AGRICULTURA Y MANEJO DEL AGUA EN MÉXICO.

Estudio geográfico del agua para riego en los cultivos de maíz y frijol.





Tomo 3

Colección:
Procesos socioambientales y transformación del paisaje en México

José Luis **Montesillo Cedillo**
María del Carmen **Magallanes Méndez**
Irma Eugenia **García López**
José Manuel **Pérez Sánchez**
José Isabel **Juan Pérez**

Tomo 3

Agricultura y manejo del agua en México. Estudio geográfico del agua para riego en los cultivos de maíz y frijol
Tomo 3

José Luis Montesillo Cedillo
María del Carmen Magallanes Méndez
Irma Eugenia García López
José Manuel Pérez Sánchez
José Isabel Juan Pérez

Colección:
Procesos socioambientales y transformación del paisaje en México

2025

Sociedad Hijos de Calimaya, A.C.
Registro Federal de las Organizaciones de la Sociedad Civil. Clave Única de Inscripción (CLUNI): HCA1305271501E
CONAHCYT-Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas: 1900693

José Isabel Juan Pérez
Imagen de portada

José Trinidad Solares Hernández
Diseño de portada y contra portada

Gisela Arriaga Romero y Juan Fernando Becerril Hernández
Corrección de estilo

Armando Arriaga Rivera
Diseño, producción editorial y formación

D.R. © Sociedad Hijos de Calimaya A. C., Calimaya de Díaz González, Calimaya, Estado de México.
Primera edición: marzo de 2025
ISBN: 978-607-98906-1-2 (Colección digital)
ISBN: 978-607-26949-0-3 (Tomo 3 digital)

Colección: Procesos socioambientales y transformación del paisaje en México
Agricultura y manejo del agua en México. Estudio geográfico del agua para riego en los cultivos de maíz y frijol. Tomo 3
José Luis Montesillo Cedillo
María del Carmen Magallanes Méndez
Irma Eugenia García López
José Manuel Pérez Sánchez
José Isabel Juan Pérez

Las opiniones y puntos de vista expresados en la presente obra son responsabilidad única y exclusiva de los autores y no necesariamente representan las opiniones o posiciones de la editorial, y las de sus integrantes.

Esta obra ha sido evaluada por pares académicos ciegos. Esta publicación no podrá ser reproducida total o parcialmente, incluyendo el diseño de portada; tampoco podrá ser trasmitida ni utilizada de ninguna manera por algún medio, ya sea electrónico, mecánico, electromecánico o de otro tipo sin autorización por escrito de los autores o editores.

Impreso y hecho en México.

Contenido

Agradecimientos 5

Introducción 9

Capítulo 1. *Ambiente, cultura y gestión del agua en México* 19

1.1 Caracterización general del territorio mexicano 19
1.2 Generalidades del determinismo geográfico, posibilismo geográfico y ecología cultural 21
1.3 Componentes fisiográficos y agricultura 23
1.4 Esbozo sociocultural de la relación entre el agua y la agricultura en México 26
1.5 Administración y gestión del agua en México 29
1.6 Regiones hidrológico-administrativas: beneficios y funciones 34
1.7 Distribución del uso del agua en las regiones hidrológico-administrativas 33
1.8 Régimen de propiedad ejidal y pequeños propietarios 47
1.9 Fuentes de abastecimiento de agua 51
1.10 Dinámica poblacional en la regiones hidrológico-administrativas 55

Capítulo 2. *Organización de los sistemas de riego* 59

2.1 Los sistemas de riego en México 59
2.2 Distrito de Riego 041 (DR 041) Río Yaqui, Sonora 62
2.3 Distrito de Riego 010 (DR 010) Culiacán-Humaya, Sinaloa 64

Capítulo 3. *Calidad del agua en los distritos de riego* 69

3.1 Calidad del agua 69
3.1.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 70
3.1.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO) 73
3.1.3 Sólidos Suspendidos Totales (SST) 77
3.1.4 Coliformes fecales (CF) 81
3.2 Calidad del agua subterránea 83
3.3 Presión sobre el recurso agua 84
3.4 Sobreexplotación de acuíferos 86
3.5 Grado de salinización en los Suelos y Aguas Subterráneas Salobres 88

Capítulo 4. *Producción agrícola de maíz y frijol* 91

4.1 Esbozo general de la producción de frijol y maíz en México 91
4.2 Cultivo de frijol alubia 91
4.3 Cultivo de frijol asociado 97
4.4 Cultivo de maíz asociado 102
4.5 Cultivo de maíz elotero 107
4.6 Cultivo de maíz forrajero 112
4.7 Cultivo de maíz de grano 118
4.8 Cultivo de maíz palomero 123

Capítulo 5. *Estudio geográfico: uso del agua y sistemas agrícolas* 125

5.1 Región hidrológico-administrativa (RHA I): Península de Baja California 125
5.2 Región Hidrológico-administrativa (RHA II): Noroeste 128
5.3 Región hidrológico-administrativa (RHA III): Pacífico norte 131
5.4 Región Hidrológico-administrativa (RHA IV): Balsas 135
5.5 Región Hidrológico-administrativa (RHA V): Pacífico sur 139
5.6 Región Hidrológico-administrativa (RHA VI): Río Bravo 142
5.7 Región Hidrológico-administrativa (RHA VII): Cuencas centrales del norte 148
5.8 Región Hidrológico-administrativa (RHA VIII): Lerma-Santiago-Pacífico 150
5.9 Región Hidrológico-administrativa (RHA IX): Golfo norte 155
5.10 Región Hidrológico-administrativa (RHA X): Golfo centro 159
5.11 Región Hidrológico-administrativa (RHA XI): Frontera sur 161
5.12 Región Hidrológico-administrativa (RHA XII): Península de Yucatán 164
5.13 Región Hidrológico-administrativa (RHA XIII): Valle de México 167

Capítulo 6. *Aptitud y uso potencial agrícola en México* 173

6.1 Análisis multicriterio 173
6.2 Categorías de uso del suelo 173
6.2.1 Tipos de suelo 173
6.2.2 Variable temperatura 175
6.2.3 Variable precipitación 176
6.2.4 Variable: altitud 179
6.2.5 Variable: topoformas (relieve) 179
6.3 Mecanismos de abastecimiento de agua para riego 182
6.4 Aptitud agrícola 182
6.5 Uso potencial agrícola en México 183
6.6 Aptitud agrícola de las regiones hidrológico-administrativas 185

Reflexiones finales 191

Bibliografía 197

Agradecimientos

La publicación de este libro fue posible gracias al apoyo de varias instituciones, investigadoras, investigadores y profesionistas de diversas disciplinas y estudiantes. En primera instancia se externa un agradecimiento al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo en el financiamiento del proyecto de investigación "Fundamentos ecológico-culturales vs. Principios geográficos clásicos: Nuevos enfoques para investigar la sostenibilidad y los sistemas agrícolas en México" relacionado con la convocatoria Ciencia Básica y/o Ciencia de Frontera. Modalidad: Paradigmas y Controversias de la Ciencia 2022, con número de referencia 320107. El proyecto de investigación consistió en tres etapas y en cada una de éstas se recibió apoyo para el desarrollo de las actividades, tanto para trabajo de gabinete como para trabajo de campo, y en consecuencia para la publicación de este libro. Con el apoyo del CONAHCYT fue posible involucrar a especialistas de disciplinas sociales, naturales y de aplicación de herramientas de sistemas de información geográfica, todos con un propósito común, estudiar la interacción entre los componentes fisiográficos y culturales que intervienen, influyen, condicionan o determinan la producción de maíz y frijol en el territorio mexicano.

En segunda instancia se agradece al Centro de Investigación Multidisciplinaria en Educación (CIME) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) por el apoyo recibido en las actividades de gestión y administrativas para el cumplimiento de los objetivos y metas del proyecto, asimismo, por otorgar espacios para que los profesores (colaboradores), estudiantes (becarios), investigadores asociados y profesionistas participantes en el proyecto en la modalidad de servicios por honorarios, realizarán de manera satisfactoria las actividades teóricas, metodológicas y de trabajo de campo. En especial a la doctora en ciencias sociales Ana María Reyes Fabela, Coordinadora del CIME, por su apoyo incondicional en la autorización para asistencia y participación a eventos académicos nacionales e internacionales y presentar los resultados de la investigación, asimismo, por otorgar comisiones oficiales para realizar actividades de trabajo de campo en varios lugares del territorio mexicano.

En este proyecto participaron de manera directa e indirecta varias investigadoras, investigadores y estudiantes de licenciatura y posgrado de la Universidad Autónoma del Estado de México, por lo que se hace extensivo un agradecimiento a la doctora Irma Eugenia García López y al doctor José Luis Montesillo Cedillo, integrantes del Cuerpo Académico "Universidad y Desarrollo Humano" y autores de este libro, se les agradece su participación por el apoyo recibido con relación a la integración de los capítulos de este libro, la revisión final y sugerencias para mejorar la calidad en la presentación de la información estadística.

Hago extensivo mi agradecimiento al doctor en antropología social José Manuel Pérez Sánchez (autor) por el apoyo recibido en el análisis teórico del componente cultura en el contexto ambiental de las actividades agrícolas de México. Su apoyo en las actividades de trabajo de campo, así como en la presentación de resultados en los eventos académicos nacionales e internacionales fue valioso. A la doctora en educación María del Carmen Magallanes Méndez (autora) también se le hace extensivo mi agradecimiento, esto en virtud de su participación en la revisión de la información recopilada, el apoyo económico para realizar trabajo de campo en municipios del Valle de Toluca, la elaboración de los mapas y las sugerencias en la secuencia lógica del contenido para la integración de los capítulos de este libro.

Como responsable técnico del proyecto de investigación reitero especiales agradecimientos a todos los estudiantes de licenciatura y posgrado (becarios, tesistas, de servicio social, prácticas profesionales), investigadores asociados y profesionistas que participaron en la modalidad de servicios profesionales por honorarios. Externo mis agradecimientos al maestro en análisis espacial y geoinformática Marco Antonio Cruz Peralta y doctor en humanidades estudios históricos Armando Arriaga Rivera, por su participación en la elaboración de los informes y coordinación de las actividades con los estudiantes.

Al doctor en ciencias ambientales José Carmen García Flores agradezco su ayuda al aportar al proyecto de investigación algunos fundamentos teóricos relacionados con la percepción que tienen los campesinos hacía la agricultura contemporánea, asimismo, por incidir de manera directa en la continuidad de las actividades de la fase uno y fase dos. Se agradece su apoyo en la organización de coloquios vinculados con la cuestión agrícola en México, y desde luego, por considerar en sus actividades de difusión a los participantes de este proyecto.

En este proyecto la participación de los estudiantes fue muy valiosa, toda vez que trabajaron de manera ininterrumpida, con dedicación y aplicando sus conocimientos teóricos y metodológicos en las actividades y procesos, por esta razón, me permito reconocer y hacer extensivos mis agradecimientos. Por haber sido un proyecto de ámbito nacional y desarrollado en tres etapas, entonces, participaron estudiantes de diversas licenciaturas, algunos de manera

incondicional estuvieron presentes hasta la integración, corrección y revisión en las últimas etapas de este libro. Los estudiantes participantes en el proyecto fueron: José Francisco Chávez Castillo, Ernesto Medrano Aramis, José Eduardo Hernández Valdés, Erika de Jesús Cruz, Areli Arana Francisco, Galilea Sánchez Torres, José Luis García Martínez, Paloma Darei García Rosario, Cristián Gómez Gómez, Víctor Fernando León García, Fernanda Itzel Pedro Fuentes, Ana Evelyn Rico Rojas y Mario Aldair Ochoa Cazares.

La aplicación de técnicas en trabajo de campo fue fundamental, principalmente en la toma de fotografías, registro de datos y observaciones directas en los sistemas de cultivo de maíz y frijol, asimismo, a la infraestructura y funcionamiento de los sistemas de riego. En este sentido, agradezco el apoyo, participación y acompañamiento del señor Gerardo Flores Orozco y Brian Emir Gersain Ochoa Cazares. Siempre estaré agradecido por su disposición y voluntad.

Por otra parte, es digno agradecer a las personas que apoyaron en la explicación del funcionamiento de los sistemas de riego, el crecimiento y desarrollo de los cultivos de maíz y frijol, los insumos agrícolas, la organización social para el desarrollo de las actividades y procesos agrícolas, y por supuesto, por haber brindado hospedaje y alimentación en el medio rural, asimismo, por guiar a los participantes del proyecto en los recorridos de campo para observar los cultivos y el manejo del agua, de esta manera, agradezco todas las atenciones de los habitantes de las comunidades rurales de los Estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Michoacán, Chiapas, Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche y el Estado de México. Gracias a los campesinos de las comunidades rurales de los municipios de Zumpahuacán, Luvianos y Villa Guerrero (Estado de México), por todo su apoyo, en especial a Alberto Donato Álvarez Dorantes, Luis Alberto Ortiz Montes de Oca, Marcos Mendiola Cuellar, Laura García Raíz, Agustín Pérez Jaramillo y Carmelo Méndez Villalba.

José Isabel Juan Pérez

Introducción

El cultivo de maíz (*Zea mays*) y el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) son fundamentales en la agricultura mexicana, no sólo por su importancia económica, sino por su relevancia ecológica, social, económica, cultural y alimentaria, ya que han sido muy significativos en las civilizaciones de Mesoamérica, tanto para satisfacer las necesidades alimentarias como en las manifestaciones socioculturales (rituales, ceremoniales, espirituales, religiosas, agrícolas). En la cosmovisión de las culturas mesoamericanas, los seres humanos fueron creados a partir de la planta de maíz, razón por la cual, muchos grupos originarios de México, todavía tienen fuertes vínculos sociales y culturales con los procesos agrícolas relacionados con el cultivo del maíz.

El maíz y el frijol son dos plantas originarias de Mesoamérica y en la actualidad representan la base del sustento alimentario de la población mexicana. El maíz tiene relevancia en la cosmovisión y religión de las civilizaciones mesoamericanas -aún está presente en la vida cotidiana de muchos grupos originarios y campesinos de México-, además, en la actualidad es un elemento valioso de la cultura de los mexicanos, y por supuesto, junto con el frijol representan una fuente importante para abastecer de alimentos a las familias del campo y de la ciudad. El maíz y el frijol son dos cultivos esenciales y asociados con la vida cotidiana del pueblo mexicano. La planta de maíz tiene connotaciones simbólicas y por supuesto, desde hace varios siglos representa la identidad del pueblo mexicano (Gómez y Kaus, 2019).

Desde la época prehispánica, el frijol ha sido cultivado en asociación con el maíz (y con una amplia diversidad de plantas que desempeñan múltiples funciones), y al estar compartiendo el mismo espacio de cultivo (milpa) se aprovechan los beneficios que ambas plantas se proporcionan entre sí, por ejemplo, el frijol al ser una leguminosa aporta -fija- nitrógeno al suelo, el cual es aprovechado por el maíz y otras plantas que crecen de manera simultánea en ese mismo espacio, también se mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato edáfico, es decir, existe simbiosis entre las plantas de frijol y las plantas de maíz, por ejemplo, el maíz puede ser utilizado como tutor o soporte para que las plantas de frijol se enreden en los tallos (cañas). En este sentido, es relevante tener presente que el cultivo de frijol está muy vinculado al cultivo de maíz, y por supuesto, los dos son esenciales en la alimentación, desde luego, cada uno aporta nutrientes diferentes pero complementarios para obtener una dieta equilibrada y completa (Altieri y Nicholls, 2020; Gómez y Kaus, 2019).

Mucho se ha investigado sobre el cultivo e importancia del maíz, ya que es una planta multipropósito, se utiliza desde la raíz hasta la espiga, y cada una de sus estructuras vegetales desempeñan valiosas funciones: alimentarias, medicinales, rituales, ceremoniales, religiosas, artesanales, ecológicas, para alimentación de animales domésticos (forraje), como combustible, para la construcción de viviendas y para la industria alimenticia; además se consume en diferentes estados de desarrollo, por ejemplo, tierno (elote) o maduro (mazorca), asimismo, en la preparación de diferentes alimentos, por ejemplo, tortillas, tamales, atoles, sopas, tostadas, esquites, totopos, pinole, entre otros, esto de acuerdo con las condiciones geográficas y culturales de las regiones de México. Cada región tiene particularidades en la utilización del maíz.

Tradicionalmente el cultivo de maíz se ha realizado en lo que se conoce como agricultura de temporal, en terrazas o banqueteras o en sistemas de policultivos denominados en algunas regiones de México como "milpa", en este sentido, las plantas de maíz comparten espacios con plantas de frijol, calabaza (*Cucurbita pepo*), chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), quelites *(Calandrina ciliata, Dysphania ambrosioides, Malva parviflora, Aranthus hibrydus*), chiles (*Capsicum annuum*), flores, y en ocasiones con animales domésticos menores como pollos (*Gallus gallus domesticus*) y guajolotes (*Meleagris gallopavo*), por lo que, la milpa es considerada como un sistema agroecológico (agroecosistema), donde existe amplia diversidad vegetal, el cual proporciona muchos servicios y beneficios (Altieri y Nicholls, 2020; Gómez y Kaus, 2019).

Asimismo, desde la época prehispánica se ha demostrado que el sistema agroecológico milpa es sostenible, ya que ha perdurado durante varios siglos y continúa siendo eficiente en muchas comunidades rurales, toda vez que, representa el sustento de las familias campesinas (las familias de las ciudades también reciben algunos alimentos procedentes de las milpas) y complementando la dieta alimentaria. En distintas regiones de México, la milpa es un espacio agrícola y cultural muy importante, y generalmente se encuentra muy cerca de la vivienda, o forma parte de ésta.

El cultivo de maíz y frijol en sistemas tradicionales, como la milpa tiene peculiaridades en su estructura, funcionamiento y manejo, favorece la rotación de cultivos y la diversidad biológica (agrobiodiversidad). Entre todos sus componentes y procesos existen interacciones, desde luego, mediante la participación de un componente relevante: el campesino, agricultor, labrador -por supuesto, intervienen los integrantes de la familia o el núcleo familiar-. Las interacciones y procesos que ocurren en la milpa desempeñan funciones que hacen posible otros procesos, como la conservación de los suelos, el agua y la biodiversidad (Altieri y Nicholls, 2020; Gómez y Kaus, 2019).

A escalas mayores, existen otros sistemas de cultivo de maíz y frijol, se cultivan amplias superficies y se cosechan grandes cantidades, las cuales son destinadas a satisfacer las necesidades alimenticias de las personas que no

realizan ninguna actividad agrícola, y que, por lo tanto, no producen alimentos, como es el caso de algunas personas que viven en ambientes rurales, pero principalmente las que habitan en las ciudades. Estos sistemas que se establecen en grandes superficies y para producir grandes cantidades se denominan monocultivos, ya sea de maíz o de frijol -de diversas variedades-, y destinados exclusivamente a obtener grandes producciones para abastecimiento de los mercados regionales o nacionales. En las actividades y procesos de los monocultivos intervienen varios elementos, como es el caso del uso de equipo científico y maquinaria, insumos agrícolas (agroquímicos), agua para riego, y en algunas ocasiones, se debe disponer de personal capacitado.

