frijol (\$441,721.81), trigo (\$73,639.81) y sorgo (\$37,767.30); por su parte para el ciclo P-V, el segundo lugar lo ocupó el sorgo (\$86,492.06) y el tercero el garbanzo (\$144), para el frijol y trigo se observó el mismo comportamiento que en el municipio de Guasave (*Tabla 3*) (SADER, 2019).

Conforme a lo descrito anteriormente, es muy notorio que tanto los rendimientos como el valor de la producción para los cultivos mencionados en la *Tabla 3* son menores en P-V respecto a O-I debido a las condiciones climáticas (altas temperaturas) que prevalecen en todo el estado de Sinaloa, incluido el DR 063, mismas que ocasionan deshidratación del polen y granos vanos, para lo cual se han implementado diversas estrategias, entre ellas el uso de semillas híbridas resistentes y principalmente un buen manejo del agua de riego (CEVAF, 2003; INIFAP, 2010; Leyva-Morales *et al.*, 2014; SAGARPA, 2015).

Tabla 3. Aspectos económicos relacionados con los principales cultivos en los municipios de Guasave y Sinaloa de Leyva por ciclo agrícola (2019).

Municipio	Ciclo Agrícola Otoño invierno					Ciclo Agrícola Primavera-Verano				
	Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento obtenido (t/ha)	Valor de la producción (miles de pesos)	Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento obtenido (t/ha)	Valor de la producción (miles de pesos)
Guasave	Frijol	24,905.39	51,676.98	2.07	1,120,492.34	Cártamo	35.00	64.75	1.85	518.00
	Garbanzo	17,885.06	39,520.87	4.44	550,716.43	Ejote	16.00	120.00	7.50	858.00
	Maíz	102,081.18	1,307,908.80	21.10	4,727,146.88	Garbanzo	25.00	50.00	2.00	425.00
	Sorgo grano	1,202.88	9,021.60	7.5	28,655.88	Maíz	12,554.92	135,079.64	10.76	512,971.75
	Trigo	927.36	5,677.89	11.79	22,507.61	Sorgo grano	7,826.43	43,675.90	5.58	153,551.08
Sinaloa de Leyva	Frijol	9,993.59	20,021.04	2.01	441,721.81	Ajonjolí	15,565.00	9,594.70	0.62	188,640.03
	Garbanzo	16,834.13	38,030.48	4.54	493,533.70	Cacahuete	1,250.00	965.20	0.77	10,616.69
	Maíz	36491.14	440644.93	20.43	1,583,688.34	Maíz	10,869.47	69,339.03	6.38	261,382.49
	Sorgo grano	1,691.96	11,843.72	7	37,767.30	Sorgo forrajero	5,570.00	10,534.00	1.89	4,728.78
	Trigo	2,572.04	17,299.06	6.73	73,639.81	Sorgo grano	12,633.46	26,245.02	2.08	86,492.06

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (SADER, 2019).

En este sentido, para un desarrollo normal del cultivo de frijol, en las etapas reproductivas no debe faltar humedad en el suelo, desde el inicio de la floración hasta el llenado de grano. El número de riegos de auxilio dependerá principalmente del tipo de suelo donde este asentado el cultivo (aluvión y/o barrial) y del nivel de manto freático (bajo y/o alto); sin embargo, cualquiera que sea el caso es necesario dar riegos ligeros para evitar problemas de pudriciones de raíz y alta incidencia de moho blanco, lo anterior debido a que es muy sensible al exceso de humedad, por lo que se recomienda el riego integral, considerando la fenología, suelo, clima y manejo de cultivo (CEVAF, 2003; INIFAP, 2010; 2014; SAGARPA, 2015).

En lo que se refiere al cultivo de garbanzo, los riegos deben ser ligeros, ya que los riegos pesados o las lluvias abundantes suelen ser negativos, principalmente en la etapa de floración y llenado de vaina, para proteger las flores y vainas en su desarrollo y tengan mayor rendimiento; en este caso se recomiendan los riegos de auxilio de acuerdo al tipo de suelo (barrial, dos riegos de auxilio y en el caso de aluvión uno o dos) para reducir la presencia de enfermedades en el mismo (CEVAF, 2003; INIFAP, 2010; 2014; SAGARPA, 2015).

