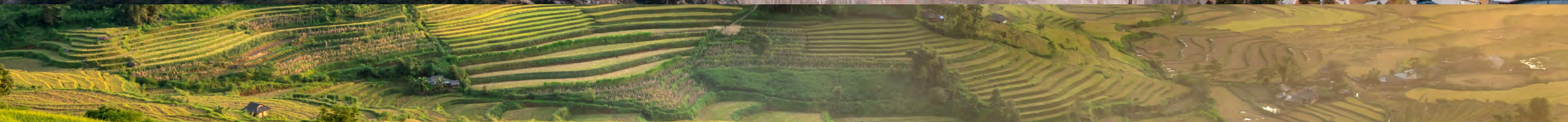


Agricultura, agua y cambio climático en zonas áridas de México

Agriculture, water and climate change in arid zones of Mexico

Salvador E. Lluch-Cota¹, Juan Alberto Velázquez Zapata²,
Cesar Nieto Delgado³





Resumen

En este artículo se expone cómo a pesar de que la ciencia y la tecnología han permitido aumentar históricamente la productividad agrícola, hoy día existen grandes retos derivados del cambio climático y la crisis global de abastecimiento de agua. Se comentan algunas medidas de adaptación y manejo del recurso agua, con algunas referencias a nuestra realidad nacional, y se argumenta cómo el enfoque de Nexo, que implica la toma de decisiones sobre el uso del recurso agua de forma transectorial, representa una alternativa de adaptación al cambio climático.

Palabras clave: Cambio climático, agricultura, agua, Nexo, adaptación.

Abstract

This article exposes how, even though science and technology have historically increased agricultural productivity, today there are great challenges derived from Climate Change and the global water supply crisis. Some measures of adaptation and management of the water resource are commented, with some references to our national reality, and it is argued how the Nexus approach, which implies making decisions on the use of the water resource in a cross-sectoral way, represents an adaptation alternative to climate change.

Keywords: Climate change, agriculture, water, nexus, adaptation.

Antecedentes

Desde hace unos 11,500 años, cuando el humano inició la domesticación de las plantas, la agricultura se ha venido consolidando como la principal fuente de alimento en nuestras sociedades y, por lo tanto, en un tema clave para el desarrollo científico y tecnológico. Durante los últimos siglos, la imaginación de la humanidad ha logrado revertir la visión Maltusiana de la agricultura como factor limitante del crecimiento poblacional. Allá por finales de los 1700's, Thomas Malthus decía que mientras que la población humana crecía a un ritmo exponencial (1, 2, 4, 8, 16, 32...), la producción agrícola

Recursos Naturales y Sociedad, 2022. Vol. 8 (2): 35-47. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2022.08.08.02.0004>

¹ Programa de Ecología Pesquera del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

² Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, El Colegio de San Luis, A.C.

³ División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

*slluch@cibnor.mx

lo hacía de forma aritmética (1, 2, 3, 4, 5, 6...), de manera que llegaría un momento en que la cantidad de alimento sería insuficiente para la población. Sin embargo, grandes aportaciones tecnológicas a lo largo del tiempo, desde la máquina sembradora de Jethro Tull a inicios del siglo XVIII, hasta el uso de los sistemas inteligentes y sensorizados en la agricultura tecnificada del siglo XXI, han permitido aumentar la producción agrícola a niveles sin precedente.

Si bien algunos inventos disruptivos marcaron época, en realidad podríamos ver los últimos 300 años como una permanente revolución verde. Pero, lejos de haber terminado la tarea, hoy enfrentamos nuevos retos que demandan urgentemente aplicar de nuevo nuestro ingenio y conocimiento. Quizá el mayor de ellos es el cambio climático.

Cambio climático y agricultura

La agricultura representa globalmente la principal fuente de empleo y en muchas regiones la única alternativa de subsistencia para la población rural. Al mismo tiempo, es una de las actividades más fuertemente afectadas por el cambio climático, lo que ubica a los agricultores como uno de los componentes de la sociedad en peores condiciones de vulnerabilidad.

Los desastres asociados a la variabilidad del clima y los eventos extremos, como sequías e inundaciones, son, junto con la incidencia de plagas y enfermedades de las plantas, factores afectados por el cambio climático y las principales causas de variaciones en la producción agrícola.