Entre los sistemas tradicionales (milpas) y los sistemas convencionales (monocultivos, agricultura intensiva, agricultura extensiva, agricultura industrial) existen diferencias y semejanzas muy notorias en el desarrollo de las actividades y procesos agrícolas, las formas de producción, los mecanismos de suministro de insumos, el uso de equipo y maquinaria, la fuerza de trabajo, la organización social y el destino final de la producción, sin embargo, una peculiaridad entre ambos es la obtención de alimentos para la población, pero una diferencia muy significativa es la que se relaciona con el origen o procedencia de la energía utilizada para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, por supuesto, en los monocultivos se controla y precisa el uso de los insumos (agricultura de precisión) y en ocasiones también son controlados algunos factores naturales como la temperatura, la precipitación y la humedad; inclusive en ocasiones se controla la participación de las personas. En la milpa se utilizan semillas nativas y participa la familia; mientras que en los monocultivos -en ocasiones se utilizan semillas híbridas-transgénicas y participan sólo algunos operadores de equipo y maquinaria, sin embargo, uno de los retos que enfrentan ambos sistemas de producción de maíz y de frijol es el cambio climático.

Las distintas etapas de los cultivos de maíz y frijol: germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas son vulnerables al cambio climático, de hecho, las variaciones en las precipitaciones, las temperaturas extremas, las temperaturas mínimas, la humedad, la dirección de los vientos y los fenómenos meteorológicos pueden afectar la producción (riesgos agrícolas), situación vinculada con las condiciones fisiográficas de las regiones de México, por ejemplo, en las regiones áridas y semiáridas, las variaciones en la precipitación, inciden de manera significativa en cualesquiera de las fases de los cultivos, asimismo, altas temperaturas influyen en la presencia de plagas y enfermedades (López y Delgado, 2021). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señala en otras palabras que, los cultivos de maíz y frijol son vulnerables a la escasez de agua y en consecuencia, impactan de manera negativa a la seguridad alimentaria (FAO, 2023).

Otro reto importante en la agricultura, en especial para los pequeños productores de maíz y frijol, es la difícil y limitada accesibilidad a recursos financieros, crediticios y tecnológicos para transitar hacia la implementación de prácticas agrícolas eficientes y sostenibles. Muchos campesinos/agricultores continúan dependiendo de métodos y técnicas tradicionales, y, en consecuencia, están sujetos a fuertes presiones económicas e impactos que ocasionan los fenómenos meteorológicos (heladas, granizadas, sequías, inundaciones), entre otros. El apoyo al campo por parte de las dependencias gubernamentales vinculadas con las cuestiones agrícolas no siempre ha sido regular ni ha beneficiado a todas las regiones y comunidades de México, pues en algunas ocasiones, los campesinos/agricultores son afectados por determinados momentos políticos, influencia de voluntades administrativas y por la gestión de autoridades locales, situación que impacta directamente a este sector social y, a la seguridad alimentaria.

En México, la agricultura intensiva, extensiva y de riego está vinculada directamente con la disponibilidad de agua para el riego de los cultivos, entre los que se encuentran el maíz y el frijol. Un Distrito de Riego es una unidad territorial destinada al uso eficiente del agua para la irrigación de cultivos agrícolas, estas áreas están definidas por límites geográficos específicos y se encuentran bajo la supervisión de organismos descentralizados como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2020).[1] Los distritos de riego son parte de un esfuerzo institucional destinados a asegurar la disponibilidad de agua para la agricultura, en especial las regiones donde la variabilidad climática y la escasez de agua pueden limitar la productividad de los cultivos de maíz y frijol. El objetivo principal de los distritos de riego es fomentar una agricultura más productiva, utilizando técnicas modernas de irrigación para optimizar el uso del agua y evitar el agotamiento de los recursos hídricos, también pretenden promover la estabilidad, la seguridad alimentaria y la economía rural especialmente en cultivos de maíz y frijol (Comisión Nacional del Agua) (CONAGUA, 2020).

Los distritos de riego en México están organizados en diferentes tipos de sistemas, esto en función de la fuente de abastecimiento de agua. Los dos tipos de distritos de riego son: a) distritos de riego de superficie (el agua es distribuida mediante canales y acequias), y b) distritos de riego de presión (emplean sistemas más avanzados como el riego por aspersión o por goteo).

1 En México, de manera independiente a la estructura y funcionamiento de los distritos de riego, existen otras áreas que también disponen de agua para el establecimiento de cultivos agrícolas, éstas se denominan Unidades de Riego o Unidades de Riego para el desarrollo Rural (URDERALES). Aunque, ambas tienen similitudes, las URDERALES destinan su producción a nivel regional y para satisfacer las necesidades alimenticias de las familias (subsistencia alimentaria).

Ambos sistemas se distribuyen en diversas regiones del país, siendo los estados del norte y los del centro los más beneficiados debido a las condiciones climáticas (clima árido y semiárido). Los distritos de riego están formados por un sistema de componentes técnicos, incluyendo la infraestructura hidráulica (presas, embalses, canales, tuberías), plantas de bombeo (motores eléctricos) e instalaciones de almacenamiento de agua. Los distritos de riego están asociados con la gestión del recurso agua y el mantenimiento de la infraestructura para garantizar un suministro adecuado y constante de agua a los cultivos.

Los distritos de riego funcionan bajo la administración de organismos de usuarios, asociaciones o comités de riego, conformados por campesinos/agricultores que utilizan el agua para riego de los cultivos. Los comités, organismos o asociaciones son responsables de coordinar el manejo del recurso agua, o sea, el abastecimiento, conducción, distribución, almacenamiento, operación y mantenimiento de la infraestructura, así como hacer cumplir el reglamento correspondiente. La estructura y funcionamiento de los distritos se sustenta en la planificación eficiente, justa, equitativa y responsable de la distribución del agua, considerando para ello, las condiciones de las fuentes de abastecimiento, el caudal de los ríos, el volumen almacenado en los depósitos (embalses) y la demanda de los usuarios para la irrigación de los cultivos. De manera general, el manejo del agua en los distritos consta de cuatro etapas: a) planificación del uso del agua, b) distribución y riego, c) mantenimiento de infraestructura, y d) gestión y control. Cada una de estas fases consta de una serie de actividades y procesos cuya finalidad es asegurar el suministro de agua a los regantes de los distritos.

Las condiciones geográficas, edafológicas, geológico-geomorfológicas, hidrológicas y climáticas de las regiones del territorio mexicano son diversas y cada una de éstas puede influir, condicionar, fomentar, determinar o limitar el crecimiento y desarrollo de los cultivos. La producción de maíz es esencial en la vida de la población mexicana y de acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el 2023, México produjo aproximadamente 27.5 millones de toneladas de maíz en una superficie sembrada de 7.2 millones de hectáreas. La mayor producción correspondió al maíz amarillo y maíz blanco, en el caso del primero, es utilizado para alimento de animales (uso pecuario) y para la obtención de productos procesados (uso industrial), mientras que, el maíz blanco es utilizado en la alimentación de la población humana (consumido de múltiples formas) (SIAP, 2023).

El norte y el centro del país son las principales regiones productoras de maíz, destacando los Estados de Sinaloa, Jalisco y Veracruz por obtener grandes volúmenes de producción de maíz y frijol, los cuales se benefician por su accesibilidad al recurso agua para el riego de los cultivos, factor que coadyuva a incrementar la producción y el rendimiento. En los distritos de riego que se enfocan a la producción de maíz se utilizan sistemas de irrigación por grave-

dad o presión, lo cual influye en el incremento de rendimiento por hectárea, siendo en este caso, el recurso agua, un factor geográfico determinante.

En el caso del frijol, éste generalmente se cultiva en escalas menores en comparación con el maíz, con frecuencia se establecen plantaciones en parcelas de dimensiones menores y manejadas por sus propietarios (agricultores/campesinos). A nivel mundial, México es uno de los países con mayor producción, de acuerdo con datos del SIAP, en el 2023 se obtuvo una cosecha de 1.5 millones de toneladas, siendo los Estados de Durango, Zacatecas y Puebla, los principales productores. Diversas variedades de frijol también se cultivan en los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas de México (SIAP, 2023), pero igual que el cultivo de maíz, éste es vulnerable a variaciones climáticas, plagas y enfermedades.

Tanto el maíz como el frijol se cultivan en los distritos de riego de las regiones hidrológico- administrativas del territorio mexicano, por supuesto, en cada una de éstas existen factores que condicionan, influyen, fomentan o determinan el éxito del crecimiento, desarrollo y los volúmenes de producción, sin duda alguna, no todos los factores fisiográficos inciden en mayor o menor grado, pero siempre hay influencia de alguno de ellos, que en ocasiones determina de manera directa el éxito del cultivo, la producción y el rendimiento. Es importante referir que, tanto el maíz como el frijol se cultivan en varios sistemas agrícolas, en donde la interacción de los factores fisiográficos tiene influencia en la obtención de las cosechas, por ejemplo, en la agricultura de temporal, la frecuencia y volumen de precipitación determinan el éxito de los cultivos, mientras que, en la agricultura de riego, el agua no es un factor determinante, pero si influye y condiciona, sin embargo, otros componentes ambientales pueden tener mayor incidencia en el número de hectáreas cosechadas, el rendimiento y por consiguiente, en la producción que se obtiene en cada uno de estos sistemas.

Con base en los argumentos expuestos anteriormente, en este libro se presenta un análisis de la situación de los cultivos de maíz y frijol en los 86 distritos de riego que conforman las 13 regiones hidrológico-administrativas de México, esto con el objetivo de conocer datos estadísticos de los componentes que intervienen en las actividades y procesos agrícolas de los distritos de riego. Se incluyen datos estadísticos de los años 2010 y 2020, haciendo al mismo tiempo, comparaciones entre ellos para identificar las diferencias y similitudes en el número de hectáreas cosechadas, la producción obtenida, el rendimiento y el valor de la producción.

Un aspecto importante del análisis de los datos consistió en demostrar que independientemente de los factores fisiográficos, socioculturales y tecnológicos que intervienen en las actividades y procesos agrícolas relacionados con los cultivos de maíz y frijol, en todas las entidades y regiones de México -con o sin riego- se establecen estos dos cultivos en diversas modalidades agríco-

las -agricultura de temporal y agricultura de riego-, haciendo énfasis en que las condiciones ambientales no siempre representan factores determinantes o limitantes para obtener cosechas, en este sentido, intervienen otros factores culturales y tecnológicos que hacen posible el éxito de los cultivos de maíz y frijol, y en consecuencia, obtener buena producción para abastecer de alimentos a la población mexicana.

En la integración de este libro se utilizaron métodos, técnicas y herramientas de sistemas de información geográfica, así como algunos fundamentos teóricos relacionados con el determinismo geográfico, el posibilismo geográfico y la ecología cultural, los cuales fueron útiles para explicar la importancia de los componentes del ambiente y la cultura en las actividades y procesos agrícolas vinculados con los cultivos de maíz y frijol. Para hacer énfasis en la importancia de la cultura en el desarrollo científico y tecnológico vinculado con la sostenibilidad y los sistemas agrícolas destinados a la producción de alimentos en México se relacionaron algunos fundamentos teóricos culturales y geográficos que aún tienen aplicabilidad para explicar los factores que coadyuvan al establecimiento de diversos sistemas agrícolas en ambientes desérticos, áridos, tropicales, templados y fríos, y por supuesto, con condiciones geológico – geomorfológicas peculiares, situación que es posible explicar mediante la interacción ambiente-sociedad-cultura, en la cual el desarrollo científico y tecnológico asociado con la producción de alimentos refleja una manifestación de la libertad creativa del hombre y la sociedad, ya que la tecnología, como parte del ambiente humano, está vinculada a la cultura.

Con la información obtenida del SIAP se realizaron bases de datos, y posteriormente mediante su análisis e interpretación se elaboraron cuadros, representando los resultados en diversos mapas temáticos. Se realizó trabajo de campo en algunas partes del territorio mexicano, con la finalidad de observar las condiciones de los cultivos del maíz y frijol, así como la infraestructura hidráulica existente en los distritos de riego.

Este libro representa un referente para los tomadores de decisiones de las dependencias federales y estatales que tienen injerencia con el campo mexicano, en especial con la producción de maíz y frijol, ya sea en cultivos de riego o cultivos de temporal. En el contexto educativo y de investigación, este libro es un recurso metodológico y didáctico importante para el estudio de la interacción entre los componentes fisiográficos y culturales que intervienen en las actividades, mecanismos y procesos vinculados con la agricultura, sobre todo, lo concerniente con la relación entre la estructura y funcionamiento de los distritos de riego y la producción de maíz y frijol.

Esta obra consta de seis capítulos, los cuales no tratan temáticas independientes sino complementarios entre sí, ya que en la mayoría de los temas y subtemas de cada capítulo se exponen algunos comentarios y reflexiones teóricas que sustentan la cuestión de la influencia entre el ambiente, la cultura y

la producción de alimentos, por supuesto en interacción con los fundamentos metodológicos y observaciones realizadas en trabajo de campo. En todos los capítulos se incluyen datos estadísticos para demostrar que en México si es posible la producción de maíz y frijol, independientemente de la influencia directa o indirecta de las condiciones ambientales. En todos los capítulos se representan cartográficamente la información más relevante.

En el capítulo uno titulado "Administración y gestión del agua en México" se presenta un panorama general y se exponen aspectos relevantes de la relación entre el agua y la agricultura, los procesos administrativos para la gestión del agua en las 13 regiones Hidrológico-administrativas (RHA), los beneficios, funciones y usos del agua en las RHA, el régimen de propiedad predominante en los distritos de riego (DR), las fuentes de abastecimiento de agua en los distritos de riego, el total de usuarios por categoría (ejidatarios/pequeños propietarios), así como la dinámica poblacional en los años 2010 y 2020.

El capítulo dos cuyo título es "Organización de los distritos de riego" contiene las características generales de los distritos de riego, se hace la descripción de la estructura y funcionamiento de dos ejemplos de distritos de riego: el DR 041 y el DR 010, mencionando aspectos de su ubicación geográfica, dimensiones longitudinales, las principales fuentes de abastecimiento de agua y las características de los componentes de su infraestructura; se incluyen los mapas de ubicación y divisiones. Se incluye un cuadro especifico con los datos de las RHA, los distritos de riego y las principales fuentes de abastecimiento.

Los temas relacionados con la calidad del agua que se utiliza en los distritos de riego que conforman las 13 regiones hidrológico-administrativas de la República Mexicana se describen en el capítulo tres, en el cual se hace mención de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST), los coliformes fecales, las condiciones del agua subterránea, la presión sobre el recurso agua, la sobreexplotación de los acuíferos, el grado de salinización en los suelos, las aguas subterráneas salobres. En este capítulo se incluyen gráficas y mapas de las condiciones del agua.

El capítulo cuatro "Producción agrícola y manejo del agua" contiene información relevante de los cultivos de maíz y frijol que se establecen en los distritos de riego. Los datos están agrupados de la siguiente manera: cultivo de maíz asociado, cultivo de maíz de grano, cultivo de maíz elotero, cultivo de maíz forrajero, cultivo de maíz palomero, cultivo de frijol alubia y cultivo de frijol asociado; haciendo énfasis en los distritos de riego donde se establecen los cultivos, la superficie cosechada (hectáreas) (ha), la producción total (ton) obtenida, el rendimiento (ton/ha), el valor de producción para ambos cultivos y el volumen de agua utilizada en el riego (m^3/ha). El análisis de estos datos se presenta en dos años: 2010 y 2020.

En el capítulo cinco titulado "Estudio geográfico de manejo del agua y sistemas agrícolas" se presentan las características de las regiones hidrológicas, los distritos de riego que las conforman, la superficie total y los municipios que forman parte de los DR. También se presentan algunos datos demográficos por Distrito de Riego y en algunos casos, por municipio. Se incluyen aspectos relacionados con los usos del suelo en las RHA, los tipos de suelo, las condiciones geológico-geomorfológicas (topoformas) y las características climáticas (temperatura y precipitación). Se hace una descripción de los cultivos de maíz y frijol que se establecieron en los años 2010 y 2020, así como las fuentes de abastecimiento de agua para riego y los mecanismos para conducir el agua hacia los terrenos agrícolas.

El capítulo "Aptitud y uso potencial agrícola en México" corresponde al número seis, en este se presenta el análisis multicriterio y la aptitud agrícola de cada una de las regiones hidrológico-administrativas de México. Para realizar este análisis y determinar la aptitud agrícola fue necesario calcular la ponderación reciproca y la ponderación normalizada para cada una de las siguientes categorías: usos de suelo, tipos de suelos, temperatura, precipitación, altitud, condiciones del relieve (topoformas) y los mecanismos de abastecimiento de agua. Los resultados de cada una de las categorías se presentan en cuadros con su respectiva representación cartográfica. Al final del capítulo se realiza una comparación entre el mapa de aptitud agrícola y el mapa de uso potencial del INEGI (2012) para establecer similitudes y diferencias y establecer conclusiones al respecto.

Finalmente, se incluye un apartado denominado "reflexiones finales", en el cual se hace una reflexión de la situación agrícola de México, especialmente en el establecimiento de los cultivos de maíz y frijol y su relación con los distritos de riego, enfatizando en la influencia de las condiciones fisiográficas del territorio mexicano y su relación con el componente cultura. En este análisis se pone de manifiesto, que algunos componentes del ambiente pueden ser factores limitantes para el desarrollo de la agricultura en algunas regiones del territorio mexicano, pero los grupos humanos, en especial los campesinos/agricultores con su cultura, tienen la capacidad de transformar o adaptar ciertas condiciones ambientales para el establecimiento de cultivos de maíz y frijol, y de esta manera satisfacer sus necesidades básicas alimentarias.

Capítulo 1. Ambiente, cultura y gestión del agua en México

1.1 Caracterización general del territorio mexicano

La superficie continental de México es de 1,960,189 km^2 (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (INEGI, 2010 en Juan y Gómez, 2020). El relieve del territorio mexicano es heterogéneo y complejo, se caracteriza por la presencia de mesetas delimitadas por montañas, situación que influye en una amplia diversidad de paisajes, siendo relevantes las sierras, volcanes, mesetas, lomeríos, llanuras y depresiones. La diversidad de formaciones geológico-geomorfológicas en las regiones del territorio mexicano es peculiar, situación asociada con la actividad tectónica, presencia de fallas geológicas, zonas sísmicas, zonas volcánicas y zonas de subducción, que en interacción con otros factores generan sismos de diferentes magnitudes; además, conforman amplia variedad de paisajes.

Los componentes hidrológicos en las regiones de México están conformados por lagunas, lagos, ríos, presas, bordos y embalses, y son de vital importancia por sus múltiples usos, principalmente para las actividades agrícolas -agricultura de riego-, además, influyen en los rasgos socioculturales de los grupos poblacionales que viven en entornos adyacentes o cuyas actividades y subsistencia dependen de los recursos existentes en los ambientes acuáticos y ambientes adyacentes. Los componentes hidrológicos (cuerpos de agua) más relevantes y que mantienen relación con la cultura de las familias que viven cerca de ellos son: Lago de Chapala, Lago de Cuitzeo, Lago de Pátzcuaro, Lago de Yuriria, Laguna de Bacalar y Laguna de Catemaco; por supuesto, los ríos, los embalses y algunas presas como la de Valle de Bravo, Estado de México también desempeñan funciones relevantes en las actividades y economía de las regiones de México (Juan y Gómez, 2020) (Fotografía 1).

En México existen diversos tipos de climas, de acuerdo con García (2006), hay cuatro tipos: a) tropical, b) seco, c) templado y d) polar; desde luego, existen varios subgrupos derivados de las peculiaridades de la temperatura, la precipitación y la humedad; y que, en asociación con las condiciones geológico-geomorfológicas, edafológicas e hidrológicas influyen en la diversidad paisajística, vegetal, animal y sociocultural; desde luego, con importancia relevante en las actividades y procesos agrícolas regionales (García, 2006 en

Juan y Gómez, 2020). Las condiciones climáticas de las regiones influyen en los diversos sistemas agrícolas, en este sentido, se practica la agricultura de riego y la agricultura de temporal, entre otras modalidades.