Sin duda, el cultivo que más requiere de riego es el maíz (500 mm) durante su ciclo; debido a que este es el factor principal que determina su rendimiento ya que se debe mantener una humedad suficiente en cada una de las etapas de su desarrollo, en especial en la etapa reproductiva (espigamiento o floración) y durante el llenado del grano; por lo que algunos de los módulos de riego de la zona norte de Sinaloa, coordinados con la Red Mayor del Distrito de Riego 075 del Valle del Fuerte y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, han implementado con éxito el Sistema de Pronóstico de Riego en Tiempo Real, que permite determinar con precisión el momento oportuno de aplicar los riegos, basándose en el registro permanente de la humedad, temperatura, radiación, viento, lluvia y todos los componentes del clima relacionados con el consumo de agua por los cultivos, los cuales son enviados desde las estaciones climatológicas a una base de datos previamente alimentado con información sobre las necesidades de agua por el cultivo de acuerdo a la etapa fenológica y las características del suelo, con las cuales, con base a un software, se realizan balances diarios de humedad en tiempo real, definiéndose con una mayor precisión la lámina del riego y la fecha o intervalo para su aplicación (puede variar de acuerdo a las precipitaciones pluviales), con lo que se ha

obtenido un rendimiento hasta 30% y ahorro de agua hasta del 25%, según pruebas de validación realizadas en 350 ha de maíz durante el ciclo O-I. La información requerida por los técnicos es la fecha de siembra, el híbrido sembrado y la textura del suelo, expresada en porcentajes de arena, limo y arcilla. En contraparte para el ciclo P-V es más complicado la aplicación del Sistema de Pronóstico de Riego en Tiempo Real debido al incremento de la temperatura (CEVAF, 2003; INIFAP, 2010; 2014; SAGARPA, 2015).

Para el cultivo de sorgo el número y volumen de riegos lo determinan el tipo de suelo, variedad, temperatura, ciclo vegetativo y medio ambiente, debiendo ser riego oportuno, es decir, desde el momento de iniciar la siembra, el suelo debe estar con humedad y de esta manera evitar pérdidas por germinación deficiente, para continuar con tres o cuatro riegos de auxilio en las diferentes etapas de la planta (amacollo, antes del embuche, en floración y estado lechoso o masoso) (CEVAF, 2003; INIFAP, 2010; 2014; SAGARPA, 2015).

En cambio, en el caso del cultivo de trigo, el agua de riego se maneja en función del volumen y distribución óptima y oportuna para obtener mejores rendimientos por lo que se recomienda aplicar los riegos en amacollamiento, inicio de espigamiento y en estado acuoso-lechoso del grano, con lo cual se optimiza el número de vástagos, espigas, granos por espiga, formación, llenado de grano y peso específico del grano; sin embargo, el número de riegos de auxilio dependerá del tipo de suelos y condiciones ambientales (evitarse en caso de precipitaciones pluviales), ya que en algunos casos (suelos muy delgados) se requieren entre tres y cinco riegos (el primero a los 30 días y el resto cada 15 días) (CEVAF, 2003; INIFAP, 2010; 2014; SAGARPA, 2015).

En lo que respecta al uso del agua, en el Estado de Sinaloa, el agua para riego que abastece la superficie agrícola y abarca el área de influencia del DR 063, proviene fundamentalmente del escurrimiento superficial de la cuenca del río Sinaloa, que se abastece de dos presas de almacenamiento, la primera es la presa Lic. Gustavo Díaz Ordaz, situada en Bacurato, con una capacidad de 2,823 hm³, abasteciendo a cuatro de los cinco módulos de riego (Bamoá, Las Milpas, Petatlán y Tetameche), y la segunda la Ing. Guillermo Blake Aguilar situada en el Sabinal sobre el río Ocoroni, con capacidad de 488 hm³ la cual abastece al módulo de riego restante (Ocoroni) (Pedroza-González e Hinojosa-Cuéllar, 2014).

En la opinión de Salazar-Moreno et al. (2014) afirman que la eficiencia en el uso del agua, se puede medir mediante la relación que existe entre el rendimiento en kilogramo de producto por m³ de agua utilizada en un cultivo por unidad de agua utilizada por éste, de esta forma, el resultado permite calcular el valor económico del agua de riego.