Adicionalmente, el efecto directo del cambio del clima (humedad y temperatura) en el desempeño fisiológico de las plantas (su crecimiento) y las alteraciones en la fenología (la relación entre los cambios estacionales del

clima y el desarrollo del cultivo), pueden afectar el rendimiento de los cultivos.

Sin embargo, de entre todos los aspectos relacionados con agricultura ante el cambio climático, la disponibilidad de agua para los cultivos, sean de temporal o por riego, es quizá la mayor preocupación y, en algunas regiones es ya una realidad que limita la viabilidad de la actividad agrícola y pone en riesgo la seguridad alimentaria (Jans et al., 2021).

Además del clima, diversas intervenciones humanas afectan también el ciclo del agua. Se calcula, por ejemplo, que el impacto de la extracción para uso humano directo es equivalente al impacto del cambio de uso de suelo, y que juntos producen afectaciones importantes, especialmente a niveles local y regional (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

La propia agricultura afecta el ciclo del agua



a través de modificar la permeabilidad del suelo y el microclima, y por supuesto por su consumo.

En agricultura, a diferencia de otros sectores, la mayor parte del agua utilizada deja de estar disponible para otros usos. En todo el mundo, pero especialmente en países en desarrollo, la agricultura es el sector que utiliza más agua, concentrando entre 60 y a hasta un 90% del total en algunas regiones.

Situación en México

En México, la agricultura consume del orden de 67.8 hm³, que representan el 75.7% del total de agua extraída (CONAGUA, 2020).

El 66 % de la actividad agropecuaria se realiza en unidades productivas menores a 5 hectáreas y más de tres cuartas partes de los cuatro millones de unidades productivas dedicadas a la agricultura en México se encuentran en niveles de subsistencia, dedicadas principalmente a maíz y frijol para autoconsumo y con nulo o muy bajo nivel de apropiación de avances tecnológicos (Monterroso et al., 2015).

Existen algunos estudios sobre los potenciales impactos del cambio climático en la agricultura de México. Se ha estimado, por ejemplo, que la superficie apta para el cultivo de maíz podría reducirse a nivel nacional en alrededor de 4% (Monterroso et al., 2011), con manifestaciones regionales que alcanzan 36 % en algunos sitios del centro del país (Monterroso et al., 2015). Los impactos más fuertes se esperarían en las regiones noreste y sur del país (Murray-Tortarolo et al., 2018). En el caso del cultivo de café se estima que el cambio de temperatura podría generar reducciones de rendimiento de entre 7 y 34 % (Estrada et al., 2012) y para trigo en hasta 50 % en la región noroeste

del territorio nacional (Monterroso et al., 2015). Por su parte, Hernández-Ochoa et al. (2018) simularon que, considerando incremento de temperatura, cambios en los patrones de lluvia y el aumento de CO₂ atmosférico, la producción nacional de trigo podría reducirse entre 6.9% y 7.9%, dependiendo el escenario.

Sin embargo, se requiere aún un esfuerzo importante para explorar los impactos del cambio climático en la agricultura considerando su conexión con otros sectores, como el hídrico y el energético, y para el diseño, validación y transferencia eficaz de medidas de adaptación.

Las regiones áridas y semiáridas enfrentan los mayores retos en cuanto a la optimización del recurso agua (Martínez-Austria et al., 2017; Figura 1), pero factores como su cercanía a ciudades y regiones con diferente clima, hacen que sea necesario pensar en la

necesidad de medidas de adaptación hechas a la medida. Por ejemplo, el estado de San Luis Potosí tiene en su territorio desde regiones húmedas (Huasteca, con precipitación promedio anual de 1350 mm) hasta áridas (Altiplano, con precipitación promedio anual de 300 mm).