Fotografía 1. Presa Valle de Bravo, Estado de México. Elemento hidrológico importante en la generación de energía eléctrica y el turismo



Fuente: Trabajo de campo (2024).

Por otra parte, la diversidad biológica terrestre de México comprende diversos paisajes y comunidades vegetales (ecosistemas), las cuales están agrupadas en siete tipos: a) bosques tropicales perennifolios, b) bosques tropicales caducifolios, c) bosques mesófilos de montaña, d) bosques templados de coníferas y latifoliadas, e) matorrales xerófilos, f) pastizales, y g) humedales (CONACULTA, 2010 en Juan y Gómez, 2020)). El territorio mexicano es peculiar por la pluralidad de ecosistemas -terrestres, acuáticos y agroecosistemas-, en los que habita una amplia variedad de especies vegetales y animales. La abundancia de la flora y por consiguiente la fauna, son resultado de la interacción entre la situación geográfica, la altitud, las condiciones geológico-geomorfológicas, los tipos de suelo, los elementos hidrológicos y la diversidad climática del país (Juan y Gómez, 2020).

1.2 Generalidades del determinismo geográfico, posibilismo geográfico y ecología cultural

La relevancia de exponer algunas generalidades de los argumentos teóricos del determinismo geográfico (Ratzel, 1988), el posibilismo geográfico (Vidal-la Blache, 1914) y la ecología cultural (Steward, 1959) es con la finalidad de conocer las percepciones de interacción entre el ambiente, la sociedad y la cultura expuestas por teóricos clásicos, y de esta manera explicar cómo la agricultura en México está influenciada y en ocasiones determinada o limitada por varios factores, en especial los cultivos de maíz y frijol.

La teoría del Determinismo Geográfico explica que el entorno natural influye en las actividades y comportamiento de los grupos humanos. Se afirma que el medio geográfico (ambiente) es un factor importante que determina la vida social, cultural y biológica de los grupos humanos. Establece que todas las actitudes y actividades de la sociedad humana están determinadas por las condiciones fisiográficas del ambiente en el que habita, y por supuesto, que los seres humanos reciben influencia de los elementos de la naturaleza, en otros términos, todos los procesos sociales, políticos, económicos y culturales dependen del espacio geográfico (Ratzel, 1988). Los componentes del ambiente influyen en la vida cotidiana de las personas.

En la Teoría del Determinismo Geográfico se establece que las condiciones geográficas, geológico-geomorfológicas, climáticas y de vegetación natural influyen en las actividades relacionadas con los cultivos agrícolas, ya que a pesar de que habla sobre "dominar al medio", se duda sobre la capacidad de los grupos humanos para modificar o transformar a la naturaleza, también se expone que los relieves abruptos y elevados presentaban una serie de "inconvenientes" para el comercio y la agricultura, reconoce que como barreras naturales habían impedido la dispersión de las agrupaciones humanas, y ejercían una "función favorable" en la integración social, debido al aislamiento relativo en el que vivían (Ratzel, 1988). Se argumenta que en México la zona de sustentación primordial para la producción de cereales comprendía la altiplanicie central y una parte de la del sur, pues de acuerdo con sus características geográficas era la más adecuada para la agricultura de cereales como el maíz y el trigo.

Los paradigmas y fundamentos del Posibilismo Geográfico (Vidal-de la Blache, 1914) plantean ideas contrarias al determinismo geográfico, afirma que el hombre tiene la capacidad de guiar y de transformar su futuro como le convenga, pues tiene los factores -capacidades y habilidades- para influir sobre su medio geográfico. Se afirma que el hombre es un sujeto activo, libre, dinámico, creativo, con imaginación -racional- que no está limitado por las leyes de la naturaleza, que es responsable de diversas modificaciones y transformaciones de los componentes del medio físico, reconoce que la naturaleza

siempre ofrece posibilidades que el ser humano aprovecha y transforma de forma variada según los lugares y condiciones. Se afirma que el medio natural no es el que decide las condiciones de las personas (sociedad), éste proporciona posibilidades de las que puede o no obtener beneficios, además, para obtener lo que se desea es necesario aprovechar las posibilidades y lo recursos que se tienen (Vidal-de la Blache, 1914).

La Teoría del Posibilismo Geográfico tiene varios fundamentos, uno de ellos es argumentar que los grupos humanos (sociedad) y sus actividades no están determinadas, condicionadas o limitadas por los factores de su medio físico, en otras palabras, los factores del medio físico no determinan las actividades humanas, sólo ofrece posibilidades. Se opone a lo que establecen los fundamentos del determinismo geográfico. El medio (con todos sus componentes) constituye un agente o factor positivo, pero no activo, que permite, pero no obliga, el medio ambiente ofrece solamente las posibilidades llevadas a la obra por las iniciativas de la sociedad según su inteligencia, convirtiéndose en agente activo modificador, humanizador del paisaje (Vidal-de la Blache, 1914). El hombre es responsable de diversas modificaciones y transformaciones del medio físico, y éste a su vez, recibe influencias del ambiente.

La cultura como comportamiento aprendido y compartido es el elemento fundamental que diferencia a los seres humanos de los animales y es transmitida mediante la observación, la práctica, la experiencia y el lenguaje. Cada persona pertenece a una cultura, familias que comparten el mismo patrón básico de comportamiento aprendido, los mismos valores, el lenguaje y la identidad. La cultura es un instrumento de ajuste, un sistema de adaptación generado por sociedades bajo condiciones ambientales, espaciales, temporales e históricas particulares (Steward, 1959).

En el contexto de la ecología cultural (Steward, 1959), la adaptación sociocultural es resultado de una serie de ajustes progresivos, que pueden o no ser evolutivos, pero que explican los mecanismos de naturaleza social y cultural que las sociedades crean o re-crean para usar, manejar, o explotar su ambiente, proporcionando los elementos básicos para identificar y manejar sus recursos. Las adaptaciones o modos culturales de conducta son aprendidos por las personas al relacionarse con su entorno inmediato (Stora, 1994). La Teoría de la Ecología Cultural estudia de los procesos a través de los cuales una sociedad se adapta socioculturalmente a su ambiente, explica el proceso de retroalimentación entre cultura, tecnología y entorno (Stora, 1994). Esta teoría también explica las relaciones que establece el hombre con su ambiente físico, por medio de niveles de integración que van de lo local (una comunidad) a lo regional, lo nacional o lo internacional (Steward, 1972).

La ecología cultural como método y conceptuación teórica involucra el estudio de los recursos naturales existentes y disponibles en una comunidad, pues son la base para el sustento de las familias. Al ser una herramienta em-

pírica y un contexto teórico (González,1997), permite comprender cómo el ser humano posee capacidades para relacionarse con su ambiente a través de su acervo cultural, que cada vez se enriquece de una generación a otra y se transmite mediante la observación, la práctica y la experiencia. Steward (1959), establece que la ecología cultural tiene por objeto el estudio de los procesos a través de los cuales una sociedad se adapta socioculturalmente a su ambiente y que entre la sociedad y el ambiente existen ciertas relaciones que coadyuvan a la subsistencia de las personas.

1.3 Componentes fisiográficos y agricultura

Los factores geográficos (componentes fisiográficos) de México -y de cualquier otro espacio geográfico- desempeñan funciones relevantes en las actividades y procesos agrícolas, ya que la ubicación de los terrenos agrícolas (parcelas) con relación a la altitud, los tipos de suelo, las características geológico-geomorfológicas (topoformas), los componentes climáticos y la disponibilidad de agua, entre otros, pueden influir, condicionar, fomentar, limitar y en algunas circunstancias determinar la producción, el rendimiento y sostenibilidad de los cultivos de maíz y frijol (Martínez y Ramírez, 2020; González y Pérez, 2021).

El clima es un factor geográfico importante en la agricultura, influye en los ciclos agrícolas, por ejemplo, en la época de siembra y época de cosecha, asimismo, en la viabilidad para el establecimiento de determinados cultivos de frijol y maíz en algunos espacios geográficos. En México hay cuatro grupos principales de clima -y subgrupos- con sus respectivas características que se vinculan con la temperatura (media, anual), precipitación, humedad, número de días con precipitación, período en el que se presentan las lluvias, entre otras, las cuales tienen implicaciones en la producción de los cultivos de maíz y frijol, por supuesto, las variaciones climáticas tienen mayor impacto en las zonas agrícolas que no tienen acceso al agua para riego (Martínez y Ramírez, 2020; González y Pérez, 2021).

En México, los cultivos de maíz y frijol son vulnerables a las variaciones climáticas, aunque pueden adaptarse a ciertas peculiaridades de las regiones, se cultivan tanto en el norte como en el sur, lo mismo en el oriente que en el poniente y el centro del país, sin embargo, la producción y el rendimiento de estos dos cultivos son distintos en cada una de las regiones; ya que requieren de ciertas especificidades de temperatura y precipitación; pero a pesar de estas condiciones, en todas las regiones del territorio mexicano es posible cultivar maíz y frijol, es decir, en zonas con clima templado, clima cálido, clima frío y clima tropical se pueden establecer este tipo de cultivos, aunque en algunas de ellas, es mayor la producción y el rendimiento, como es el caso del cultivo de frijol que prospera en lugares de clima semiárido pero con disponibilidad de agua para el riego. Por otra parte, los ciclos de lluvia son

importantes en los cultivos de maíz y el frijol, pues favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin embargo, algunas variaciones en el incremento de la temperatura o la disminución de la precipitación pueden afectar la producción y rendimiento (Martínez y Ramírez, 2020; González y Pérez, 2021; CONAGUA, 2023).

La altitud es un factor geográfico que también influye en los cultivos de maíz y frijol, su interacción con otros factores como la temperatura, la precipitación, la humedad y la distribución del agua puede incidir en la producción y rendimiento de los cultivos. Las regiones con altitudes medias se caracterizan por presentar temperaturas frescas y con menor evaporación, factor favorable para los cultivos de maíz y frijol, desde luego, depende de las variedades que se pretendan cultivar, por ejemplo, el frijol negro prospera en estos ambientes. El maíz se ha adaptado a determinadas condiciones altitudinales, aunque tiene mejor éxito en lugares con mayores altitudes, pero esto no significa que en zonas cálidas y tropicales de menores altitudes no se establezcan cultivos, como es el caso de la Península de Yucatán en donde algunas variedades logran obtener producción suficiente para la alimentación de la población (Martínez y Ramírez, 2020; González y Pérez, 2021).

Los tipos de suelos son otro elemento importante en la agricultura, de hecho, representa el sustrato indispensable para el desarrollo de la vida vegetal. En México existe amplia diversidad de suelo, todos con diferentes propiedades de textura, estructura, profundidad, nutrientes, materia orgánica, PH y capacidad de retención de agua. Para el caso de los cultivos de maíz y frijol, éstos requieren suelos bien drenados y con suficientes nutrientes, condiciones clave para su crecimiento, desarrollo producción y rendimiento. La fertilidad agrícola, la aptitud agrícola y el uso potencial agrícola dependen directamente de las propiedades de los suelos, aunque otros factores también intervienen, como es el caso de la disponibilidad del agua, la temperatura, la precipitación y las topoformas de los terrenos. No todos los suelos tienen capacidad para el éxito de los cultivos de maíz y frijol, sin embargo, la aplicación de algunas técnicas de manejo, el suministro de agua para riego, la fertilización y el uso de tecnologías y maquinarías de vanguardia pueden influir en la obtención de buenas cosechas (Martínez y Ramírez, 2020; González y Pérez, 2021).

La disponibilidad de agua es un factor geográfico imprescindible en la agricultura, primordialmente en lugares donde las precipitaciones son escasas o irregulares como es el caso de las regiones del norte y el centro de México, pero esta situación se mitiga con el suministro de agua mediante el funcionamiento de los distritos de riego. En las regiones donde no hay suficientes precipitaciones, los distritos de riego son importantes, toda vez que coadyuvan a incrementar la producción y el rendimiento de los cultivos de maíz y frijol, esto mediante el uso de diversos sistemas de riego (aspersión, goteo). En el territorio mexicano los distritos de riego son esenciales para la producción

de maíz y frijol, fueron conformados para gestionar el uso eficiente del agua, proporcionando un suministro constante durante los ciclos agrícolas, aunque, algunos factores geográficos influyen y determinan la eficiencia de estos sistemas. No siempre se garantiza un éxito en el funcionamiento de los distritos de riego, ya que, la sobreexplotación, el cambio climático y la topografía son factores que pueden condicionar la producción de maíz y frijol en los distritos de riego (Martínez y Ramírez, 2020; González y Pérez, 2021; CONAGUA, 2023).

La topografía (topoformas de los terrenos) y las condiciones geológico-geomorfológicas son factores geográficos que también influyen en el establecimiento de los cultivos de maíz y frijol, de hecho, los agricultores / campesinos prefieren cultivar en topoformas de planicies (llanuras) o en lomeríos de mínimas pendientes (aunque en los sistemas de cultivo de roza-tumba-quema si son frecuentes los cultivos en terrenos abruptos de pendientes pronunciadas) (Martínez y Ramírez, 2020; González y Pérez, 2021) (Fotografía 2).[1]

Fotografía 2. Topoformas de lomeríos con pendientes mayores de 45° en los que se establecen cultivos de maíz y frijol. Región suroriente del Estado de México



Fuente: Trabajo de campo (2022).

1 El establecimiento de cultivos de maíz y frijol en suelos con relieve abrupto puede ocasionar procesos de erosión en el suelo, y consecuentemente, a mediano y largo plazos provocar su pérdida.

Los componentes topográficos y geológico geomorfológicos si influyen en el tipo de infraestructura de los distritos de riego, tal es el caso de las regiones con terrenos planos y cercanos a fuentes de agua donde se practica el riego por gravedad, facilitando de esta manera la conducción y distribución del agua hasta los terrenos agrícolas; en contraposición en los lugares con pendientes pronunciadas como es el caso de las montañas se utiliza un sistema de riego por presión (Martínez y Ramírez, 2020; González y Pérez, 2021).

1.4 Esbozo sociocultural de la relación entre el agua y la agricultura en México

La relación entre el agua y la agricultura ha sido una parte fundamental de las tradiciones mexicanas y está vinculada con la situación histórica de las regiones que conforman el territorio. México, con su importante herencia sociocultural que comprende desde las civilizaciones en Mesoamérica hasta las influencias coloniales, ha desarrollado e implementado prácticas agrícolas relevantes que dependen en gran medida del uso sabio y eficiente del recurso hídrico, donde las tradiciones no sólo han permitido la supervivencia y desarrollo de las comunidades a lo largo de los siglos, sino que también han contribuido a la amplia diversidad y riqueza de la gastronomía mexicana, y al mismo tiempo han favorecido el establecimiento de conexiones profundas entre la agricultura, la cultura y las creencias espirituales (González, 2003), es decir, han existido y aún existen relaciones importantes entre los componentes geográficos, los recursos naturales que intervienen en los procesos agrícolas, las condiciones culturales de los grupos humanos, el conocimiento tradicional, y por supuesto la cosmovisión.

Las relaciones entre el ambiente, la sociedad y la cultura en las distintas regiones geográficas y los grupos humanos son relevantes para comprender la interacción entre la agricultura y el agua en México, como es el caso de los pueblos indígenas mexicanos que tienen estrechos vínculos con los componentes del ambiente. Se ha desarrollado la comprensión del agua y sus ciclos a partir de una profunda conexión con los componentes de la naturaleza y la observación de sus patrones y manifestaciones (fenómenos naturales). Estas relaciones han dado lugar a la creación de una amplia diversidad de símbolos, mitos y prácticas ceremoniales que están intrínsecamente relacionados con el recurso agua formando parte integral de sus vidas. En la cosmovisión de los pueblos indígenas, el agua es considerada sagrada. Se realizan rituales para solicitar lluvias, expresan gratitud por los frutos y cultivos que proporciona la agricultura y hacen ofrendas a las deidades responsables de las lluvias, tormentas y condiciones climáticas. Estas ceremonias se realizan en lugares específicos y significativos del ambiente, por ejemplo, en las cimas de los cerros, manantiales, pozos y cauces de los ríos. El agua para los indígenas es

también frontera y lindero; en ocasiones sus cauces marcan los límites de sus comunidades (González, 2003).

El uso del agua se ha consagrado como un elemento vital en las tradiciones agrícolas mexicanas, influyendo en los métodos, procesos y técnicas de cultivo, las festividades religiosas y la gestión de los recursos hídricos, creando con el paso de los años una diversidad sociocultural con el desarrollo de diversas prácticas agrícolas en las que se involucra la utilización y gestión de una amplia diversidad de recursos naturales, como es el caso de plantas, especies animales, tipos de suelos, la disponibilidad de agua, condiciones climáticas y elementos geográficos específicos de las regiones. Las prácticas agrícolas vinculan el conocimiento tradicional acumulado de la población residente en un espacio a lo largo del tiempo, mismo que se han transmitido de generación en generación; el cual contrasta y convive con la actualidad, donde se es posible observar una amplia variedad de sistemas agrícolas de origen mesoamericano que se aplican en varias regiones de México, adaptándose a las condiciones y latitudes específicas de cada área del territorio (González, 2003).

Lo expuesto en los párrafos anteriores es un esbozo general de la importancia de las interacciones entre la agricultura, el conocimiento y manejo de los recursos naturales y la agricultura de los grupos sociales mexicanos. Para comprender estas interacciones se desarrollan perspectivas y enfoques que retoman fundamentos de varias corrientes de pensamiento y por supuesto, de teorías de la geografía, la antropología social, la sociología, la economía, y otras, como es el caso de la perspectiva ecológica-cultural, en la que Alba González Jácome (2003) considera que la agricultura tradicional mexicana tiene un origen antiguo cuyas características estructurales, funcionales y de manejo son diferentes a las de la agricultura convencional (esta última tiene sus bases en la energía derivada del petróleo) altamente mecanizada y con el uso de muchos agroquímicos. En este sentido, González (2003) explica que, tanto la agricultura como la cultura han coevolucionado, y sus características se relacionan con tres tipos de adaptación: (Cuadro 1).

1. Adaptación cultural mediante cambios que no sobrepasan los límites del ambiente.
2. Adaptación económica en la satisfacción de necesidades internas de autoconsumo y externas de la sociedad.
3. Adaptación social a través del trabajo familiar y sus formas de organización.

De acuerdo con las formas de adaptación expuestas anteriormente, las características de la agricultura tradicional mexicana se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características de la agricultura tradicional mexicana

Características ecológicas	Características socioculturales
• Diversidad ambiental • Manejo de características ambientales específicas de cada área cultural, regiones geográficas, localidades, zonas naturales y climáticas. • Manejo de factores geográficos como altitud, microclima, suelo, agua, vegetación, relieve topográfico, impacto de los vientos.	• Composición y funcionamiento de las unidades familiares. • Organización y economía de las familias campesinas. • Cantidad y calidad de la fuerza de trabajo familiar disponible a lo largo del año. • Cohesión familiar y social. • Relaciones familiares con la comunidad y con el mercado. • Tecnología agrícola. • Disponibilidad de capital y acceso a mecanismos y alternativas para su adquisición. • Tenencia de la tierra. • Cosmovisión del mundo rural.

Fuente: González (2003).