La Organización para la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), afirma que, los pequeños agricultores familiares con dos hectáreas representan más del 80% del total de todas las fincas del mundo, por lo que representan la columna vertebral de los suministros alimenticios de cada país, sin embargo, en estas zonas es donde la infraestructura de agua es escasa, insuficiente y obsoleta, así como también, las asignaciones presupuestarias institucionales no alcanzan a satisfacer las necesidades de abastecimiento de agua para riego (UNESCO, 2019).

Gestión del agua en la agricultura en el DR 063

La dependencia encargada de gestionar el agua en México es la CONAGUA, creada en el año 1989, considerado un órgano administrativo, normativo, técnico, consultivo y desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como, el marco jurídico para el uso de las aguas nacionales en México, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) la cual establece que la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante títulos de concesión o asignación otorgados por el Ejecutivo Federal a través de la CONAGUA por medio de los organismos de cuenca o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la LAN y su reglamento (CONAGUA, 2019b). A partir de que se instituyó la LAN, los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, se inscriben en el Registro Público de Derechos de Agua, en el estado de Sinaloa, para el año 2020 se tienen un total de 17,292 títulos de concesión para uso de las aguas nacionales, entre las que se encuentran, el agua superficial, subterránea, descargas de aguas residuales, zonas federales y extracción de materiales. Estos títulos en su mayoría son por uso público urbano, pero en volumen de extracción concesionado m³/año el mayor es de uso agrícola, que es la actividad económica preponderante en el estado (CONAGUA, 2020).

El agua que disponen los países para cubrir el abasto público y actividades agrícolas, industriales, se obtiene de las precipitaciones, es decir, el agua disponible es la que circula por ríos y que a su vez se deposita en presas, bordos y acuíferos, para distribuirla

de manera óptima (SEMARNAT, 2018). La gestión del agua en México, a través de la historia se ha utilizado con el objetivo de satisfacer la demanda del recurso, para ello se ha construido infraestructura hidráulica para administrar, conservar y aprovechar sustentablemente el vital líquido (Ortiz y Romo, 2016).

Debido al incremento poblacional y por consecuencia de las actividades económicas, se ha intensificado la extracción de agua subterránea, actualmente se desconoce la cantidad de agua almacenada en los acuíferos de México, la CONAGUA estima que el 62% del consumo humano, 52% consumo actividades industriales y 34% para riego agrícola, dependen de los sistemas de agua subterránea, siendo un total de entre 8 y 14 km³ por año el volumen de agua extraída en todo el país (Burgos *et al.*, 2019; CONAGUA, 2019b).

En el estado de Sinaloa, las principales actividades económicas son la agricultura, ganadería y pesca, por lo que de acuerdo a información proporcionada por CONAGUA, el volumen medio anual subterránea en Sinaloa es alrededor de 2,656 m³ los cuales se encuentran comprometidos (descarga natural) 576 m³ de agua superficial, la extracción subterránea comprometida son 1,338 m³, estas mediciones se realizan en periodos de tres años siendo la última en enero del año 2018, la diferencia se conserva para la alimentación de acuíferos adyacentes, sostener el uso ambiental y prevenir la inmigración de agua de mala calidad, se miden en millones de metros cúbicos anuales (CONAGUA, 2018).

Por otra parte, en lo que respecta al impacto social del uso de plaguicidas en el estado de Sinaloa, se ha observado un incremento en las afectaciones a la salud y al ambiente, fundamentalmente porque el principal método de aplicación empleado es la aspersión vía aérea tanto en las zonas rurales como urbanas; algunas de las problemas reportados en personas ocupacionalmente expuestas son: el aumento transcripcional en las vías de señalización relacionadas a la división celular, daño al ácido desoxirribonucleico (ADN), esterilidad, daños a los sistemas inmunológico, reproductivo y nervioso, enfermedades neurodegenerativas, diversos tipos de cáncer, entre otras. Adicionalmente, los grupos más vulnerables afectados con el uso de plaguicidas son los niños y trabajadores agrícolas expuestos directamente, para estos grupos en particular se ha observado un incremento en la frecuencia de daño genético, lo que muestra un alto riesgo a la salud de los mismos; ocasionando con ello, un impacto negativo a la

economía, salud y educación (en el caso de los niños), trastocando el ámbito familiar de las personas que habitan en comunidades prominentemente agrícolas (Martínez-Valenzuela *et al.* 2019).