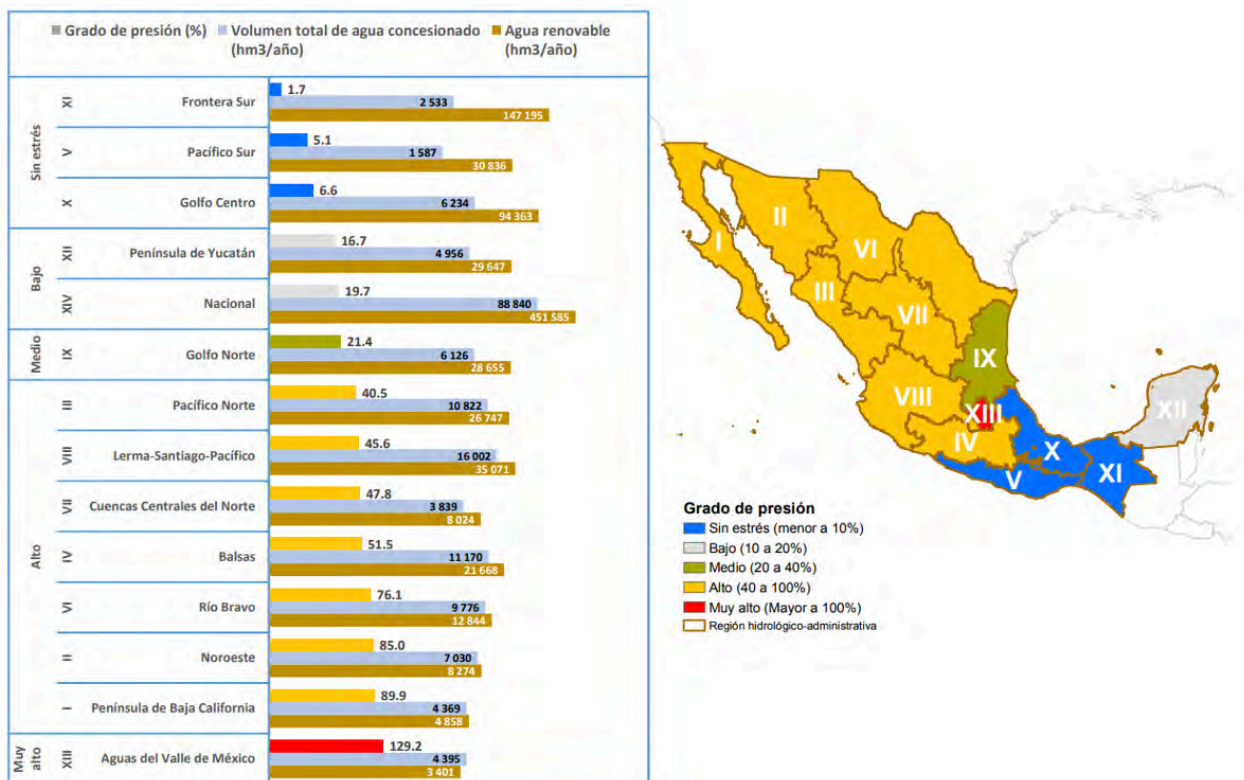


Figura 1. Presión sobre el recurso hídrico por región hidrológica administrativa de México. Se calcula como la proporción del agua consumida por diferentes sectores respecto al agua renovable. Tomado de CONAGUA (2019; Estadísticas del Agua en México 2019).

Los modelos climáticos proyectan impactos diferenciados, con disminuciones de la precipitación de alrededor del 10% para la región húmeda y del 30% para la región árida (para el periodo 2045-2069 respecto al periodo 1961-2000), al mismo tiempo se estima un aumento de la temperatura promedio de 2°C, lo que llevaría a un aumento de la evapotranspiración del agua de lluvia, fenómeno que incrementaría aún más la aridez de la zona.

La población de la zona árida del Altiplano de San Luis Potosí enfrenta ya condiciones de vulnerabilidad en el acceso y uso del agua, especialmente de la población rural que se dedica a actividades de agricultura y ganadería, ya que no existen grandes ríos ni embalses de agua en la zona, además de enfrentarse periódicamente a periodos de sequía. En esta zona árida existe un polo urbano e industrial importante en la capital del estado, y para dotarla de agua se tiene que hacer uso de agua subterránea en condiciones de

sobreexplotación de los mantos acuíferos, además del trasvase de agua desde otras cuencas localizadas a cientos de kilómetros. En este, como en muchos casos a lo largo y ancho del territorio nacional, es urgente implementar esquemas más eficientes y sustentables de gestión del agua.