El estudio de la perspectiva agrícola y las condiciones ecológicas presenta varios enfoques, al respecto, Remmers (1993) hace un análisis de la relación entre agricultura tradicional y agricultura ecológica, refiriéndose a la primera como el sistema de uso de la tierra que se ha perfeccionado con el transcurso del tiempo, esto mediante la experiencia y la experimentación, donde los campesinos han desarrollado diferentes taxonomías de la naturaleza, las plantas y el suelo; una manera de vivir y desarrollar las necesidades de las sociedades que la practican. La agricultura ecológica sigue un conjunto más estricto de bases, principios y prácticas, mientras que la agricultura tradicional se basa en una diversidad de enfoques arraigados en las condiciones culturales e historia de una región. Aunque ambas modalidades agrícolas comparten algunos objetivos comunes entre sí, la relación entre la agricultura tradicional y la agricultura ecológica se encuentra en su enfoque hacia la sostenibilidad y la producción de alimentos de manera más respetuosa con el medio ambiente, fomentando de esta manera la seguridad alimentaria.

En el contexto del territorio mexicano, la agricultura campesina o tradicional sigue siendo un componente fundamental del sector agrícola. Los alimentos que se obtienen de esta práctica agrícola representan una fuente esencial para la supervivencia de las poblaciones rurales. Estas comunidades no sólo cultivan variedades de plantas que han estado en uso desde tiempos prehispánicos, sino que también generan ingresos y oportunidades de empleo en sus localidades, al tiempo que proveen alimentos para las personas que viven en las áreas urbanas. Todo esto es posible considerando la disponibilidad de los recursos naturales como lo es el recurso hídrico (Martínez, 2000; González, 2003).

El agua de riego en la agricultura campesina, además de aumentar la producción y los rendimientos de los cultivos, contribuye a conservar los recursos naturales, establece relaciones sociales comunitarias, generando nuevos conocimientos y una relación campesino-agua para hacer agricultura. Con

pequeñas obras de riego, más de un millón de campesinos, ejidatarios, indígenas y pequeños productores desarrollan la agricultura de la cual dependen (Martínez, 2000). En el transcurso del tiempo, los agricultores de riego han recurrido a diversas fuentes de sabiduría para administrar el agua y las infraestructuras hidráulicas. En este proceso han fusionado conocimientos y prácticas de distintas épocas para establecer sistemas agroecológicos que se ajusten a las condiciones actuales.

La gestión de los recursos naturales, principalmente el agua a una escala más reducida ha dado origen a sistemas agrohidráulicos adaptados a las particularidades geográficas, ambientales y socioeconómicas de las comunidades locales. Gracias a prácticas tradicionales que se adecúan a estas condiciones culturales y sociales, los agricultores producen una amplia gama de cultivos y gestionan de manera interconectada factores como el agua, el suelo y la vegetación. La habilidad para manejar estos elementos ha permitido a los agricultores conservar el agua y otros recursos naturales, basándose en el conocimiento acumulado. Las culturas campesinas atesoran un corpus de conocimiento tradicional capaz de encarar la crisis ecológica y social del campo (Guzmán *et al*., 2000). No obstante, existe poco conocimiento sistematizado de las múltiples estrategias adaptadas por los campesinos, estabilizar su sistema y continuar su reproducción social y cultural, sobre todo en el contexto contemporáneo caracterizado por procesos de globalización y planetarización.

1.5 Administración y gestión del agua en México

En México, el recurso agua, ya sea procedente de la lluvia o de algunas fuentes naturales o construidas por diversos sectores sociales es fundamental en las actividades y procesos relacionados con la agricultura. El manejo y gestión del recurso agua posee varias peculiaridades, las cuales están vinculadas con las condiciones geográficas y ambientales, la organización social y el establecimiento de cultivos, tanto para la subsistencia familiar como para abastecer a los mercados regionales y nacionales. En este sentido, las regiones hidrológico-administrativas (RHA) del territorio mexicano se definen como una red hidrológica de depresión natural en la cual se ha acumulado agua de lluvia; ésta circula hacia una corriente principal, y finalmente llega a un punto común de salida. También son definidas como la unidad básica para la gestión de recursos hídricos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (SEMARNAT, 2018).

En el contexto del territorio mexicano La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es la entidad (dependencia gubernamental) encargada de la gestión del agua con apoyo de 13 organismos de cuenca cuyo ámbito de competencia son precisamente las regiones hidrológico-administrativas (Para todo México, 2023). El país se ha dividido en 13 regiones hidrológico-administrativas, las cuales están conformadas por agrupaciones de cuencas, consi-

deradas unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, pero respetando sus límites municipales, facilitando de esta manera la integración de la información socioeconómica (CONAGUA, 2011) (Mapa 1).

Las regiones hidrológico-administrativas (RHA) también llamados Organismos de Cuenca de México son divisiones geográficas en el país y son utilizadas para gestión y administración de los recursos hídricos. Estas regiones fueron creadas y conformadas con el propósito de facilitar la planificación y toma de decisiones relacionadas con el manejo del agua, así como coordinar esfuerzos entre los diferentes niveles de gobierno (federales, estatales, municipales) y las organizaciones civiles en la gestión de los recursos hídricos (CONAGUA, 2020). Como se observa en el mapa número uno, sus nombres, localizaciones, colindancias y dimensiones están asociadas con peculiaridades geográficas y administrativas.

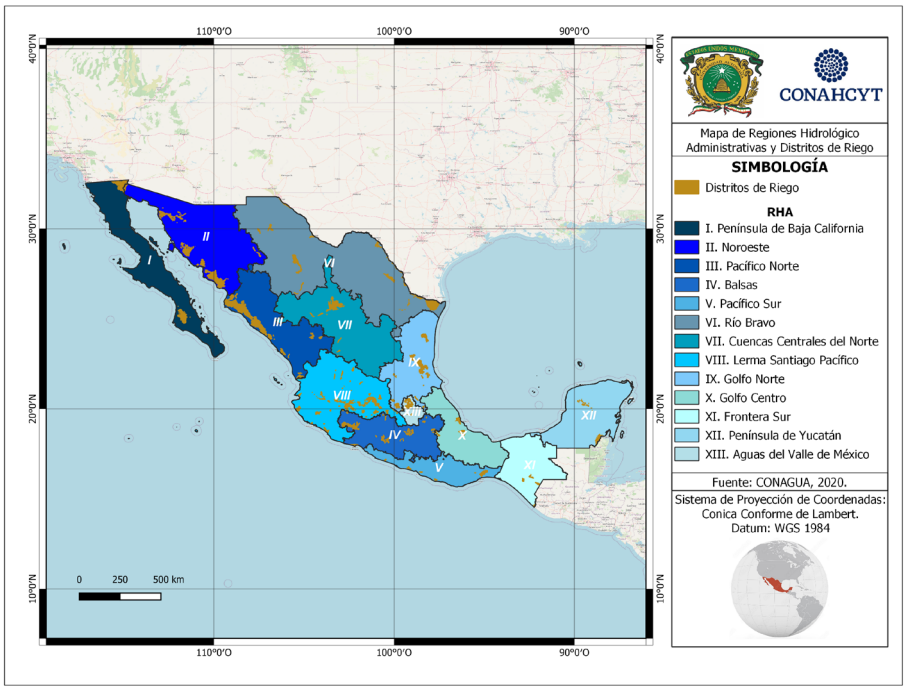
Las divisiones territoriales de las regiones hidrológico-administrativas agrupan cuencas hidrológicas y sistemas de acuíferos similares en función de su ubicación geográfica, características hidrológicas, climáticas y de uso (Mapa 1). Estas divisiones permiten una gestión más efectiva y eficiente de los recursos hídricos al considerar las particularidades, requerimientos y desafíos específicos de cada región. Además, las RHA ayudan a coordinar la planeación y el manejo del agua entre las autoridades federales, estatales y municipales. Hasta la fecha (2025) el territorio mexicano se conforma o divide en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas (CONAGUA, 2020), las cuales se refieren enseguida:

- RHA I: Península de Baja California
- RHA II: Noroeste
- RHA III: Pacífico Norte
- RHA IV: Balsas
- RHA V: Pacífico Sur
- RHA VI: Río Bravo
- RHA VII: Cuencas Centrales del Norte
- RHA VIII: Lerma-Santiago-Pacífico
- RHA IX: Golfo Norte
- RHA X: Golfo Centro
- RHA XI: Frontera Sur
- RHA XII: Península de Yucatán
- RHA XIII: Valle de México

La conformación de las divisiones territoriales de las regiones hidrológico-administrativas se basaron en la ubicación geográfica de las cuencas hidrográficas y los sistemas de acuíferos existentes en el país, lo cual permite una gestión más efectiva de los recursos hídricos en cada una de las unidades de

riego. Es importante destacar que estas regiones pueden ser sujetas a modificaciones, esto en virtud de cambios o variaciones en las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, humedad), la disponibilidad de agua en las fuentes, así como de las necesidades de suministro y gestión (CONAGUA, 2020).

Mapa 1. Regiones Hidrológico-Administrativas en el territorio mexicano



Fuente: CONAGUA (2020).

1.6 Regiones hidrológico-administrativas: beneficios y funciones

Las regiones hidrológico-administrativas son indispensables para la agricultura de riego en México, además, desempeñan un papel fundamental en la planificación, gestión y sostenibilidad de esta actividad (CONAGUA, 2020). Su importancia radica en la producción de alimentos para la sociedad mexicana, tanto de las poblaciones del ámbito rural como de las que viven en las zonas urbanas. Con el uso del agua en la agricultura de riego se fomenta la seguridad alimentaria, además, las RHA desempeñan múltiples funciones ecológicas, ambientales, sociales, económicas y culturales, las más relevantes son las siguientes:

- Gestión de recursos hídricos: Las RHA se crearon y conformaron para facilitar la gestión de los recursos hídricos en México. Para el riego agrícola, el agua es un recurso esencial, y su disponibilidad y uso sostenible son fundamentales en la producción de diversos cultivos. Cada RHA comprende una serie de cuencas hidrográficas y sistemas acuíferos, lo que permite una gestión más precisa, equilibrada y adaptada a las condiciones específicas de cada región (CONAGUA, 2020).

- Distribución equitativa: Las RHA ayudan a garantizar una distribución más equitativa del agua para riego entre las diferentes regiones del territorio. Esto es importante para evitar y controlar la sobreexplotación de recursos hídricos en una región a expensas de otras, lo cual podría dar lugar a escasez de agua y conflictos entre usuarios. La distribución equitativa está en función de la superficie cultivada y desde luego, por los requerimientos de agua de los cultivos, la temporada de lluvias o sequías, entre otras (CONAGUA, 2020).

- Adaptación al clima y al entorno: Cada RHA comprende áreas con características climáticas y geográficas similares. Esto es esencial para planificar y adaptar las prácticas de riego a las condiciones locales. Por ejemplo, en regiones áridas o semiáridas, se pueden promover técnicas de riego más eficientes, como el riego por goteo o la agricultura de precisión, con el propósito de conservar el agua. Los requerimientos de agua para riego en las zonas áridas son distintos a los requerimientos en cultivos de zonas templadas (CONAGUA, 2020).

- Protección del medio ambiente: El uso sostenible del agua en la agricultura es esencial para proteger los ecosistemas acuáticos y terrestres, de esta manera se protege y conserva la biodiversidad, en otros términos, las plantas y animales existentes en los ecosistemas (se favorece la continuidad de los procesos ecológicos). Las RHA permiten una mejor coordinación para minimizar el impacto ambiental del riego agrícola, así como la contaminación del agua y la sobreexplotación de acuíferos (CONAGUA, 2020).

- Planificación a largo plazo: Las RHA fomentan la planificación a largo plazo de los cultivos en la agricultura de riego. Los planes y políticas de gestión de recursos hídricos pueden adaptarse a las necesidades y demandas específicas de cada región, lo cual puede contribuir de manera paulatina a la sostenibilidad y la resiliencia de la agricultura en el país. La planificación de establecimiento de los cultivos es esencial

para satisfacer las demandas de la población mexicana (CONAGUA, 2020).

- Coordinación interinstitucional: La gestión de los recursos hídricos y el riego de los cultivos agrícola involucran a múltiples niveles de gobierno y organizaciones (ejidales, comunales, cooperativas). Las RHA facilitan la coordinación y colaboración entre estas entidades para abordar los desafíos comunes y trabajar de manera conjunta en la implementación de políticas y proyectos relacionados con el manejo del agua y la agricultura (CONAGUA, 2020).

- Eficiencia en el uso del agua: Al adaptar las prácticas de riego a las condiciones geográficas específicas de cada RHA, es posible lograr un uso más eficiente del recurso agua en los cultivos agrícolas. Esto es esencial en un contexto de escasez de agua para la agricultura. Cada año las condiciones climáticas son diferentes, y, por consiguiente, se deben atender las necesidades de agua para el riego de los cultivos (CONAGUA, 2020).

- Reducción de riesgos: Las RHA representan una estrategia importante para ayudar a gestionar los riesgos relacionados con eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones (riesgos hidrometeorológicos). Al conocer las características geográficas y ambientales de cada región, es posible implementar medidas de mitigación y adaptación más efectivas (vinculadas con el cambio climático) (CONAGUA, 2020).

Las regiones hidrológico-administrativas son esenciales para el establecimiento de cultivos de riego en México, toda vez que permiten una gestión más eficiente, equitativa y sostenible del agua, y por supuesto, adaptada a las condiciones geográficas y productivas de cada región, lo que es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria de la población y la conservación de los recursos hídricos. En este sentido es importante mencionar que al hacer un manejo adecuado del recurso agua, al mismo tiempo, se contribuye en la realización de otras actividades como producción de alimentos de origen animal (cultivo de peces), producción de alimento (forraje para los animales), cría de animales domésticos y ganadería, funcionamiento de agroindustrias, por ejemplo, producción de leche y sus derivados, actividades turísticas, entre otras. Pero independientemente de los múltiples beneficios y funciones que desempeñan las regiones, se protegen y conservan otros recursos naturales como el suelo y la vegetación.

Un beneficio relevante del recurso agua en la regiones hidrológico-administrativas es el suministro de agua para consumo humano, esto en virtud de

que algunas de las cuencas que conforman las RHA son fuente importante para los sistemas de abastecimiento, conducción, distribución y almacenamiento de agua potable. Desde luego, otras funciones importantes vinculadas con estas regiones son los servicios ecosistémicos que proporcionan. De manera directa e indirecta, el agua es esencial para la vida, en otras palabras, sin agua no hay vida.

1.7 Distribución del uso del agua en las regiones hidrológico-administrativas

Como se mencionó en los primeros párrafos de este capítulo, el uso del agua en las regiones hidrológico-administrativas de México es diverso, situación asociada con múltiples factores geográficos, económicos, sociales, culturales, agrícolas, establecimientos industriales, densidad de población y demanda de alimentos en los mercados regionales o nacionales. Enseguida se exponen los usos del agua para cada una de las RHA, ubicándolos en tres rubros fundamentales: agrícola, industrial y abastecimiento público (doméstico). En las figuras correspondientes con cada región hidrológico-administrativa se representan los distritos de riego con color verde-azul.[2]

RHA I: Península de Baja California

Esta es una de las regiones hidrológico-administrativas mejor identificadas, pues se ubica en el extremo noroeste de la República Mexicana, limita al norte con los Estados Unidos de América en una línea fronteriza de 265 km, de los cuales 233 km colindan con el Estado de California. La RHA está conformada por dos entidades federativas: Baja California y Baja California Sur, tiene una superficie continental de 145,386 km² (Para todo México, 2023) (Figura 1). El mayor uso del agua corresponde al sector agrícola, seguido por el uso para abastecimiento público (doméstico) y el uso industrial.

- Uso Agrícola: 81 %
- Uso Industrial: 7 %
- Uso Abastecimiento público: 12 %

2 Con base en la escala y dimensiones de las figuras, en algunas de las regiones hidrológico-administrativas no es posible observar la delimitación de los distritos de riego, siendo notorias solamente algunas agrupaciones de puntos. Además, la inclusión de los municipios no significa que el agua para riego sea suministrada a toda la jurisdicción del territorio municipal. En algunos distritos de riego, amplias extensiones de las regiones no son beneficiadas con el abastecimiento de agua, en tanto, que en otras, el uso del agua se concentra en áreas específicas.

RHA II: Noroeste

Esta región RHA también se localiza hacia el noroeste de México y se conforma en su mayoría por el Estado de Sonora (políticamente integra los 72 municipios) y siete municipios de la porción centro-occidental del Estado de Chihuahua (Guerrero, Madera, Matachí, Temósachi, Ocampo, Uruachi y Álamos), los cuales son muy próximos con las colindancias del Estado de Sonora. La base administrativa de esta RHA se ubica en la ciudad de Hermosillo. Tiene una superficie de 205,218 km² (Para todo México, 2023) (Figura 2). El mayor uso del agua está relacionado con el sector agrícola, seguido por el uso de abastecimiento público y el uso industrial.

- Uso Agrícola: 89 %
- Uso Industrial: 2 %
- Uso Abastecimiento público: 9 %

Figura 1. Región hidrológico-administrativa I: Península de Baja California



Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

Figura 2. Región hidrológico-administrativa II: Noreste



Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA III: Pacífico Norte

La RHA Pacífico Norte comprende la totalidad del Estado de Sinaloa y algunas porciones del Estado de Chihuahua, Estado de Durango, Estado de Zacatecas y Estado de Nayarit. Tiene una superficie total de 152,013 km^2. La sede de la RHA se localiza en la ciudad de Culiacán (Para todo México, 2023) (Figura 3). En esta región el mayor uso del suelo está vinculado con las actividades y procesos agrícolas, mientras que los menores usos corresponden al abastecimiento público (doméstico) e industrial.

- Uso Agrícola: 93 %
- Uso Industrial: 1 %
- Uso Abastecimiento público: 6 %

Figura 3. Región hidrológico-administrativa III: Pacífico Norte



Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA IV: Balsas

La región Balsas se ubica en la zona central del país, en confluencia con el eje Neovolcánico Transversal (Sierra Volcánica Transversal). Incluye en su totalidad al Estado de Morelos y parcialmente los Estados de Tlaxcala, Puebla, México, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco. En su superficie se localizan 442 municipios. La sede administrativa se encuentra en la ciudad de Cuernavaca, Morelos. Tiene una superficie de 119,247 km² (Para todo México, 2023) (Figura 4). El uso predominante del agua corresponde con el sector agrícola, seguido por el sector industrial y en menor proporción se ubica el uso de abastecimiento público.

- Uso Agrícola: 57 %
- Uso Industrial: 32 %
- Uso Abastecimiento público: 11 %

Figura 4. Región hidrológico- administrativa IV: Balsas



Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA V: Pacífico Sur

La región del Pacífico Sur está localizada al suroeste del territorio mexicano, comprende parte del Estado de Guerrero y Estado de Oaxaca, siendo este último la sede de la región administrativa en la capital de la entidad, Oaxaca de Juárez. La región está conformada por 429 municipios, tiene una superficie de 77,525 km² (Para todo México, 2023) (Figura 5). El sector agrícola tiene el mayor uso del agua, en segundo lugar, se ubica el uso de abastecimiento público, y el tercer lugar corresponde al uno industrial.