En México, la aplicación de la normativa jurídica aplicable al uso de plaguicidas corresponde principalmente a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), y a la Secretaría de Salud (SSA); mientras que, las instancias gubernamentales encargadas del registro de estas sustancias son: la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), cuyo objetivo es hacer cumplir las obligaciones y aplicar sanciones en caso de incumplimiento de la legislación correspondiente. Sin embargo, según Martínez-Valenzuela *et al.* (2019) “la gobernanza ambiental y las políticas públicas no han sido aplicadas de manera apropiada, generándose una actividad y comportamiento incongruentes, para con las necesidades de la sociedad y del medio ambiente, por parte de los actores involucrados” (p. 104).

Contaminación del agua producida por la agricultura en el DR 063

En la actualidad existe preocupación por el desabasto y contaminación del agua, por lo que este tema se incluyó en las agendas de los actores políticos con el objetivo de lograr la gestión adecuada del recurso y la protección de su calidad para los asentamientos humanos (IAGUA, 2018). En las últimas décadas la agricultura ha aumentado su producción para consumo nacional y exportaciones, causando daños a los recursos naturales como la sedimentación de los cauces de agua; lo anterior garantizando las ganancias económicas de los productores sin considerar la recuperación de ecosistemas. Así mismo, la agricultura perjudica los recursos hídricos; cuando los sistemas de riego no son los adecuados o se desperdicia el agua como es el caso del riego tradicional. No obstante, la participación del gobierno es muy limitada para incentivar a los agricultores a cambiar las formas de riego ya que no consideran el equilibrio entre extracción y capacidad de recarga (Ortiz y Romo, 2016; González-Cadalso *et al.*, 2016).

En este sentido, la contaminación del agua sucede cuando la descarga de residuos perjudica su calidad o perturba el equilibrio ecológico natural, los contaminantes que causan problemas comprenden organismos patógenos, materia orgánica, sólidos, nutrientes, sustancias tóxicas, color, espuma, y materiales radiactivos; la contaminación

física (basura, plásticos, envases, tierra, etc.), mientras que la contaminación biológica (producida por microorganismos como bacterias, virus y protozoarios, y por último la contaminación química (metales pesados, plaguicidas, detergentes, entre otros) (Ramírez, 2018).

Leyva-Morales et al. (2014) afirman que los plaguicidas que se utilizan con mayor frecuencia en los estados de Nayarit, Campeche, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Sinaloa (en especial en el DR 063), son los compuestos de tipo insecticida, herbicida y fungicida. En el DR 063, el maíz, frijol y garbanzo son los que mayormente se siembran, los plaguicidas que se han reportado como agentes contaminantes en la zona pertenecen a la clase química denominada organofosforados, seguido de la sal de ácido benzoico y clorofenoxi (Hernández-Antonio y Hansen, 2011). Por su parte, González-Farías et al. (2014) señala que los principales cultivos de O-I son el maíz grano, frijol, garbanzo y trigo, utilizando los fertilizantes nitrogenados aplicados como gas amonio y los fosfóricos mientras que en el ciclo P-V, los principales cultivos son maíz, sorgo y garbanzo, para los cuales se aplican fertilizantes en forma de urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) y fosfato monoamónico [$(\text{NH}_4) \text{H}_2\text{PO}_4$]; los plaguicidas más utilizados según estos autores, son los organofosforados y organoclorados.

Martínez-Valenzuela et al. (2019), en un estudio realizado en Sinaloa, México, evalúan el impacto en la salud y medioambiente derivado del uso de plaguicidas en la región, incluido el DR 063, documentan los efectos negativos a la salud de las personas que se encuentran expuestas a estas sustancias ya sea de manera directa o indirecta, siendo los niños el estrato de la población más vulnerable y susceptible a diversas afectaciones. Entre las enfermedades que se han asociado con la exposición a agroquímicos se encuentran diversos tipos de cáncer, alteraciones endocrinas, defectos de nacimiento, esterilidad y afectación a diversos sistemas como el nervioso y el inmunológico (García-Hernández et al., 2018).