Adaptación del sector agricultura al cambio climático

Además de diversas estrategias en el terreno económico y de mercado, la adaptación de la agricultura ante el cambio climático se puede visualizar en tres grandes vertientes: el desarrollo de cultivares (plantas obtenidas por selección genética) y la selección de variedades (tipos de plantas ya existentes en la naturaleza, escogidas por sus características), el cambio de los patrones y manejo de los cultivos y la administración del agua (Ruíz-Corral, 2012; Bezner Kerr et al., 2022).

El desarrollo de cultivares y la selección de variedades ha mostrado ser una medida de adaptación efectiva ante los efectos del cambio climático (IPCC, 2014). La secuenciación del genoma de las plantas permite identificar rápidamente a genes responsables de características de las plantas, que son deseables para reducir la vulnerabilidad de los cultivos, particularmente la resistencia a estrés por factores como la falta de agua, altas temperaturas, plagas o las enfermedades más comunes (Broznska et al., 2016). Además del enorme reto científico y tecnológico que representan en sí la secuenciación, el desarrollo de cultivares y la traslocación de variedades, un elemento clave de esta medida de adaptación, especialmente en países como el nuestro, será hacer accesible este tipo de conocimiento y desarrollos a la gran mayoría de las unidades productivas y evitar que se incremente la brecha tecnológica entre los pocos agricultores con altos niveles de eficiencia y rentabilidad,

que podrían tener acceso a este conocimiento, y la gran mayoría, operando sobre la base de conocimiento tradicional, con mayor marginación y con bajo o nulo acceso a financiamiento (Heinemann et al., 2018).

Respecto del cambio en los patrones de cultivo, una ruta que se está investigando es incrementar la resiliencia y productividad ante condiciones de cambio climático a través de aumentar la diversidad de plantas en cultivo (Snapp et al., 2021; Bezner Kerr et al., 2022). Esto incluye arreglos de diferentes plantas de forma simultánea (policultivos), rotación de cultivos y los sistemas agroforestales (combinación de cultivos de pastizales y árboles). Otra forma de cambio en la estrategia de cultivos es la transformación de cultivos de temporal, dependientes de la lluvia, a cultivos de riego. Esta estrategia permite reducir la vulnerabilidad del productor

ante eventos extremos, especialmente sequía o cambio estacional del patrón de lluvia, pero aumenta la demanda de agua (Jans et al., 2021), por lo que su implementación debe estar basada en un análisis cauteloso.

Mejorar la forma en que se maneja el agua en el sector agrícola pareciera ser una medida ineludible, tanto en términos de adaptación ante el cambio climático como para reducir los conflictos entre sectores que utilizan este recurso, cada vez más escaso en muchas regiones.

Una alternativa son las estrategias de riego eficiente, que consisten en esquemas de riego que cubren los requerimientos de agua para el cultivo en cada una de las distintas etapas de su desarrollo. Para esto se utilizan modelos que consideran diversos factores, como el tipo y la variedad del cultivo, las propiedades del suelo, la calidad del agua y las condiciones climáticas, para suministrar únicamente la cantidad de agua necesaria para asegurar el rendimiento del cultivo y se evitan desperdicios por sobre riego. Las prácticas de riego eficiente pueden reducir consumo de agua hasta en un 30-70% y puede aumentar el rendimiento de los cultivos entre un 20 y un 90%.

Otra alternativa para disminuir la huella hídrica de la agricultura es el utilizar para riego las aguas residuales municipales, también conocidas como aguas negras. Las aguas negras, contienen una cantidad pequeña de sólidos suspendidos y compuestos orgánicos e inorgánicos solubles, entre los cuales pueden encontrarse una variedad de compuestos con un efecto negativo sobre el ambiente o generar un riesgo a la salud, tales como metales pesados, compuestos carcinogénicos y microorganismos patógenos que pueden sobrevivir en el ambiente por largos periodos.

Por esta razón, para poder utilizar las aguas residuales en la agricultura es necesario que antes pasen por un

sistema de tratamiento, en donde, mediante distintas operaciones, se eliminan los compuestos tóxicos e inactivan los patógenos que pueden ocasionar enfermedades (Iticescu et al., 2021).