- Uso Agrícola: 72 %
- Uso Industrial: 1 %
- Uso Abastecimiento público: 27 %

Figura 5. Región hidrológico-administrativa V: Pacífico Sur



Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA VI: Río Bravo

Esta región se localiza al norte del país, está integrada por porciones de los Estados fronterizos de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (también incluye un área correspondiente al Estado de Durango) con los Estados Unidos de América. La Región Río Bravo es la más extensa de México con 379,552 km². Está conformada por 141 municipios, de los cuales, 31 corresponden al Estado de Coahuila, 52 al Estado de Chihuahua, 47 al Estado de Nuevo León, 10 al Estado de Tamaulipas y 1 al Estado de Durango (Para todo México, 2023) (Figura 6). En esta RHA el mayor uso del agua está vinculado con la agricultura, el segundo lugar corresponde al uso de abastecimiento público, y el tercer lugar lo ocupa el uso industrial.

- Uso Agrícola: 84 %
- Uso Industrial: 3 %
- Uso Abastecimiento público: 13 %

Figura 6. Región hidrológico-administrativa VI: Río Bravo



Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA VII: Cuencas centrales del Norte

Esta región se ubica en la zona conocida como altiplano de la República Mexicana. Se caracteriza por una amplia diversidad fisiográfica y una baja disponibilidad de agua. Abarca una extensión territorial de 202,562 km² (10.4 % del territorio nacional). Se encuentra integrada por 82 municipios pertenecientes a los Estados de Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas. Tiene como sede la ciudad de Torreón, Coahuila (Para todo México, 2023) (Figura 7). Con relación a los usos del agua, el primer lugar lo ocupa el uso agrícola, seguido por el uso de abastecimiento público y el uso industrial.

- Uso Agrícola: 86 %
- Uso Industrial: 4 %
- Uso Abastecimiento público: 10 %

Figura 7. Región hidrológico-administrativa VII: Cuencas Centrales del Norte



Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA VIII: Lerma-Santiago-Pacífico

La Región Lerma-Santiago-Pacífico está ubicada en ambientes adyacentes al eje Neovolcánico transversal (Sierra Volcánica Transversal), tiene su sede en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Esta región incluye porciones de nueve entidades: Estado de Aguascalientes, Estado Colima, Estado de Guanajuato, Estado de Jalisco, Estado de México, Estado de Michoacán, Estado de Nayarit, Estado de Querétaro y Estado de Zacatecas. Tiene una superficie de 190,366 km² (Para todo México, 2023) (Figura 8). El mayor volumen de agua corresponde a las actividades y procesos vinculados con el sector agrícola, seguido por el uso de abastecimiento público y finalmente, el sector industrial

- Uso Agrícola: 83 %
- Uso Industrial: 3 %
- Uso Abastecimiento público: 14 %

Figura 8. Región hidrológico-administrativa VIII: Lerma-Santiago-Pacífico



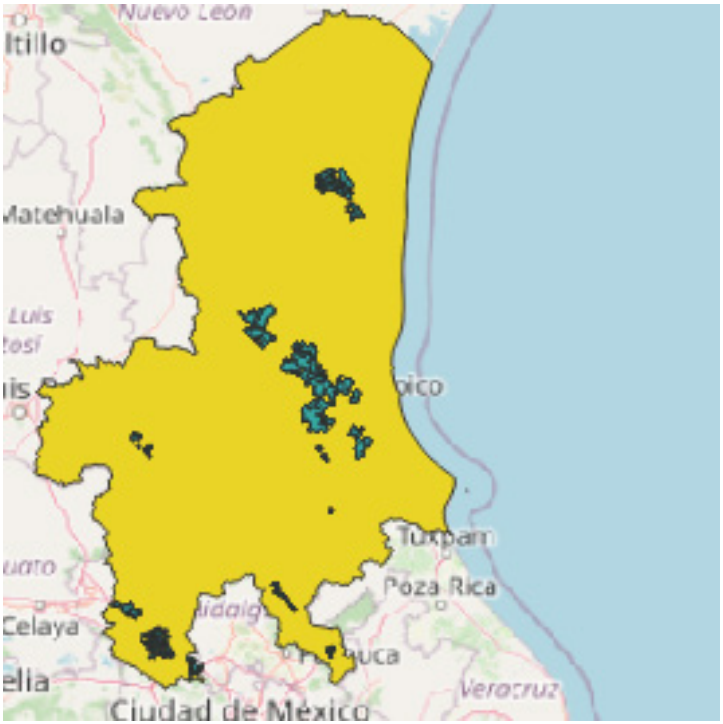
Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA IX: Golfo Norte

La región correspondiente al Golfo Norte está compuesta por 154 municipios de ocho entidades federativas: Estado de Tamaulipas, Estado de San Luis Potosí, Estado de Veracruz, Estado de Guanajuato, Estado de Hidalgo, Estado de México, Estado de Querétaro y una porción del Estado de Nuevo León. La RHA tiene como sede a ciudad Victoria, Tamaulipas. La región tiene una superficie de 127,867 km^2, lo cual corresponde al 6.5 % de la superficie del territorio nacional (Para todo México, 2023) (Figura 9). El uso predominante del agua es agrícola, el segundo lugar corresponde al uso de abastecimiento público y finalmente, al uso industrial.

- Uso Agrícola: 74 %
- Uso Industrial: 9 %
- Uso Abastecimiento público: 17 %

Figura 9. Región hidrológico-administrativa IX: Golfo Norte



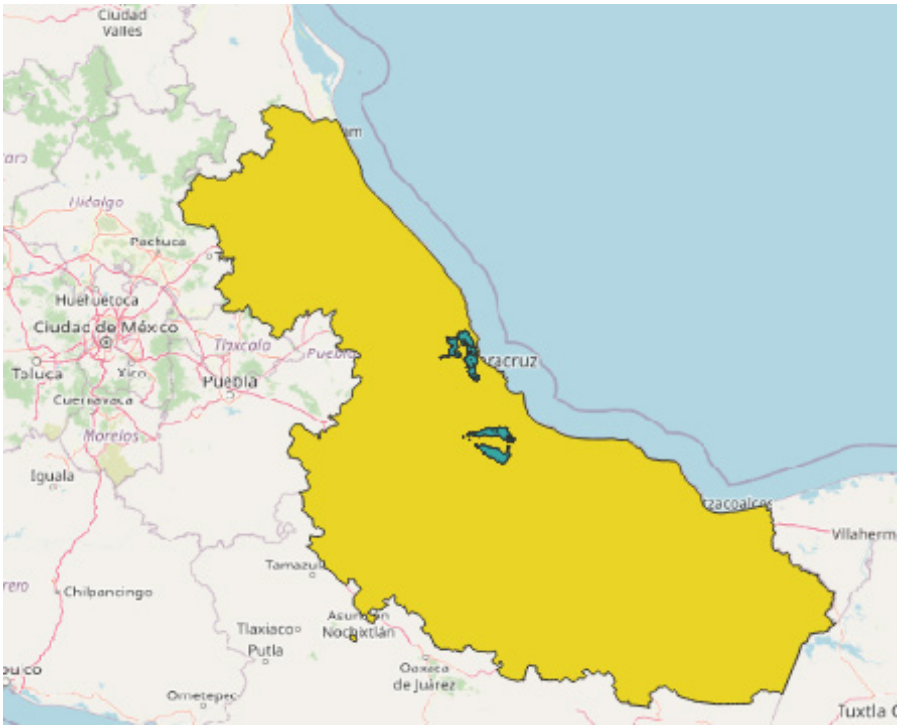
Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA X: Golfo Centro

La región X está compuesta por porciones de cuatro entidades: Estado de Hidalgo, Estado de Oaxaca, Estado de Puebla y Estado de Veracruz. Tiene su sede administrativa en la ciudad de Jalapa, Veracruz. Cuenta con una superficie de 104,790 km² (Para todo México, 2023) (Figura 10). Como es notorio, en todas las RHA predomina el uso del agua agrícola, es decir, para las actividades y procesos vinculados con la agricultura y en menores proporciones para el uso industrial y el de abastecimiento público. En esta región el 65 % del agua está destinado al sector agrícola, sin embargo, también es significativo el uso industrial y el de abastecimiento público.

- Uso Agrícola: 65 %
- Uso Industrial: 22 %
- Uso Abastecimiento público: 13 %

Figura 10. Región hidrológico-administrativa X: Golfo Centro



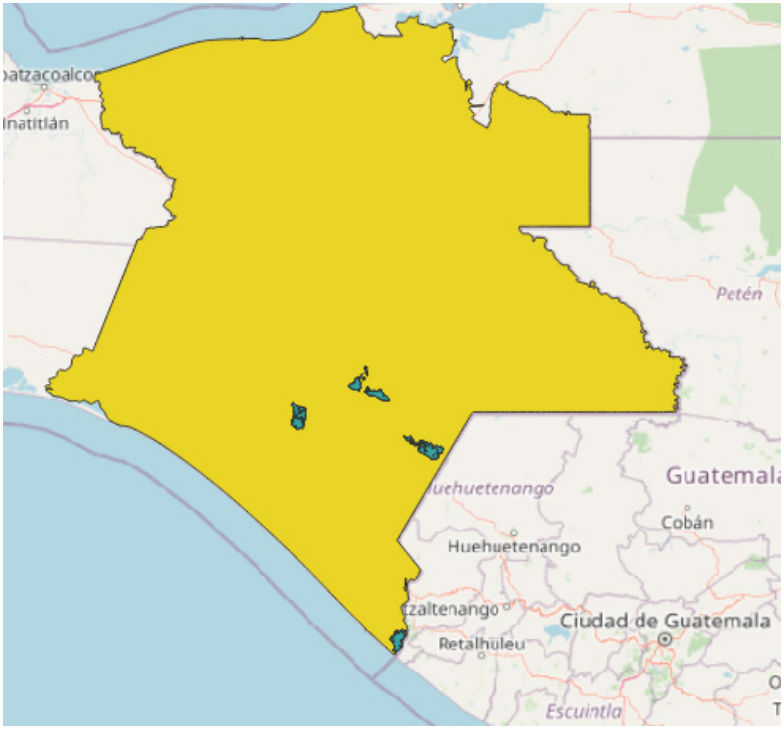
Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA XI: Frontera Sur

La región tiene como sede administrativa a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, tiene una superficie total de 101,231 km². Esta RHA incluye a cuatro Estados del Sureste de la República Mexicana: Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Campeche (Para todo México, 2023) (Figura 11). En orden descendente los usos del agua en los distritos de riego de esta región corresponden al sector agrícola (actividades y procesos asociados con la agricultura), en segunda posición se encuentra el uso para abastecimiento público, y finalmente el sector industrial.

- Uso Agrícola: 74 %
- Uso Industrial: 5 %
- Uso Abastecimiento público: 21 %

Figura 11. Región hidrológico-administrativa XI: Frontera Sur



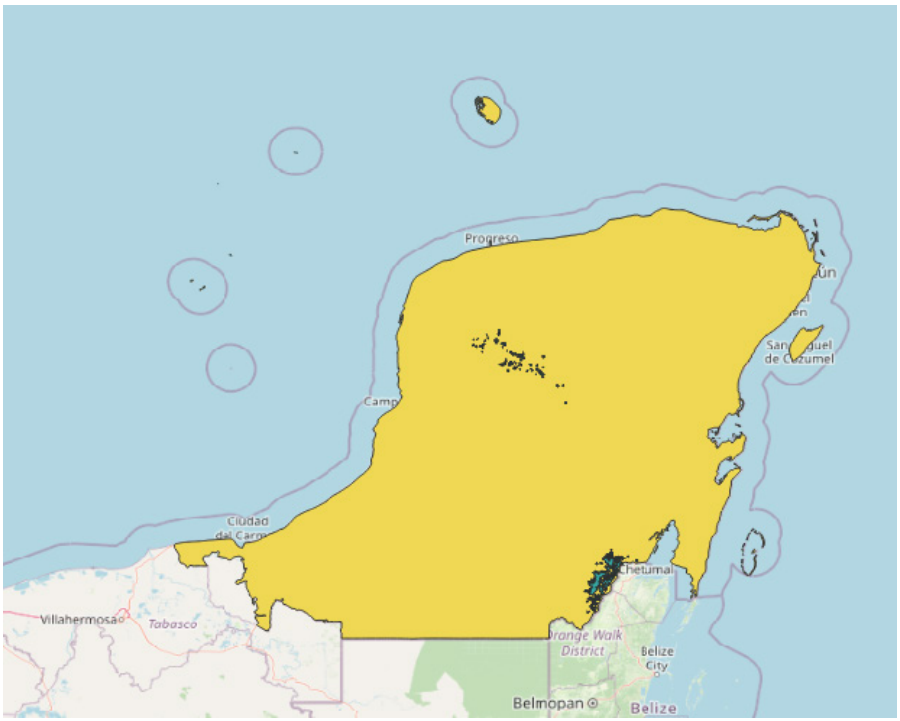
Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA XII: Península de Yucatán

Con sede en la ciudad de Mérida, Yucatán, la región XII se ubica hacia el sureste del territorio mexicano y está integrada por tres entidades: Estado de Campeche, Estado de Quintana Roo y Estado de Yucatán. En su jurisdicción están incluidos 28 municipios y cuenta con una superficie total de 137,753 km² (Para todo México, 2023) (Figura 12). En esta región hidrológico-administrativa el mayor uso del agua es el relativo con el sector agrícola y en menores volúmenes al uso de abastecimiento público y uso industrial, los dos últimos usos disponen casi del mismo volumen.

- Uso Agrícola: 71 %
- Uso Industrial: 14 %
- Uso Abastecimiento público: 15 %

Figura 12. Región hidrológico- administrativa XII: Península de Yucatán



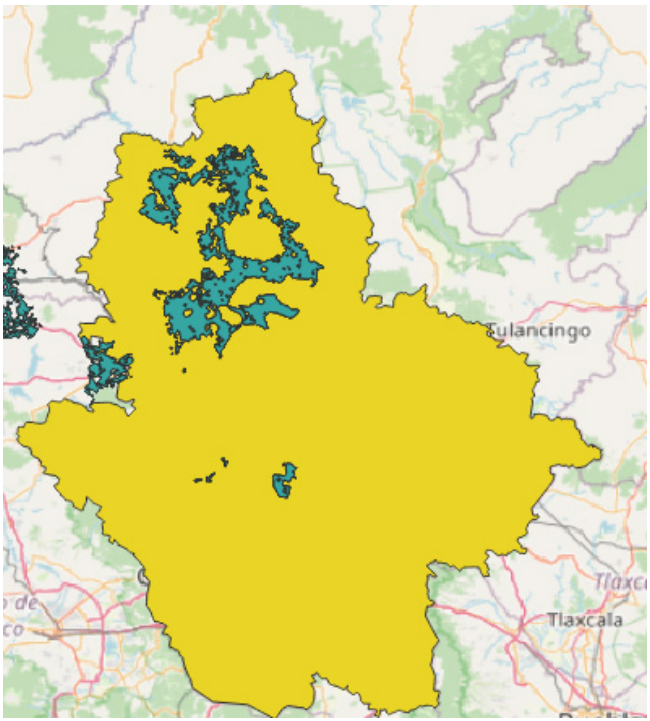
Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

RHA XIII: Valle de México

La Región Valle de México está integrada por porciones de los Estados de Hidalgo, México, Tlaxcala y la totalidad de la ciudad de México (antes Distrito Federal). Precisamente, tiene su sede en la ciudad de México y en su demarcación contiene 40 municipios sumando una superficie de 16,438 km² (Para todo México, 2023) (Figura 13). Una peculiaridad muy significativa de esta RHA es que el uso de agua para abastecimiento público es muy importante (45 %), situación muy vinculada con la alta densidad poblacional en una superficie relativamente reducida, desde luego, el uso agrícola ocupa el primer lugar, y finalmente, el uso industrial.

- Uso Agrícola: 49 %
- Uso Industrial: 6 %
- Uso Abastecimiento público: 45 %

Figura 13. Región hidrológico-administrativa XIII: Valle de México



Fuente: CONAGUA (2007 y 2020).

1.8 Régimen de propiedad ejidal y pequeños propietarios

En el contexto internacional existen varias formas de propiedad de la tierra, para el caso de México, la tenencia de la tierra se refiere a un sistema de relación jurídica o consuetudinaria que existe entre las personas y la tierra, asimismo, considera los derechos, obligaciones y deberes que tienen las personas sobre la tierra y sus recursos. El régimen de tenencia de la tierra en los distritos de riego de las RHA es ejidal, comunal y de pequeños propietarios. El ejido es una forma de propiedad colectiva de la tierra que se encuentra regulada por la Ley Agraria. El ejido es una persona moral con personalidad jurídica y patrimonio propio, el cual se encuentra conformado por un conjunto de bienes y derechos denominados propiedad ejidal (Orozco, 2010). Por otra parte, la pequeña propiedad es una forma individual de propiedad de la tierra y se refiere a las parcelas que no exceden las 100 hectáreas. Respecto a la pequeña propiedad, el propietario tiene derecho a usar, disfrutar y disponer libremente de su parcela, sin embargo, existen ciertas limitaciones en cuanto

a la enajenación y transmisión de derechos parcelarios (SIL, 2022) (Cuadro 2 y Mapa 2).

En el territorio mexicano, durante 1999, el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (PROCEDE) realizó la regularización de las parcelas ejidales, esto con la finalidad de otorgar el reconocimiento a posesionarios mediante la expedición de Certificados Parcelarios y Asignación de Derechos sobre Tierras de Uso Común (PROCEDE, 2000). De esta manera los certificados, tanto parcelarios como de Tierras de Uso Común representan un patrimonio para los ejidatarios, y al mismo tiempo, una seguridad en el manejo de los recursos naturales y, en consecuencia, el establecimiento de cultivos para la producción de alimentos.

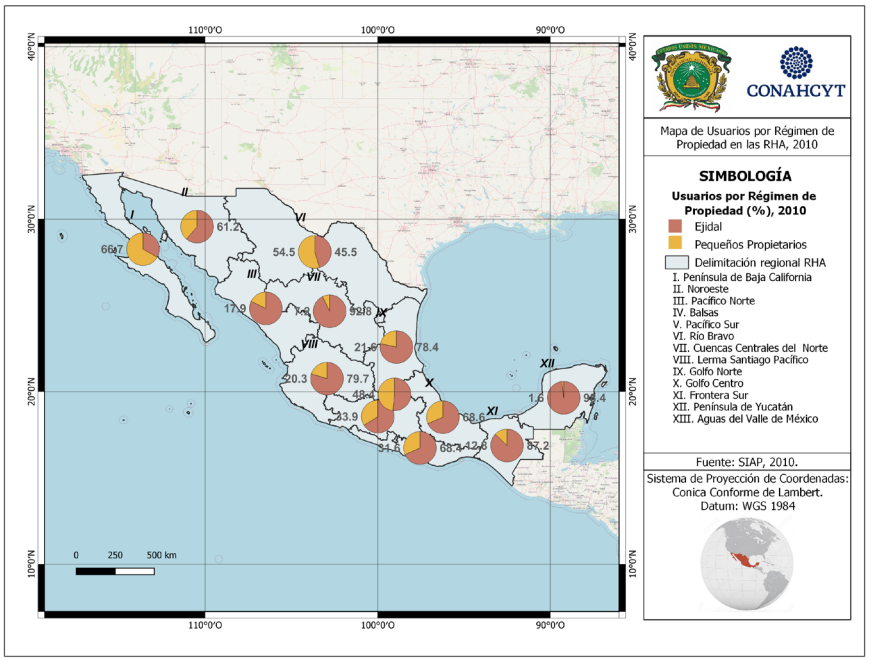
El régimen de propiedad de tenencia de la tierra en los distritos de riego ubicados en las regiones hidrológico-administrativas corresponde con dos categorías: ejidal y de pequeños propietarios. Como se observa en el cuadro número y mapa 2 para el 2010 el número de usuarios de agua en todas las RHA, la propiedad de la tierra estaba relacionada con ambos regímenes de tenencia de la tierra, esto es, ejidal y de pequeños propietarios, aunque en la RHA XII (Península de Yucatán) sólo un número muy reducido correspondía a la categoría de pequeños propietarios.