El principal cuerpo receptor de la contaminación del agua en el DR 063 es el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule que debido a la descarga de los drenes y escorrentías agrícolas ha generado la contaminación por plaguicidas del agua, sedimento y organismos (Montes et al., 2012; Granados-Galván et al., 2015). Hernández-Antonio y Hansen, (2011) realizaron muestreos de agua y sedimentos en el DR 063 durante el año 2008, con el objetivo de comprobar si existe contaminación por

plaguicidas en canales, drenes, arroyos, ríos, zona costera, pozos y norias; resultando el grupo de plaguicidas organofosforados dentro de los reportados como más usados en la zona, seguido de la sal de ácido benzoico, clorofenoxi y atrazina. Los plaguicidas monitoreados estuvieron por debajo del límite de detección del método analítico empleado, por lo que se reporta ausencia de los mismos.

Montes *et al.* (2012) evaluaron la presencia de contaminación por plaguicidas organoclorados (OCs), entre 2006 y 2007, en sedimentos superficiales de la laguna anteriormente mencionada y en los drenes agrícolas del DR-063; la concentración promedio de OCs en los sedimentos de la laguna y drenes agrícolas fue de 18.97 y 75.96 ng/g, respectivamente. Los compuestos más frecuentes fueron: metoxicloro, endrín y heptacloro a pesar de que su uso está prohibido en México desde la década de los setentas. Por otro lado, Granados *et al.*, (2015) reportan la presencia de plaguicidas OCs, para el periodo comprendido entre febrero del 2012 a febrero del 2013, en filete comestible de diversas especies de pargo (*Lutjanus colorado*, *L. argentiventris*, y *L. novemfasciatus*) provenientes del sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule; las concentraciones más elevadas y frecuentes fueron observadas para endosulfán sulfato, seguido de δ -Hexaclorociclohexano (HCH), y heptacloro epóxido, como resultado de su uso reciente y persistencia en el ambiente; la sumatoria de HCH y heptacloro así como clordano estuvieron por arriba del límite máximo de residuo permitido, pudiendo representar un riesgo a padecer cáncer por parte de las personas que consumen de manera frecuente este producto.

CONCLUSIONES

En México la disponibilidad de agua, particularmente en Sinaloa, es baja por lo que la agricultura deberá incrementar la eficiencia en el uso de este recurso, a la vez que, se promueva un uso sustentable; para lograrlo, es necesario desarrollar soluciones sistémicas aprovechando los avances tecnológicos y humanos, evitando así problemas de abastecimiento, contaminación e impactos negativos a la salud.

En el caso del DR 063 es muy notorio que las prácticas agrícolas están centradas en generar ingresos económicos y el uso del agua no es considerado como prioritario por lo que urge llevar a cabo una revisión crítica de los conocimientos con que ya se cuenta y en coordinación con los tomadores de decisiones que se encuentran en relación directa con el uso del agua, en los distintos niveles de gobierno identificar las verdaderas

necesidades y modificar y/o actualizar la normativa existente en lo que respecta a estos aspectos, construyendo una cultura del agua sin desperdicios, equitativa y funcional desde las aristas económica, social y ambiental.

REFERENCIAS

- Burgos, A. Moctezuma-Barragán, P., Burns, E., Monroy, O., Breña, J.A., Hernández-espriú, A. y Espinosa, A.C. (2019). La problemática del agua en México. En M. Mazari-Hiriart y A. Noyola-Robles (Eds.) Crisis ambiental en México. Ruta para el cambio Comité Editorial de la Secretaría de Desarrollo Institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México. (pp. 27-52). Alcaldía de Coyoacán, Ciudad de México, México. UNAM. Recuperado de https://observatorio.susmai.unam.mx/wp-content/uploads/2019_AgendaAmbiental_RED.pdf
- Cárdenas G. y Cárdenas J. (2009). *Agricultura, urbanización y agua*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Recuperado de <http://repositorio.iica.int/handle/11324/11578>
- Campos Experimentales del Valle del Fuerte (CEVAF). (2003). Guía para la asistencia técnica agrícola para el área de influencia del Campo Experimental Valle del Fuerte. Agenda Técnica, 6ª. Edición. México.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2018). Estadísticas del Agua en México. Recuperado de http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf
- Comisión Nacional del Agua (2019a). *Instrumentos de gestión del agua*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/instrumentos-de-gestion-del-agua>
- Comisión Nacional del Agua (2019b). *Usos del Agua*. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua&ver=grafica&o=1&n=nacional>
- Comisión Nacional del Agua (2020). *Títulos y volúmenes de aguas nacionales y bienes inherentes por uso de agua*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/583390/SIN_2020.pdf
- Esparza, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*, (89), 193-219.