Una limitante importante en todas estas estrategias es la factibilidad de aplicación.

Para que realmente los agricultores modifiquen sus esquemas de trabajo, es necesario transmitir el conocimiento de forma eficiente y demostrar la viabilidad de la intervención al punto en que los agricultores se apropien de la misma. En algunos casos, esto se ha logrado de forma incremental, modificando poco a poco las prácticas a medida que la percepción del agricultor va cambiando y se van integrando de forma eficiente los conocimientos técnicos y científicos nuevos con el conocimiento tradicional. Por ejemplo, el fitomejoramiento participativo (PPB, por sus siglas en inglés) es



una estrategia diseñada para facilitar la interacción entre los componentes indígena y de conocimiento tradicional de los agricultores con la investigación científica para generar, como opción de adaptación, las variedades mejor adaptadas tanto para el contexto socio ecológico como de presión climática (Singh et al., 2020).

Igualmente, se reconoce que la participación de los agricultores resulta crucial para evaluar en el tiempo el desempeño de las estrategias (Benzer Kerr et al., 2022).

Paradójicamente, un beneficio potencial de los desastres y las pérdidas de cosecha por eventos climáticos es que, al influir fuertemente en la percepción de riesgo por parte de los productores, pueden contribuir a acelerar el proceso de apropiación del conocimiento, pero, aún en dichas circunstancias, se requiere una adecuada estrategia de extensionismo.

Más aún, en el diseño de estrategias para la transición de los sistemas agrícolas hacia condiciones más resilientes al cambio climático, es indispensable considerar y atender las inequidades sociales, tanto en los mercados y la gobernanza como en la toma de decisiones sobre el uso de los recursos (Bezner Kerr et al., 2022), para evitar resultados indeseables (maladaptación), como el propio incremento de dichas inequidades (Taylor y Bhasme, 2020; Eriksen et al., 2021).

La visión del Nexo

La visión de Nexo, promovida por las Naciones Unidas (UNESCO, ONU-Agua, 2020), implica reconocer que diferentes sectores comparten y potencialmente compiten por un mismo recurso. Se trata de un enfoque que representa enormes retos en su implementación por la complejidad en las

estructuras de gobernanza involucradas (Hogeboom et al., 2021), tales como la inclusión efectiva de los componentes social y ambiental y su aplicación en escalas regional y local (Simpson y Jewitt, 2019) y, sin embargo, es reconocido por su potencial para el diseño de intervenciones transectoriales basadas en una mejor comprensión de los procesos y compromisos entre ellos (Albrecht et al., 2018; Caretta et al., 2022).

En el caso del agua, existen diversas regiones en el planeta donde la escasez actual o proyectada genera conflictos entre el consumo directo, la industria, la generación de energía, la producción de alimento y la preservación de ecosistemas.

En el caso de la agricultura, es claro que a través de medidas de manejo se podría modificar su demanda de agua y, por lo tanto, afectar la disponibilidad de ésta para otros sectores. Si la

estrategia fuera reducir la cantidad de agua consumida, se reducirían los conflictos intersectoriales (y en algunos casos incluso transfronterizos), mientras que un aumento de la demanda de agua, como en la transformación de cultivos de temporal a riego, aumentaría la necesidad de medidas de manejo integral del agua con un enfoque intersectorial (por ejemplo, la implementación de compensaciones entre sectores por el uso del recurso).

Mejorar el tratamiento del agua, especialmente de aguas residuales, genera diversos beneficios en términos del cambio climático, desde reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (el agua no tratada es una importante fuente de éstos) hasta reducir la necesidad de consumo energético para extracción. Pero, además, el tratamiento de aguas permite reutilizar el recurso

entre sectores, reduciendo el consumo total y las causas de posibles conflictos intersectoriales.

De lograrse, la visión del manejo integral del Nexo permitiría tomar las mejores decisiones para todos los sectores en su conjunto, optimizar el uso del recurso agua a nivel regional y reducir conflictos. Sin embargo, su implementación real y completa enfrenta una colección de retos.