Cuadro 2. Usuarios en las regiones hidrológico-administrativas, 2010

Región Hidrológica Administrativa	Total general	Ejidal	Pequeños propietarios
I	18,009	5,989	12,020
II	27,104	16,581	10,523
III	86,368	70,897	15,471
IV	54,696	36,178	18,518
V	7,156	4,896	2,260
VI	28,792	13,094	15,698
VII	33,362	30,967	2,395
VIII	72,856	58,090	14,766
IX	20,823	16,315	4,508
X	6,885	4,725	2,160
XI	4,993	4,355	638
XII	5,044	4,961	83
XIII	66,521	34,328	32,193

Fuente: SIAP (2010).

Mapa 2. Usuarios por régimen de propiedad de los Distritos de Riego en las regiones hidrológico-administrativas, 2010



Fuente: SIAP (2010).

Durante el 2010, el régimen de propiedad se encontraba dominado por los ejidos, registrando un total de 432,609 usuarios de agua en los distritos de riego pertenecientes a las RHA, 301,376 correspondían a ejidatarios, mientras que solamente 131,233 usuarios correspondían a la categoría de pequeños propietarios. Las regiones en las que se registró el mayor número de usuarios de agua en los distritos de riego correspondieron a las siguientes: RHA III (Pacífico Norte), RHA VIII (Lerma-Santiago-Pacífico), RHA XIII (Aguas del Valle de México), RHA IV (Balsas), y RHA VII (Cuencas Centrales del Norte); por el contrario, las regiones que registraron el menor número de usuarios correspondieron a las regiones RHA XI (Frontera Sur), RHA XII (Península de Yucatán), RHA X (Golfo Centro), y RHA V (Pacífico Sur).

Como se mencionó en párrafos anteriores, todas las RHA son diferentes en superficie, volumen de agua utilizada, condiciones geográficas, número de usuarios y régimen de tenencia de la tierra, además, todas son sujetas a variaciones en su estructura y funcionamiento, lo cual está en función con el abastecimiento y la demanda por parte de los usuarios. Al comparar el número de usuarios de 2010 con el 2021, son relevantes algunas variaciones signi-

ficativas en el número de usuarios con relación al régimen de tenencia de la tierra (Cuadro 3 y Mapa 3). Los círculos presentados en los mapas contienen los porcentajes de los usuarios, esto de acuerdo con el régimen de propiedad.

Para el 2010 se observó una participación mayor por parte de los usuarios con régimen ejidal en comparación con los usuarios de la categoría pequeños propietarios. Para el 2021 el número de usuarios totales en las RHA incrementó a 470,747, correspondiendo 330,169 a usuarios ejidales y 140,578 a usuarios de la categoría pequeños propietarios. En ese sentido, las regiones que durante 2021 concentraron mayor número de usuarios totales correspondieron a la RHA III (Pacífico Norte), RHA XIII (Aguas del Valle de México), RHA VIII (Lerma-Santiago-Pacífico), RHA IV (Balsas) y RHA II (Noroeste). Una peculiaridad de este año, es que la totalidad de las regiones estaban integradas en su mayoría por usuarios ejidales con excepción de la RHA VI (Río Bravo), en la que más del 55 % de sus usuarios corresponden a pequeños propietarios.

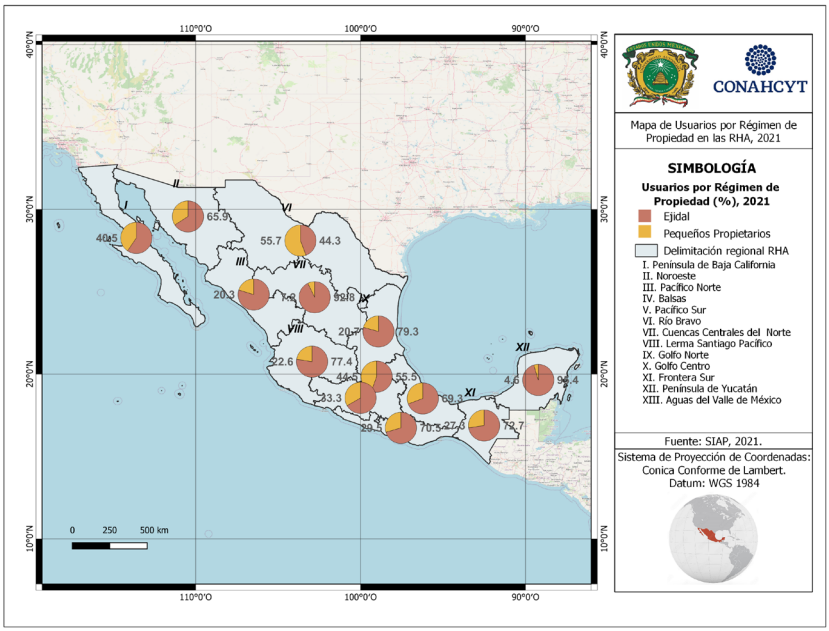
El comportamiento de variaciones tendenciales hacia el incremento en el número de usuarios ejidales y, en consecuencia, el número de usuarios de pequeños propietarios en los años 2010 y 2020 se vinculaba con diversos factores, principalmente climáticos, ambientales y económicos. Es notorio que, a mayor número de usuarios ejidales, disminuye el número de usuarios de pequeños propietarios, desde luego, los segundos usuarios también incrementan, pero de manera no significativa, es decir, el incremento es muy lento.

Cuadro 3. Usuarios en las regiones hidrológico-administrativas, 2021

Región Hidrológica Administrativa	Total general	Ejidal	Ejidal (porcentaje)	Pequeños propietarios	Pequeños propietarios (Porcentaje)
I	18,925	11,254	59.4663144 %	7,671	40.5336856 %
II	37,731	24,856	65.87686518 %	12,875	34.12313482 %
III	94,828	75,602	79.72539756 %	19,226	20.27460244 %
IV	58,776	39,209	66.70920103 %	19,567	33.29079897 %
V	10,808	7,620	70.50333087 %	3,188	29.49666913 %
VI	33,034	14,625	44.27256766 %	18,409	55.72743234 %
VII	33,360	30,967	92.82673861 %	2,393	7.17326138999999 %
VIII	73,036	56,535	77.40703215 %	16,501	22.59296785 %
IX	18,183	14,428	79.34884233 %	3,755	20.65115767 %
X	6,836	4,734	69.25102399 %	2,102	30.74897601 %
XI	7,045	5,120	72.67565649 %	1,925	27.32434351 %
XII	4,558	4,348	95.3927161 %	210	4.6072839 %
XIII	73,627	40,871	55.51088595 %	32,756	44.48911405 %

Fuente: SIAP (2010).

Mapa 3. Usuarios por régimen de propiedad de los Distritos de Riego en las regiones hidrológico-administrativas, 2021



Fuente: SIAP (2021).

1.9 Fuentes de abastecimiento de agua

Se entiende por fuentes de abastecimiento a todos los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos que permiten conducir agua hasta los cultivos establecidos en los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas. La información contenida en este apartado se analizó e interpretó con el servicio de mapas web de *OpenStreetMap*, documentos oficiales de dependencias gubernamentales y capas cartográficas, esto con la finalidad de definir y ubicar las principales fuentes de abastecimiento superficiales de mayor importancia para cada Distrito de Riego, así como obtener una visión más extensa y gráfica de la composición de cada una de las regiones hidrológico-administrativas y de los distritos de riego (Cuadro 4).

Las principales fuentes de abastecimiento de agua en los Distritos de Riego de las 13 regiones hidrológico-administrativas del territorio mexicano están compuestas por caudales de ríos. lagunas, lagos, presas, ciénagas, esteros y canales de aguas residuales; todas con sus propias características vinculadas con la calidad, volúmenes, infraestructura de sistemas de conducción y distribución y almacenamientos (depósitos, embalses). Enseguida se presentan

los distritos de riego que integran las RHA y sus respectivas fuentes de abastecimiento.

Cuadro 4. Fuentes de abastecimiento de agua en los Distritos de Riego de las regiones hidrológico-administrativas de México

No.	Región hidrológico-administrativa	Distrito de Riego	Fuentes de abastecimiento
I	Península de Baja California	Río colorado	Río Álamo
		Santo Domingo	• Arroyo Palo Bola • Arroyo las Bramonas
II	Noroeste	Colonias Yaquis	Río Yaqui
		Altar Piquito	Río Asunción
		Río Mayo	Río Mayo
		Río Yaqui	• Cocoraque • Río Yaqui
		Costa de Hermosillo	Rio Sonora
		Papigochic	• Río Papigochic • Río Carpio
		Guaymas	Arroyo San José de Guaymas
III	Pacífico norte	Culiacán-Humaya	Presa Adolfo López Mateos
		Estado de Nayarit	• Río Santiago • Río el mezquital
		Estado de Durango	Río Tunal
		Guasave	• Río Sinaloa • Arroyo Ocoroni
		Mocorito	• Sanalona • Adolfo López Mateos • Juan Guerrero Alcocer
		Río Fuerte	• Presa la Amistad • Falcón
		Valle del Carrizo	Río Fuerte
		Elota-Piaxtla	Río San Lorenzo
		Río San Lorenzo	Río San Lorenzo
		Río Presidio	Río Presidio
IV	Balsas	Estado de Morelos	• Lago de Tequesquitengo • Río Chalma • Presa Pala Blanca • Río Cuautla • Río Yautepec • Río Apatlaco
		Valsequillo	• Presa Lázaro Cárdenas • Presa Plutarco Elías Calles • Presa Álvaro Obregón
		Tuxpan	• Río Cutzamala • Río Lerma • El Fresno
		Atoyac-Zahuapan	Laguna el rosario
		Amuco-Cutzamala	Río Balsas
		Tepecoacuilco-Quechultenango	Laguna de Tuxpan
		Lázaro Cárdenas	Río Tepalcatepec
		José María Morelos	• Presa José María Morelos • Río Balsas
		Quitupan-La Magdalena	Laguna de San Juanico
V	Golfo norte	Mante	• Guayaleja • Río Monte

Continúa...

No.	Región hidrológico-administrativa	Distrito de Riego	Fuentes de abastecimiento
		Metztitlán	Lago Metztitlán
		San Juan del Río	Constitución de 1917
		Tulancingo	• Laguna de Supitlán • Río Tulancingo
		Xicoténcatl	• Río Sabinas • Río Guayaleja
		Jilotepec	Danxhó
		Río Verde	• Río Verde • Canal 5
		El Higo	Río Panuco
		Río Soto La Marina	• San Fernando • Río Soto La Marina
		Río Pánuco, Las Ánimas	• Presa Las Ánimas • Río Pánuco • Guayalejo
		Río Pánuco, Chicayán	Río Pánuco
		Río Pánuco, Pujal Coy I	• Río Pánuco • Laguna Marland
		Arroyo Zarco	Presa el molino
VI	Pacífico Sur	Tehuantepec	• Presa presidente Benito Juárez • Laguna Superior • Río Tehuantepec
		Atoyac	Río Atoyac
		Cuajinicuilapa (Ometepec)	Azoyu
		Nexpa	Laguna Tecomate
		Río Verde-Progreso	Río Verde
VII	Río Bravo	Don Martín	• Río Salado • Arroyo Candela
		Delicias	Río San Pedro
		Palestina	• Presa San Miguel • Río San Diego • Presa El Centenario
		Valle de Juárez	• Río Bravo • Island Drain Canal
		Bajo Río Bravo	Río Bravo
		Bajo Río San Juan	• Presa el Azúcar • Río Bravo
		Las Lajas	• Presa el Cuchillo • Río San Juan
		Buenaventura	Presa el tintero
		Acuña-Falcón	Río Bravo
		El Carmen	• Presa Las Lajas • Presa San Isidro
		Bajo Río Conchos	Río Bravo
		Río Florido	Río Florido
		Alto Río Conchos	• Río Florido • Río Conchos
VIII	Cuencas Centrales Del Norte	Región Lagunera	• Francisco Zarco

Continúa...

No.	Región hidrológico-administrativa	Distrito de Riego	Fuentes de abastecimiento
			• Río Aguanaval
IX	Lerma-Santiago-Pacífico	Pabellón	• Río San Pedro
		Alto Río Lerma	• Laguna de Yuriria • Río Lerma • Presa Solís
		Estado de Jalisco	• Presa La Vega • Laguna de Atotonilco • Laguna de Cajititlán
		Morelia-Queréndaro	• Lago de Cuitzeo • Presa de Queréndaro • Río Grande
		Ciénaga de Chapala	• Presa Jaripo • Presa Guaracha
		Estado de México	Río Lerma
		Estado de Zacatecas	• Río Grande • Río Aguanaval
		Estado de Nayarit	• Río El Mezquital • Río Mascota • Río Ameca
		Estado de Colima	• Laguna de Amela • Río Coahuayana • Río Ameca • Río Colima
		Zamora	• Presa Urepetiro • Río Duero
		La Begoña	Río Lerma
		Rosario-Mezquite	• Presa Melchor Ocampo • Río Lerma • Presa Aristeo Mercado
		Tomatlán	• Estero El chorro • Estero el Colorado • Tomatlán
		Jalisco Sur	• Laguna de Atotonilco • Río Lerma
X	Golfo Centro	La Antigua	• Río Agua fría • Río Actopan
		Río Blanco	• Río Blanco • Laguna Tío Chico • Laguna Grande
XI	Frontera Sur	Cacahoatán-Suchiate	Río Suchiate
		Río Blanco	• Río Blanco • Río San Vicente
		Cuxtepeques	• Presa San Juan Sabines
		San Gregorio	Río Selegua
XII	Península de Yucatán	Ticul	Laguna Chichankanab
		Río Hondo	• Río Hondo • Río Ucum
XIII	Valle de México	Tula	• Presa Endhó • Río Salado

Continúa...

No.	Región hidrológico-administrativa	Distrito de Riego	Fuentes de abastecimiento
		Jilotepec	• Presa Danxhó
		La Concepción	• Río Chico Tepotzotlán • Axotlán
		Chiconautla	• Lago de Zumpango • Ciénaga de San Juan
		Arroyo Zarco	• Río Ñado • Presa El Molino
		Alfajayucan	• Presa Vicente Aguirre • Javier Rojo Gómez
		Ajacuba	Canal de aguas residuales

Fuente: Para todo México (2023).

1.10 Dinámica poblacional en la regiones hidrológico-administrativas

El componente demográfico está directamente relacionado con la estructura y funcionamiento de las regiones hidrológico-administrativas, ya que es precisamente en los distritos de riego en donde se establecen diversos cultivos agrícolas para producir alimento (maíz y frijol), y de esta manera abastecer tanto a las personas de los entornos rurales como a las que viven en las ciudades. Durante el 2010, la población total que habitaba en las regiones hidrológico-administrativas correspondía a 110,749,385 habitantes, de los cuales el 52.8 % eran mujeres (58,463,157) y el 47.2 % hombres (54,760,662) (INEGI, 2010).

Desde el punto de vista demográfico, social, cultural y económico todas las regiones hidrológico-administrativas de México son diferentes -por supuesto, también son diferentes en su estructura y funcionamiento-, algunas poseen varios grupos originarios (población indígena), en otras abundan sociedades de campesinos y agricultores, pero la mayoría contiene ciudades importantes. Desde luego, algunas concentran mayor densidad poblacional. En orden descendente, en el 2020, la población total en las regiones hidrológico-administrativas fue la siguiente: RHA VIII (Lerma-Santiago-Pacífico), RHA XIII (Valle de México), RHA IV (Balsas), RHA VI (Río Bravo), RHA X (Golfo Centro), RHA X (Frontera Sur), RHA IX (Golfo Norte), RHA VII (Cuencas Centrales del Norte), RHA V (Pacífico Sur), RHA III (Pacífico Norte), RHA XII (Península de Yucatán), RHA I (Región Península de Baja California) y, por último, la RHA II (Noroeste) (INEGI, 2010 y 2020) (Cuadro 5, Mapa 4 y 5).

Es notorio que, durante el 2020, la población en las regiones hidrológico-administrativas tuvo incrementos significativos, ascendió a 124,837,019 habitantes, de los cuales el 51.8 % correspondía a población femenina (64,609,580) y el 48.2 % restante, a población masculina (61,548,199). Es importante referir que en el 2010 el porcentaje de población femenina era de 52.8 %. En orden descendente las regiones hidrológico-administrativas tuvieron el siguiente

comportamiento poblacional: RHA VIII Lerma-Santiago-Pacífico, RHA XIII Valle de México, RHA IV Balsas, RHA VI Río Bravo, RHA X Golfo Centro, RHA XI Frontera Sur, RHA IX Golfo Norte, RHA VII Cuencas Centrales del Norte, RHA V Pacifico Sur, RHA III Pacífico Norte, RHA XII Península de Yucatán, RHA I Península de Baja California, y por último la RHA II Noroeste, permaneciendo prácticamente con el mismo comportamiento demográfico que en el 2010.

Cuadro 5. Población total en las regiones hidrológico-administrativas, 2010 y 2020

Región hidrológico-administrativa	Población 2010	Población 2020
I. Península de Baja California	3,792,096	4,567,467
II. Noroeste	2,756,778	3,028,158
III. Pacífico Norte	4,177,398	4,555,601
IV. Balsas	11,281,884	12,526,119
V. Pacifico Sur	4,338,489	4,771,603
VI. Río Bravo	11,216,516	13,212,611
VII. Cuencas Centrales del Norte	4,360,156	5,227,991
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	22,192,294	25,443,437
IX. Golfo Norte	5,216,831	5,455,609
X. Golfo Centro	9,996,136	10,724,079
XI. Frontera Sur	5,746,960	6,661,184
XII. Península de Yucatán	4,095,244	5,098,563
XIII. Valle de México	21,578,603	23,564,597

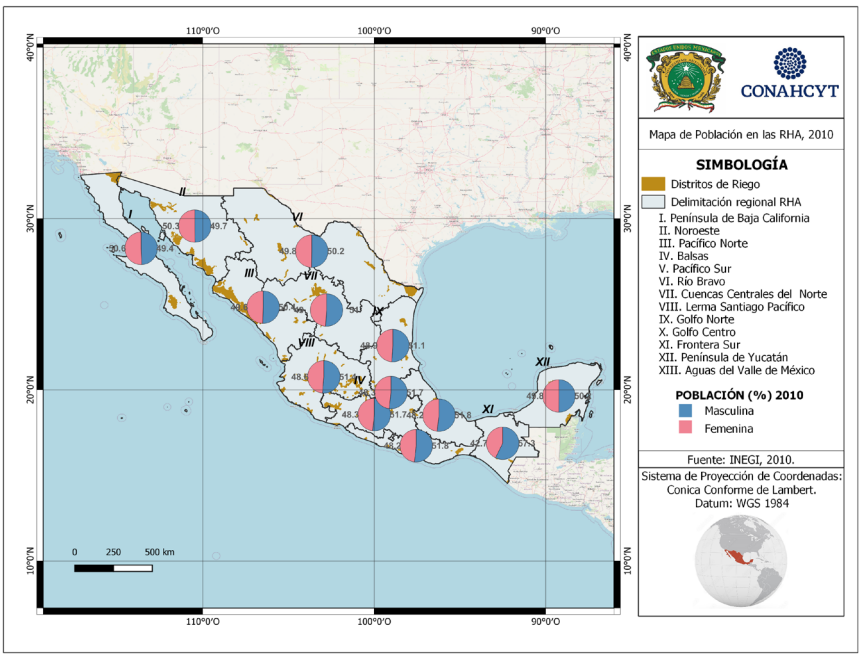
Fuente: INEGI (2010 y 2020).