- Fernández-Cirelli, A. (2012) El agua: un recurso esencial. *Química viva*, 11 (3), 147-170. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Gabriel, J. (2017). El agua y las consecuencias que esta genera en la agricultura y el medio ambiente. *Journal of the Selva Andina Biosphere*. 5(1), 1-3. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v5n1/v5n1_a01.pdf
- García-Gutiérrez, C., y Rodríguez-Meza, G. D. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3), 1-10. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177005.pdf>
- García Hernández J., Leyva Morales J.B., Martínez Rodríguez I. E., Hernández Ochoa M.I., Aldana Madrid M. L., Rojas García A.E, Betancourt Lozano M., Pérez Herrera N. E., Perera Ríos J. H. (2018). Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34, 29-60. DOI: 10.20937/RICA.2018.34.esp01.03.
- Gobierno de México. IAGUA. (2018). La importancia del agua en el planeta y como cuidarla. Recuperado de <https://www.iagua.es/noticias/imta/importancia-agua-planeta-y-como-cuidarla>
- Gobierno de México (2020). Comisión Nacional del Agua. *Programa Nacional Hídrico 2020-2024*. (PNH) Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua/documentos/programa-nacional-hidrico-pnh-2020-2024>
- González-Farías, F. A., Cisneros-Estrada, X., Escobedo-Urías, D. y López-Hernández, M. (2014). Impacto socio-económico del uso de agroquímicos en distritos de riego (DR 063 Guasave, Sinaloa, y DR de temporal tecnificado 009 El Bejuco, Nayarit). En A.V. Botello, F. Páez-Osuna, L. Méndez-Rodríguez, M. Betancourt-Lozano, S. Álvarez-Borrego & R. Lara-Lara (Eds.), *Pacífico Mexicano. Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias* (pp. 73-100). Ciudad de México, México: UAC, UNAM-ICMYL, CIAD-Mazatlán, CIBNOR, CICESE.
- González-Cadalso, N.C., Ricardo-Ricardo, R. y Beltrán-Barrizonte, J.A. (2016). La agricultura sostenible sobre bases agroecológicas, su impacto en la seguridad nacional cubana. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Universidad de Sancti

- Spiritus “José Martí Pérez”, Cuba. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/09/agricultura.html>
- González-Márquez, L. C., & Hansen, A. M. (2009). Adsorción y mineralización de atrazina y relación con parámetros de suelos del DR 063 Guasave, Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 26(3), 587-599.
- Granados-Galván, I.A., Rodríguez-Meza, D.G., Luna-González, A., González-Ocampo, H.A. (2015). Human health risk assessment of pesticide residues in snappers (*Lutjanus*) fish from the Navachiste Lagoon complex. México. *Mar Poll Bull.* 97(1-2), 178-187. DOI. Org/10.1016/j.marpolbul.2015.06.018.
- Hernández-Antonio, A., y Hansen, A. M. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2), 115-127. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000200003
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2017). Cuentas económicas y ecológicas de México 2017. Comunicado de prensa No. 631/18. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/StmaCntaNal/CtasEcmcasEcolgicas2018_11.pdf
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2021). *PIB y cuentas nacionales*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2010). Guía técnica para el área de influencia del Campo Experimental del Valle de Culiacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Primera edición. Culiacán, Sinaloa, México.
- Leyva-Morales, J., García-De la Parra, L., Bastidas-Bastidas, P., Astorga Rodríguez, J., Bejarano-Trujillo, J., Cruz-Hernández, A., Martínez-Rodríguez, I. y Betancourt-Lozano, M. (2014). Uso de plaguicidas en un valle agrícola tecnificado en el noroeste de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(3), 247-261. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300002&lng=es&tlng=es.