Por ejemplo, lograr que agencias independientes, como las encargadas de la política agraria, de la política energética, de la generación y distribución de energía, del tratamiento y distribución del agua, de la política científica y tecnológica, así como los productores y sus organizaciones, se sienten y tomen decisiones que beneficien a todos, aun cuando los beneficios directos de alguno de los sectores no sean inmediatos o claros y, de la mano con lo anterior, el hecho de que el marco normativo y legal en la gran mayoría de los países no está preparado para esta forma de toma de decisiones.

Consideraciones finales

Hay mucho que hacer en el terreno de la administración pública. En términos del sector agrícola, las opciones de adaptación al cambio climático van desde las tecnológicas, como manejo de cultivos y la mejora de cultivares hasta la diversificación económica y el diseño de estrategias de aseguramiento. Por su parte, el manejo del recurso hídrico presenta complicaciones particulares derivadas de su transversalidad entre sectores, por lo que enfoques como el del Nexo resultan relevantes para la integración de procesos, intereses y estructuras de gobernanza. En ambos casos, la participación de diferentes actores es una condicionante para la adaptación.



Existen evidencias sólidas de que la compartición de responsabilidades y la integración de conocimiento, local, indígena y técnico-científico, complementan al financiamiento y la gobernanza participativa en la búsqueda de la seguridad hídrica y la resiliencia de los sistemas productivos agrícolas ante el cambio climático.

También hay fuertes retos científicos y tecnológicos.

Para que un manejo integral del recurso agua se pudiera dar, parece indispensable que los tomadores de decisiones cuenten con herramientas útiles, como sistemas de información y modelos para la exploración de escenarios (tanto de consumo de agua y desempeño de cada uno de los sectores, como de beneficios sociales y económicos), que existan alternativas viables de aplicaciones tecnológicas (como el uso de energías alternativas o de tratamiento

de aguas), y, por supuesto, la aplicación de las ciencias sociales que permitan detectar, ponderar y afrontar las inquietudes de los diversos sectores de la sociedad.

Agradecimientos

Al proyecto FORDECYT 297525 Evaluación y optimización de los recursos hídricos en el Nexo agricultura-sociedad-industria en tres zonas del país: árida, bajío y tropical, hacia un modelo de transferencia y política pública. Al Lic. Gerardo Hernández por el Diseño Gráfico Editorial.

Literatura citada

- Albrecht, T. R., Crootof, A. Scott, C.A. 2018. *The Water-Energy-Food Nexus: A systematic review of methods for 16 nexus assessment*. Environmental Research Letters 13 (4): 043002.
- Bezner Kerr, R., T. Hasegawa, R. Lasco, I. Bhatt, D. Deryng, A. Farrell, H. Gurney-Smith, H. Ju, S. Lluch-Cota, F. Meza, G. Nelson, et al. 2022. *Food, Fibre, and Other Ecosystem Products*. En: H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds.). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. In Press.
- Brozynska, M., Furtado, A., Henry, R.J. 2016. *Genomics of crop wild relatives: expanding the gene pool for crop improvement*. Plant Biotechnology Journal 14: 1070-1085.

- Caretta, M.A., Mukherji, A., Arfanuzzaman, M., Betts, R.A., Gelfan, A., Hirabayashi, Y., Katharina, Lissner, T., Lopez Gunn, E., Liu, J., Morgan, R. et al. 2022. *Water*. En: H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds.). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. In Press.
- CONAGUA. 2020. *Estadísticas del Agua en México 2019*. En: http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf, Consultado 04 julio 2022.
- CONAGUA. 2020. *Tablero SINA: Registro Público de Derechos de Agua (Repda) / Volúmenes inscritos*. En: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua>. Consultado 04 julio 2022.
- Eriksen, S., Schipper, E.L., Scoville-Simonds, M., Vincente, K., Nicolai Adam, H., Brooks, N., Harding, B., Khatri, D., Lenaerts, L., Liverman, D. et al. 2021. *Adaptation interventions and their effect on vulnerability in developing countries: Help, hindrance or irrelevance?* World Development. 141: 105383-105383.
- Estrada, F., Gay, C., Conde, C. 2012. *A methodology for the risk assessment of climate variability and change under uncertainty. A case study: coffee production in Veracruz*. Climatic Change 113: 455-479.
- Heinemann, J., D. S. Coray and D. S. Thaler. 2018. *Exploratory fact-finding scoping study on "digital sequence information" on genetic resources for food and agriculture*. Background Study Paper No. 68. UN FAO Rome.
- Hernandez-Ochoa, I.M., Asseng, S., Kassie, B.T., Xiong, W., Robertson, R., Luz Pequeno, D.N., Sonderd, K., Reynolds, M., Ali Babar, M., Molero Miland, A., Hoogenboomf, G. 2018. *Climate change impact on Mexico wheat production*. Agricultural and Forest Meteorology 263: 373-387.
- 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. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Iticescu, C., Georgescu, P.L., Arseni, M., Rosu, A., Timofti, M.m., Carp, G., Cioca, L.I. 2021. *Optimal Solutions for the Use of Sewage Sludge on Agricultural Lands*. Water 13: 585.
- Jans, Y., von Bloh, W., Schaphoff, S., Muller, C. 2021. *Global cotton production under climate change - Implications for yield and water consumption*. Hydrology and Earth Systems Science 25(4): 2027-2044.