Las regiones hidrológico-administrativas que registraron un mayor incremento poblacional entre el período 2010 y 2020 fueron las siguientes: RHA XII (Península de Yucatán), RHA I (Península de Baja California), RHA VII (Cuencas Centrales del Norte), RHA VI (Río Bravo) y RHA XI (Frontera Sur). La RHA IX (Golfo Norte) registró el menor crecimiento demográfico. Considerando el período de análisis, es decir de 2010 al 2020, en orden descendente, el incremento porcentual de la población fue el siguiente:

- XII. Península de Yucatán, 24.5 %
- I. Península de Baja California, 20.4 %
- VII. Cuencas Centrales del Norte, 19.9 %
- VI. Río Bravo, 17.8 %
- XI. Frontera Sur, 15.9 %
- VIII. Lerma-Santiago-Pacífico, 14.6 %
- IV. Balsas, 11.0 %

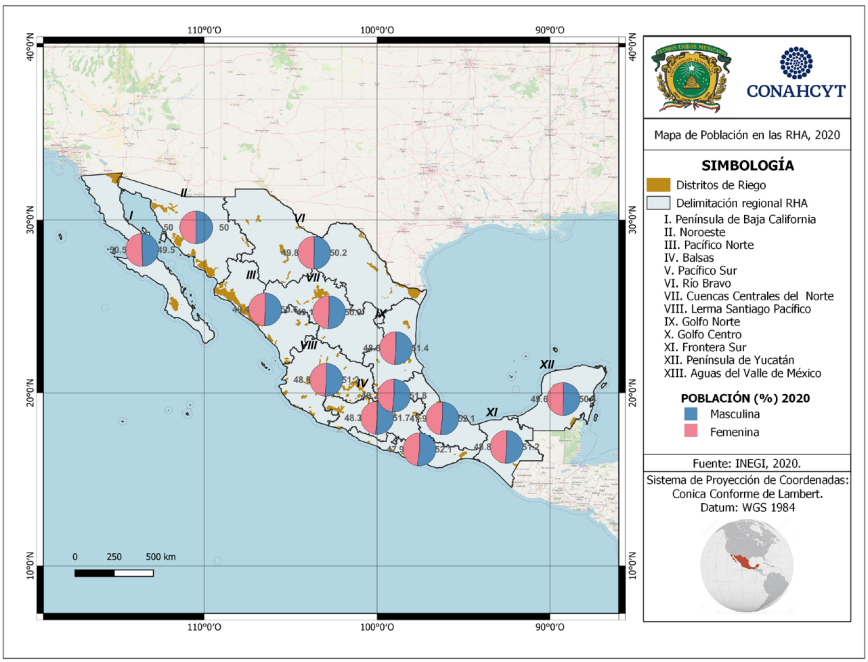
- V. Pacifico Sur, 10.0 %
- II. Noroeste, 9.8 %
- XIII. Valle de México, 9.2 %
- III. Pacífico Norte, 9.1 %
- X. Golfo Centro, 7.3 %
- IX. Golfo Norte, 4.6 %

Mapa 4. Población total en las regiones hidrológico-administrativas, 2010



Fuente: INEGI (2010).

Mapa 5. Población total en las regiones hidrológico-administrativas, 2020



Fuente. INEGI (2020).

Capítulo 2. Organización de los sistemas de riego

2.1 Los sistemas de riego en México

Los sistemas agrícolas enfocados en los distritos de riego se refieren a un enfoque organizado y planificado para la gestión del agua y producción agrícola en áreas específicas donde se implementa la irrigación con el propósito de optimizar el uso de los recursos hídricos y aumentar la productividad agrícola y el rendimiento por hectárea. Los sistemas agrícolas enfocados en los distritos de riego involucran una serie de componentes, procesos y actividades interrelacionadas, su principal objetivo es asegurar el suministro adecuado de agua de una manera eficiente, equitativa, inclusiva y sostenible con la finalidad de establecer cultivos y producir alimentos para satisfacer las necesidades alimenticias de las familias que viven en el campo y en las ciudades.

El criterio de tamaño utilizado en México con fines administrativos del recurso hídrico coincide con las unidades de riego, las cuales son definidas como áreas geográficas destinadas a la agricultura que cuentan con sistemas de riego. Las unidades de riego comprenden infraestructura para la conducción, distribución y almacenamiento del agua y las integran usuarios agrupados en asociaciones civiles denominadas sistemas de gran irrigación. Se administran a través de los distritos de riego, los cuales se refieren a determinadas áreas geográficas que proporcionan el riego a partir de vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos (motores eléctricos) con sus canales y sus caminos (Diario Oficial de la Federación, 2002). Estas características permiten diferenciar el pequeño riego de la grande irrigación.

Al utilizar el criterio social en la definición de los sistemas de riego, se encuentran claramente las diferencias entre los sistemas de pequeño riego y los de grande irrigación. Los primeros son sistemas autorregulados y autoadministrados por los propios regantes, quienes han logrado formar organizaciones autogestoras con capacidad para implementar y conservar la infraestructura y de esta manera hacer un manejo del agua (Fotografía 3); a diferencia de la grande irrigación, que es administrada y controlada por instituciones del estado (Escobedo, 1997) y que actualmente se encuentra a cargo de la Comisión Nacional del Agua.

Fotografía 3. Presa para pequeño riego en la comunidad de Progreso Hidalgo, municipio de Villa Guerrero, Estado de México



Fuente: Trabajo de campo (2024).

La ubicación de los sistemas de riego también es importante para definir los sistemas de pequeño riego o grande irrigación. La pequeña irrigación se localiza en zonas agrícolas con serias restricciones ambientales y sociales, formando un tejido eco-social complejo que, en el caso de México, se concentra en los valles altos intermontanos del altiplano y coincidentes con el Eje Neovolcánico Transversal (Sierra Volcánica Transversal) para atender su fragilidad. El agua es tomada de cuencas, subcuencas o el subsuelo (Escobedo, 1997). Generalmente, la grande irrigación se ubica en valles con mayor magnitud, dotados con sistemas de riego por disposición de volúmenes mayores de agua superficial y construcción de obras grandes de captación, conducción, distribución y almacenamientos patrocinadas por el Estado. La infraestructura de la grande irrigación es importante para el funcionamiento del sistema de riego.

En varias regiones del territorio mexicano existen áreas bajo riego fuera de los distritos de riego, que se conocen como "unidades de riego" (UR), o bien unidades de riego para el desarrollo rural (URDERAL). En esencia, un Distrito de Riego y una unidad de riego tienen los mismos objetivos. Las unidades

de riego se encuentran dispersas en todas las regiones del país. Los distritos de Riego cuentan con la supervisión permanente del gobierno federal a través de la CONAGUA y las unidades de riego con mayor autonomía y supervisión eventual por parte de la misma Comisión. En ambos casos, existen diferencias y similitudes, aunque el propósito es el mismo: suministrar agua para riego e incrementar la producción (Cuadro 6).

Cuadro 6. Características entre los distritos de riego y las unidades de riego en México

Característica	Distrito de riego	Unidad de riego
Superficie (ha)	Mayor a 2,000	Menor a 500
Propiedad de la infraestructura	Federal	Particular y/o ejidal
Propiedad de la tierra	Particular y/o ejidal	Particular y/o ejidal
Cantidad	88	39,000 aproximadamente
Organización de los usuarios	Asociación Civil de Usuarios	Sociedades no formales, organizadas para la concesión
Título de concesión	Agua, infraestructura y maquinaria	Agua
Supervisión de la operación	Permanente por CONAGUA	Eventual
Planificación del riego	Plan de riego autorizado por CONAGUA	Indefinido
Entorno económico	Influencia regional, Estatal	Influencia local
Cuotas de riego	Se entregan parcialmente a la SHCP, y para uso de la Asociación Civil de Usuarios (ACU)	Son de uso particular
Régimen legal de la asociación	Código Civil del Estado	Usos y costumbres

Fuente: Pedroza e Hinojosa (2014).

Los sistemas agrícolas en los distritos de riego son sistemas integrados y complejos que buscan garantizar un suministro constante de agua para las actividades y procesos vinculados con la agricultura, al mismo tiempo promueven la sostenibilidad, eficiencia, productividad y rendimiento de la producción de cultivos. Los sistemas agrícolas en los distritos de riego son especialmente importantes en regiones donde la disponibilidad de agua es limitada, intermitente o variable, ya que permiten una gestión más efectiva, eficiente y sostenible de este recurso vital (Pedroza e Hinojosa, 2014).

Las condiciones de abastecimiento de agua para los cultivos de maíz y frijol que se establecen en los distritos de riego tienen peculiaridades en cada una de las regiones hidrológico-administrativas del territorio mexicano, pues algunas dependen directamente de la frecuencia y volumen de las precipi-

taciones durante la época de lluvias, mientras que otras, su abastecimiento es relativo con las capacidades de almacenamiento de los embalses (Pedroza e Hinojosa, 2014). Con la finalidad de comprender de manera general la estructura y funcionamiento de un Distrito de Riego, enseguida se exponen dos ejemplos.

2.2 Distrito de Riego 041 (DR 041) Río Yaqui, Sonora

El Distrito se localiza en la región noroeste de México (RHA II), en la porción sur del Estado de Sonora. En el canal se aprovechan los escurrimientos del Río Yaqui, aproximadamente 2,900 hm^3 anualmente, además, aproximadamente 300 hm^3 de agua subterránea extraída mediante varios pozos (motores que funcionan con energía eléctrica). Con estos volúmenes se riegan más de 200,000 ha, las que mediante segundos cultivos equivalen a 302,000 ha físicas regadas, se cultiva principalmente trigo, soya, cártamo y maíz. Las principales fuentes de abastecimiento del Distrito de Riego es el sistema de presas del Río Yaqui: a) Lázaro Cárdenas (Angostura), b) Plutarco Elías Calles (El Novillo) y c) Álvaro Obregón (Oviachic). La presa Álvaro Obregón que inició sus operaciones en 1952, cuenta con dos obras de toma: una en la margen izquierda y más alta, operada por el DR 041, que incide en el origen del canal Alto del Yaqui; y en la margen derecha (canal Bajo del Yaqui), operada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), dependencia que debe ajustar sus planes de generación de energía eléctrica en función de los requerimientos de riego solicitados por el DR 041 (Pedroza e Hinojosa, 2014).

Con relación a la división del Distrito de Riego, en particular el área dominada por el canal principal Alto, puede observarse que el DR 041 está dividido y organizado en unidades, después por zonas, módulos y, finalmente, en secciones de riego. Esta división tiene estrecha relación con la organización operativa del distrito, ya sea a través de la CONAGUA o la Asociación civil de usuarios (ACU). Cada módulo puede contener una o más secciones y tiene una organización operativa presidida por un gerente de módulo. Para propósitos de la distribución del agua, varios lotes son atendidos por un jefe de sección o "canalero", quien turna las solicitudes (peticiones) de riego al jefe de la zona. Por último, el jefe de zona reporta las solicitudes (peticiones) de sus secciones al gerente técnico de la ACU, y éste al jefe de la unidad para terminar "operativamente hablando" con el gerente de operación de la SRL (Sociedad de Responsabilidad Limitada), quien, a su vez, solicita el agua al DR y ordena los movimientos a la presa Oviachic. El Distrito de Riego 041 tiene 42 módulos de riego que administran la red menor y una SRL encargada de la red mayor. El DR 041 administra las obras de cabeza (infraestructura):

presas y diques, así como la relación con la Comisión Federal de Electricidad (Pedroza e Hinojosa, 2014). [1]

El canal Alto del Río Yaqui sirve como límite oriental y físico oficial del Distrito de Riego 041, beneficia sólo a la superficie localizada en su margen derecha con una longitud de 120 km que se utilizan para conducir 90 m^3/ segundo. En los primeros 42 km del canal prácticamente no se tienen tomas para riego. Este primer tramo está cubierto -revestido- de concreto, excepto las partes correspondientes a dos vasos de regulación que se tienen en su trayecto: el primero, llamado El Potrero, con una superficie máxima inundada de 30 ha y ubicado a 3.5 km con referencia al inicio del canal y, el segundo tramo llamado Agua Caliente tiene una superficie inundada al nivel del vertedor de 700 ha, el cual se localiza a 10.2 km con referencia a su origen. Ese mismo tramo incluye tres túneles de 7 m de diámetro que, en total, suman una longitud de 1.7 km; cuatro sifones para salvar arroyos; cuatro entradas de arroyos al canal que también sirven como vasos de almacenamiento lateral y ocho represas de compuertas radiales operadas con motores eléctricos. Como es de notarse, la infraestructura para el funcionamiento de este canal en el Distrito de Riego 041 es compleja, en donde la organización social de los usuarios y la participación del estado son ejes rectores fundamentales (Pedroza e Hinojosa, 2014) (Figura 14).

El canal Bajo Yaqui, en su primer tramo, tiene una capacidad de diseño de 110 m^3/segundo, sin embargo, nunca se ha operado con tal caudal, ya que no se ha permitido que la demanda de usuarios crezca a ese grado. El máximo gasto que ha circulado por este tramo es de 80 m^3 /segundo. El gasto máximo al final del tramo fue de 9 m^3 /segundo. Otros elementos importantes en el tramo son dos puentes carreteros y la infraestructura para circulación de un ferrocarril muy cercano entre sí, y a la altura del km 62, estos elementos actúan como sifón. Otra estructura importante en este tramo es el sifón Cocoraque, el cual se ubica a la altura del km 81 y tres entradas de arroyos que actúan como vasos de almacenamiento lateral. El canal Bajo del Yaqui desciende bruscamente de nivel, esto entre el tramo comprendido del km 105 al km 120, la disminución de nivel es de 59 a 33 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Pedroza e Hinojosa, 2014). Como es de notarse, en esta porción del canal Bajo

1 La organización social y el funcionamiento de los distritos de riego es una situación compleja (no complicada). Existe una secuencia, orden y control para suministrar agua a los regantes, de tal manera que antes de pensar en realizar un riego a los cultivos de maíz o frijol, se deben cumplir algunos requisitos y esperar la autorización de los representantes "jefes" de cada una de las estructuras que conforman el distrito de riego. No todos los distritos de riego tienen este tipo de organización, algunos son menos o más complejos los procesos administrativos.

Yaqui, la altitud es un factor geográfico que incide en el manejo del agua, sobre todo se aprovecha la diferencia de altitudes (niveles) entre dos puntos.

Figura 14. Ubicación del Distrito de Riego 041

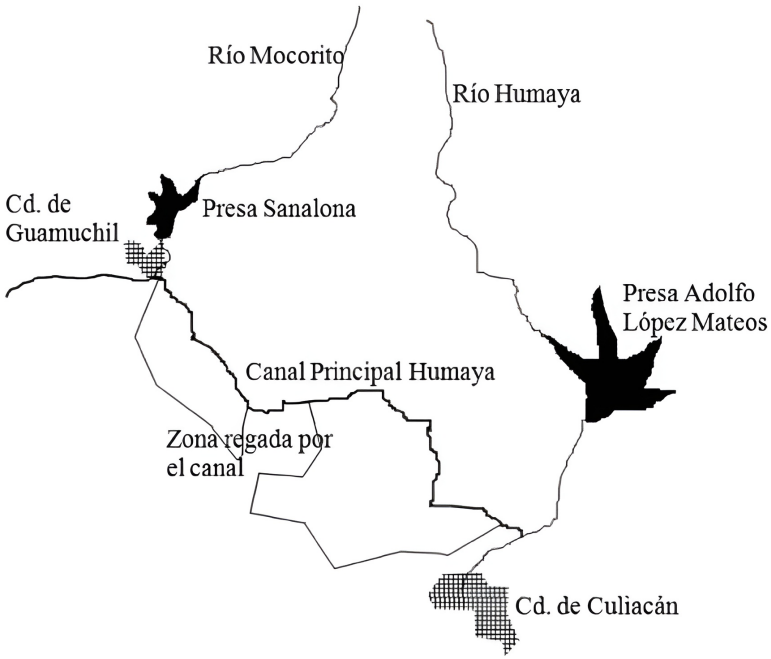


Fuente: Pedroza e Hinojosa, 2014.

2.3 Distrito de Riego 010 (DR 010) Culiacán-Humaya, Sinaloa

El Distrito de Riego DR 010 se ubica en el Estado de Sinaloa, cerca de la ciudad de Culiacán, capital del estado. Forma parte del Sistema Hidráulico-Agrícola del Río San Lorenzo, Río Culiacán y Río Mocorito. El Distrito de Riego se abastece principalmente de la presa Adolfo López Mateos, la cual inició su funcionamiento en septiembre de 1963 y se ubica sobre el Río Humaya, aproximadamente a 32 km hacia el norte de la ciudad de Culiacán. El túnel número 1, con longitud de 588 m, descarga el agua al Río Humaya, y el túnel número 2, con longitud de 603 m, conduce agua a una planta de generación de energía eléctrica (Pedroza e Hinojosa, 2014) (Figura 15).

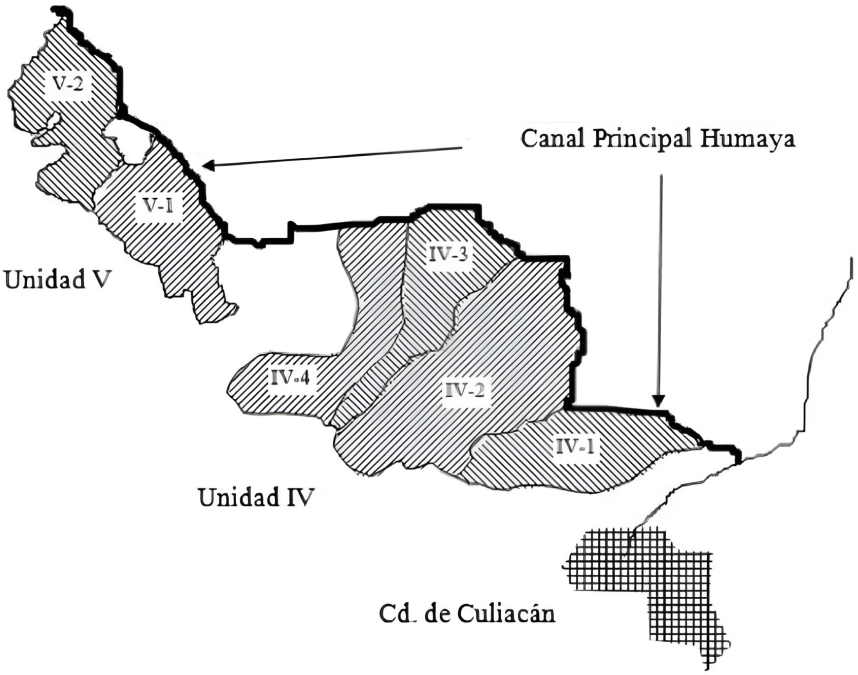
Figura 15. Ubicación del Distrito de Riego 010



Fuente: Pedroza e Hinojosa, 2014.