- López, O., Lamela, L., Montejó, I. L. y Sánchez, T. (2015). Influencia de la suplementación con concentrado en la producción de leche de vacas Holstein x Cebú en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 38 (1), 46-54. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v38n1/pyf05115.pdf>
- Martínez-Valenzuela, C., Romano-Casas, G., Cuadras, A. y Ortega, D. (2019). Plaguicidas, impacto en salud y medio ambiente en Sinaloa (México): Implicaciones y retos en gobernanza ambiental. *Trayectorias Humanas Transcontinentales*. (4), 103-122. DOI: 10.25965/trahs.1615. Recuperado de <https://www.unilim.fr/trahs/1615&file=1>
- Masaquiza-Moposita, D. A., Pereda-Mouso, J., Curbelo-Rodríguez, L. M., Figueredo-Calvo, R., y Cervantes-Mena, M. (2017). Intensificación de los sistemas agropecuarios y su relación con la productividad y eficiencia. Resultados con su aplicación: Artículo de Revisión. *Revista de producción Animal*, 29(2), 57-64. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202017000200008
- Montes A.M., González-Farías F.A. y Botello A.V. 2012. Pollution by organochlorine pesticides in Navachiste-Macapule, Sinaloa, Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(3): 1359-136.
- Morandín, I. y Contreras A. (2017). El agua y la sustentabilidad, una visión desde la transdisciplina. En el Tomo IV. *Políticas públicas y territorialidades, de la colección México Rural ante los Retos del Siglo XXI*, Asociación Mexicana de Estudios Rurales, A.C.; Universidad Autónoma Chapingo; Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. México. IV, 167-184. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/327779446_El_agua_y_la_sustentabilidad_una_vision_desde_la_transdisciplina_AMER_2017
- Ochoa-Noriega, C. A., Aznar-Sánchez, J. A., Velasco-Muñoz, J. F., y Álvarez-Bejar, A. (2020). The Use of Water in Agriculture in Mexico and Its Sustainable Management: A Bibliometric Review. *Agronomy*, 10(12), 1957. DOI: 10.3390/agronomy10121957. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/12/1957>

- Organización de las Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2016). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. *Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) (2019). *El sistema alimentario en México. Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/CA2910ES/ca2910es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (UNESCO) (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás*. Recuperado de <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>.
- Ortiz, A. (2014). Intensificación sostenible de la agricultura en América Latina y el Caribe. *Consortio del CGIAR*, Montpellier, Francia. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/265300140_Intensificacion_Sostenible_de_la_Agricultura_en_America_Latina_y_el_Caribe
- Ortiz, S. y Romo, M. (2016). Impactos socioambientales de la gestión del agua en el área natural protegida de Cuatro Ciénegas, Coahuila. *Relación y sociedad*, 28(66): 195-230. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10244884007>
- Pedroza-González, E. e Hinojosa-Cuéllar, G. (2014). *Manejo y distribución del agua en distritos de riego. breve introducción didáctica*. Jiutepec, Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/manejo-dadr/files/assets/common/downloads/publication.pdf
- Peinado-Guevara, V. M., Peinado-Guevara, H. J., Campista-León, S. y Delgado-Rodríguez, O. (2014). Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México. *Estudios Sociales*, 23(46),

- 114–136. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-45572015000200005&script=sci_abstract&tlng=pt
- Ramírez, B., González, A., Valdivia, R., Salas, J., García, J. (2019). Tarifas eficientes para el agua de uso agrícola en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10 (3). Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n3/2007-0934-remexca-10-03-539.pdf>
- Ramírez, M. (2018). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Revista Enfermedades Vanguardistas*. 6(2). Recuperado de <https://revistas.unica.edu.pe/index.php/vanguardia/article/view/210/278>
- Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A. y López-Cruz, I. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 5(2), 177-183. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000200012&lng=es&tlng=es.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2015). *Agenda Técnica Agrícola SINALOA*. Recuperado de https://issuu.com/senasica/docs/25_sinaloa_2015_sin
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2016). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2018). *Agua*. Recuperado de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap6_Agua.pdf
- Zarza, L. (s.f.) ¿Qué es la contaminación del agua? Iagua. Recuperado de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua>

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luis Carlos González Márquez, por su apoyo en la elaboración de la Figura 1.