- Martínez-Austria, P.F., Díaz Delgado, C., Moeller Chávez, G. 2017. *Seguridad Hídrica en México*. Academia de Ingeniería México. Ciudad de México. 35pp.
- Monterroso-Rivas, A., Conde-Álvarez, C., Rosales-Dorantes, G., Gómez-Díaz, J., Gay-García, C. 2011. *Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México*. *Atmósfera* 24: 53-67.
- Monterroso Rivas, A.I., Gómez Díaz, J.D., Sáenz Romero, C., Lluch Cota, S.E., Pérez Espejo, R., Salvadeo, C.J., Lluch Cota, D.B., Saldívar Lucio, R.E., Ponce Díaz, G., Martínez Córdova, C., Ramírez-García, G., Baca del Moral, J. 2015. Pp. 97-118. *Sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria*. En: Gay-García, C., Cos Gutiérrez, A., Peña Ledón, C.T. (Eds). *Reporte mexicano de cambio climático: Grupo II impactos, vulnerabilidad y adaptación*. Universidad Nacional Autónoma de México. 366pp.
- Murray-Tortarolo, G., Jaramillo, V.J., Larsen, J. 2018. *Food security and climate change: the case of rainfed maize production in Mexico*. *Agricultural and Forest Meteorology* 253-254: 124-131.
- Ruiz-Corral, J.A. 2012. *Adaptar la agricultura al cambio climático*. *Ciencia* 63(4): 76-83.
- Singha, R.P., Chintagunta, A.D., Agarwal, D.K., Kureel, R.S., Jeevan Kumarc, S.O. 2020. *Varietal replacement rate: Prospects and challenges for global food security*. *Global Food Security* 25: 100324
- Snapp, S., Kebede, Y., Wollenberg, E., Dittmer, K.M., Brickman, S., Egler, C., Shelton, S. 2021. *Agroecology and climate change rapid evidence review: Performance of agroecological approaches in low- and middle- income countries*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAAFS). Wageningen, The Netherlands. 62pp.
- Taylor, M., Bhasme, S. 2020. *Between deficit rains and surplus populations: The political ecology of a climate-resilient village in South India*. *Geoforum* 126: 431-440.
- UNESCO. 2020. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático*. En: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373611.locale=es>. Consultado 15 Julio 2021.

Cita

Lluch-Cota, S.E, Velázquez Zapata J.A., y Nieto Delgado C. 2022. Agricultura, agua y cambio climático en zonas áridas de México. Recursos Naturales y Sociedad, 2022. Vol. 8 (2): 35-47. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2022.08.08.02.0004>

Sometido: 3 de abril de 2022

Revisado: 14 de mayo de 2022

Aceptado: 17 de agosto de 2022

Editora asociada: Dra. Alejandra Nieto Garibay.

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández

Fotografías de portada de artículo: [pexels-matt-jerome-connor-14242145.jpg](#), [landscape-sea-tree-nature-rock-horizon-983385-pxhere.com.jpg](#), [kees-streefkerk-J53W1WxdSog-unsplash.jpg](#), [pexels-quang-nguyen-vinh-14036100.jpg](#)