Como la mayoría de los Distritos de Riego de México, el DR 010 dispone de una organización para garantizar su funcionamiento, en otras palabras, el aspecto operativo que tiene un jefe de operación depende de la jefatura del distrito, y ésta a su vez, de una dependencia de la Dirección Local de la CONAGUA ubicada en el Estado de Sinaloa. Del jefe de operación dependen los jefes de unidad; y, a partir de esta entidad, se tienen los gerentes de módulo y después en ese orden jerárquico, están los jefes de sección que tienen a su cargo alrededor de 2,500 ha. Este Distrito de Riego está divido en unidades de riego que generalmente coinciden con el canal principal, para lo cual se dispone de 12 módulos de riego a cargo de la red menor o secundaria y una SRL que opera la red mayor o principal. El canal principal Humaya proporciona agua para el riego de cultivos en las unidades IV y V (Pedroza e Hinojosa, 2014), tal y como se aprecia en la figura 16.

Figura 16. Divisiones del Distrito de Riego 010



Fuente: Pedroza e Hinojosa, 2014.

En este distrito de riego, las unidades se dividen en módulos y éstos tienen subdivisiones de tipo administrativo y físico. Estas subdivisiones se denominan "secciones" y cada módulo tiene un número de secciones, de tal manera que ninguna de éstas exceda una superficie de 2,500 ha. De tal manera que, un módulo de 10,000 ha, por ejemplo, constará de cuatro secciones. El canal más importante del distrito de riego es conocido con el nombre de Humaya, tiene una longitud de 156 km y dispone de una amplia cantidad de estructuras hidráulicas: 26 represas, un túnel de 1,310 m de longitud y 12 diques ubicados en los sitios de cruce con los arroyos. La infraestructura de este distrito también dispone de 15 sifones, uno de ellos con longitud de 840 m; algunos de éstos son circulares y otros rectangulares. Los primeros tienen diámetros que oscilan entre 4 y 5 m con uno o dos conductos; los sifones rectangulares también tienen entre 4 y 5 m de ancho, los cuales pueden contener uno, dos o tres conductos (Pedroza e Hinojosa, 2014).

El canal inicia en la cota 73.04 msnm y termina en la cota 44.83 msnm, es decir, está ubicado en terrenos con desnivel, situación que favorece la circulación del agua. La sección transversal es trapecial con taludes de 1.25:1. En

la porción del canal donde se encuentran las compuertas, éste es de forma rectangular. De manera semejante al caso del distrito de riego descrito anteriormente, la altitud es un factor geográfico que influye en la conducción-distribución (suministro) del agua, que, al mismo tiempo, incide en la gravedad, otro factor relevante que incide en los mecanismos para el riego (Pedroza e Hinojosa, 2014) (Fotografía 4 y 5).[2]

La infraestructura, organización social y funcionamiento de los distritos de riego es diferente en cada una de las regiones hidrológico-administrativas del territorio mexicano. Tienen similitudes y diferencias en sus componentes, estructuras y organización social para su gestión y operación, sin embargo, todos tienen un mismo propósito, abastecimiento de agua para el riego de los cultivos agrícolas (maíz y frijol). Con base en lo expuesto en líneas anteriores, la organización social para el funcionamiento del sistema que conforma toda la infraestructura se vincula con las condiciones fisiográficas, ecológicas y socioeconómicas de cada uno de los distritos, y por supuesto, de las regiones (Pedroza e Hinojosa, 2014).

Con base en la descripción de los dos ejemplos de distritos de riego DR 041 y DR 10 se demuestra que su funcionamiento es parte de un sistema complejo, sustentado en la organización social de los regantes (usuarios), los administradores y el Estado. En realidad, se trata de un organigrama de funciones bien estructurado en donde cada actor social (representante, jefe, encargado) desempeña una función, o sea, tiene determinadas obligaciones y responsabilidades, que no son independientes entre cada uno de los participantes, sino complementarias. Con estos dos ejemplos es suficiente para tener un panorama general de la estructura y funcionamiento de los distritos de riego en la regiones hidrológico-administrativas de México (Pedroza e Hinojosa, 2014).

2 La altitud influye en varios aspectos de la infraestructura de los sistemas de riego, y en consecuencia en el suministro de agua para el riego de los cultivos. La distantica entre dos puntos geográficos con diferente altitud genera desniveles en el terreno y de esta manera es más fácil conducir el agua por los canales.

Fotografía 4 y 5. Importancia del desnivel de los terrenos y la gravedad para conducción de agua, comunidad Progreso Hidalgo, municipio de Villa Guerrero, Estado de México (izquierda: canal revestido, derecha: canal en tierra)



Fuente: Trabajo de campo (2024).

Capítulo 3. Calidad del agua en los distritos de riego

3.1 Calidad del agua

La calidad del agua se determina mediante la caracterización física y química de muestras de agua y su comparación con normas y estándares de calidad. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) define la calidad del agua como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan su aptitud para satisfacer las necesidades de los usuarios y mantener la salud de los ecosistemas -incluidas las personas, los animales y las plantas- (CONAGUA, 2010 y 2021). En ese sentido, el deterioro de la calidad del agua ocurre por procesos naturales o actividades antropogénicas.

Generalmente, la calidad del agua se evalúa y determina a través de parámetros fisicoquímicos y biológicos (presencia de microorganismos patógenos, contenido mineral disuelto, demanda química de oxígeno, turbidez, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno, el pH, entre otros) realizados por la Red Nacional de Monitoreo de la CONAGUA. Su monitoreo considera y determina la utilidad y seguridad del agua para diferentes usos, como el consumo humano (doméstico), la agricultura (riego), la industria y la preservación del medio ambiente (CONAGUA, 2010 y 2021). La calidad del agua es un factor relevante en la vida cotidiana de las personas y en las actividades humanas.

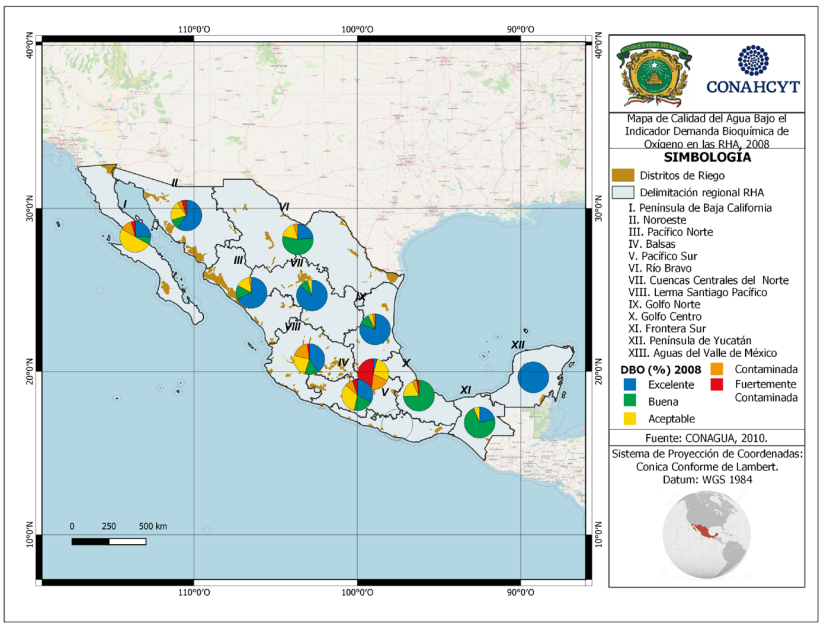
De acuerdo con las Estadísticas del Agua en México ediciones 2010 y 2021, para el 2008 la Red Nacional de Monitoreo registró y contabilizó 1,186 sitios muestreados, en tanto que, para el 2019 y 2020 se registraron y contabilizaron 4,655 y 5,034 sitios muestreados respectivamente, distribuidos en todas las regiones del territorio mexicano. Para el análisis y evaluación de la calidad del agua superficial de los puntos muestreados en el contexto de los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas, la CONAGUA considera los siguientes parámetros para conocer las condiciones del agua que se utiliza: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Coliformes fecales (CF) (CONAGUA, 2010 y 2021).

3.1.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) son indicadores de la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua, proveniente principalmente de las descargas de aguas residuales tanto de origen municipal como no municipal. La DBO indica la cantidad de materia orgánica biodegradable, mientras que, la DQO indica la cantidad total de materia orgánica. El incremento de la concentración de la DBO incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los componentes biológicos de los ecosistemas acuáticos. Por otro lado, el aumento de los valores de la DQO indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales (aguas residuales industriales y aguas provenientes de industrias agropecuarias) (CONAGUA, 2010).

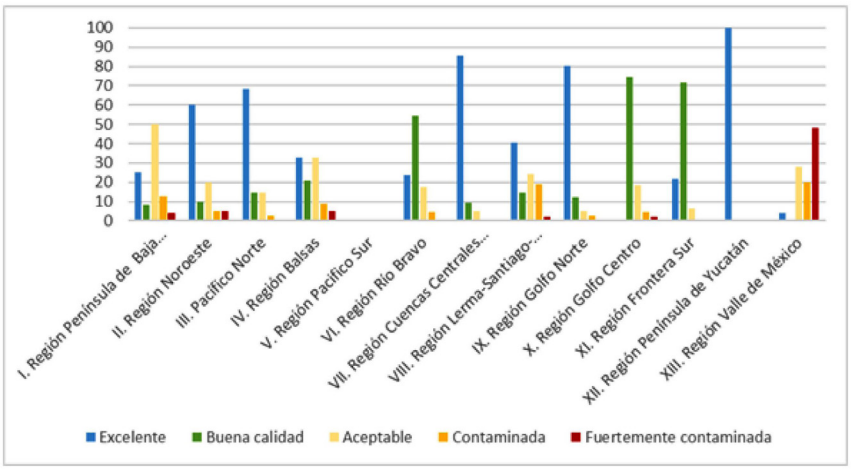
De acuerdo con la información obtenida a partir de la Estadística del Agua edición 2010, la calidad de agua con base en el parámetro DBO a nivel nacional y para el 2008 correspondió con los siguientes rangos y porcentajes: 45.2 % excelente, 24.2 % buena calidad, 18.5 % aceptable, 6.6 % contaminada y 5.6 % fuertemente contaminada, las muestras fueron obtenidas en puntos estratégicos de los distritos de riego de las 13 regiones hidrológico-administrativas. De las cuales sólo la región hidrológica-administrativa de Aguas del Valle de México cuenta con mala calidad de agua (contaminada y fuertemente contaminada) ya que el 68 % de los puntos muestreados de esta región tiene este rango de calidad; le siguieron las regiones de Lerma-Santiago-Pacífico (21 %) y Península de Baja California (16.7 %). En contraparte, las regiones hidrológico-administrativas que registraron mayor calidad (excelente y buena calidad) fueron las Cuencas Centrales del Norte (95.2 %), Golfo Norte (92.7 %) y Frontera Sur (93.7 %). Las regiones restantes oscilan entre los rangos de aceptable a excelente (CONAGUA, 2010). Como se observa en el mapa 6 y gráfica 1, el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno presenta variabilidad entre los rangos, situación posiblemente vinculada con las actividades humanas no sustentables y la concentración de población en las ciudades y localidades rurales.

Mapa 6. Calidad del agua en las regiones hidrológico-administrativas de acuerdo con el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), 2008



Fuente: CONAGUA (2010).

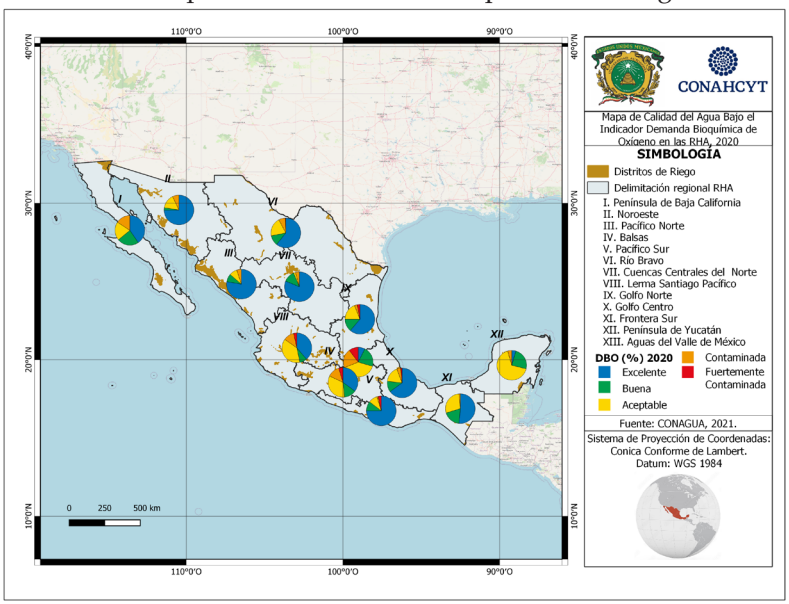
Gráfica 1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (%) en las regiones hidrológico-administrativas, 2008



Fuente: CONAGUA (2010).

Para el caso de la edición 2021, la calidad del agua de acuerdo con el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno a nivel nacional y referente al 2020, los rangos registrados fueron los siguientes: 51.8 % excelente, 13.9 % de buena calidad, 24.6 % aceptable, 7.6 % contaminada y 2.1% fuertemente contaminada, éstos distribuidas dentro de las 13 regiones hidrológico-administrativas. Con base en estos datos, las regiones RHA IV (Balsas) (18 %), RHA VIII (Lerma-Santiago-Pacífico) (15.2 %), RHA I (Península de Baja California) (15.7 %) y RHA XIII (Aguas del Valle de México) (30.9 %) se ubicaron en el rango mayor de mala calidad de agua (contaminada y fuertemente contaminada). Solamente tres regiones: RHA V Pacífico Sur (85.4 %), RHA III Pacífico Norte (86.3 %) y RHA VII Cuencas Centrales del Norte (93.8 %) se ubicaron en el rango con buena calidad (buena y excelente) (CONAGUA, 2010 y 2020). Las regiones restantes se ubicaron entre los rangos aceptables y excelentes (Mapa 7 y Gráfica 2).[1]

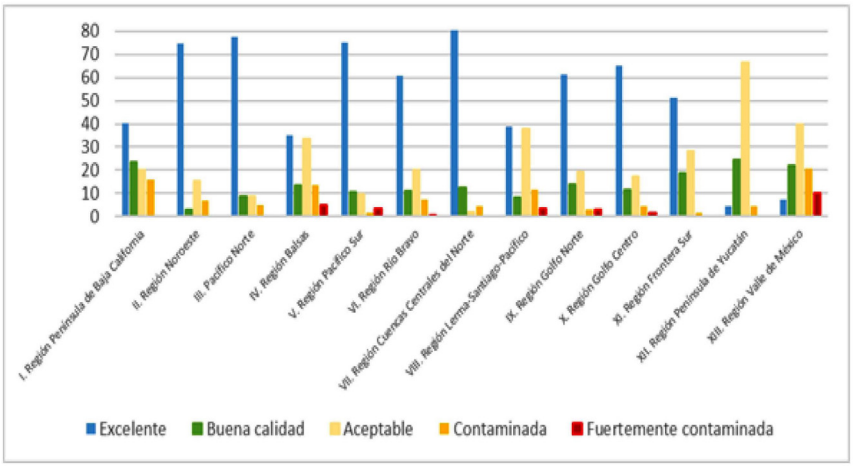
Mapa 7. Calidad del agua en las regiones hidrológico-administrativas de acuerdo con el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, 2020



Fuente: CONAGUA (2021).

1 El año de edición se refiere al año en que fueron publicados los datos correspondientes al 2020.

Gráfica 2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (%) en las regiones hidrológico-administrativas, 2020



Fuente: CONAGUA (2021).

Los niveles altos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) indican una mayor cantidad de materia orgánica biodegradable presente en el agua. La DBO es una medida que se utiliza para cuantificar la cantidad de oxígeno requerido por microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua a lo largo de un período de tiempo específico. Este parámetro suele indicar que el agua contiene una cantidad significativa de contaminantes orgánicos como materia orgánica en descomposición, aguas residuales no tratadas o vertidos industriales. Los contaminantes orgánicos pueden ser de origen vegetal o animal e incluir compuestos como carbohidratos, grasas, proteínas y otros materiales biodegradables. El control y la gestión de la DBO son esenciales para mantener la calidad del agua y, por supuesto, proteger los almacenamientos o depósitos de agua de la contaminación orgánica (CONAGUA, 2010 y 2020).

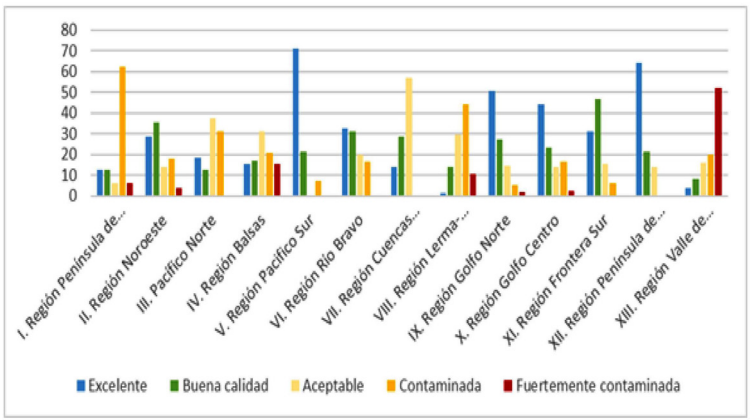
3.1.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La calidad de agua de acuerdo con el parámetro demanda química de oxígeno (DQO) a nivel nacional y para el 2008 correspondió a un 30 % excelente, 23.1 % de buena calidad, 20.8 % aceptable, 19.1 % contaminada y 7.1 % fuertemente contaminada, rangos distribuidos dentro de las 13 regiones hidrológico-administrativas. Con base en estos datos, tres regiones hidrológico-administrativas tenían mala calidad de agua (contaminada y fuertemente contaminada), encontrándose entre ellas la RHA Península de Baja California (68.8 %), RHA Lerma-Santiago-Pacifico (55.1 %) y RHA Aguas del Valle de México (72 %).

Los resultados demostraron que más de la mitad de los puntos muestreados en las fuentes de abastecimiento de los respectivos distritos de riego presentaban esta problemática ambiental. Mientras las tres regiones hidrológico-administrativas que registraron buena calidad (buena y excelente) fueron la RHA del Pacífico Sur (92.8 %), RHA Península de Yucatán (85.7 %), RHA Frontera Sur (78.1 %), y RHA Golfo Norte (78.2 %). El resto de las regiones conservan resultados ubicados entre los rangos aceptables y excelentes, lo cual es notorio en los porcentajes que se reportan (CONAGUA, 2010) (Gráfica 3 y Mapa 8).[2]

Para el caso de la edición 2021, la calidad de agua con base en el parámetro demanda química de oxígeno a escala nacional y para el 2020 correspondió un 23.5 % como excelente, 17.9 % de buena calidad, 24.6 % aceptable, 28.1 % contaminada y 5.9 % fuertemente contaminada, estos datos se obtuvieron en los distritos de riego de las 13 regiones hidrológico-administrativas. Con base en estos resultados, cuatro regiones hidrológicas tenían mala calidad de agua (contaminada y fuertemente contaminada), siendo éstas la RHA Península de Yucatán (48.9 %), RHA Balsas (49.7 %), RHA Lerma-Santiago-Pacífico (55.6 %) y RHA Aguas del Valle de México (80.9 %). Las regiones con la mejor calidad de agua, es decir, excelente y buena calidad eran la RHA del Pacífico Sur (61.8 %), RHA Noroeste (60.5 %) y RHA Cuencas Centrales del Norte (64.6 %). Las regiones restantes tienen rangos que oscilan entre aceptables y de buena calidad (CONAGUA, 2010 y 2021).

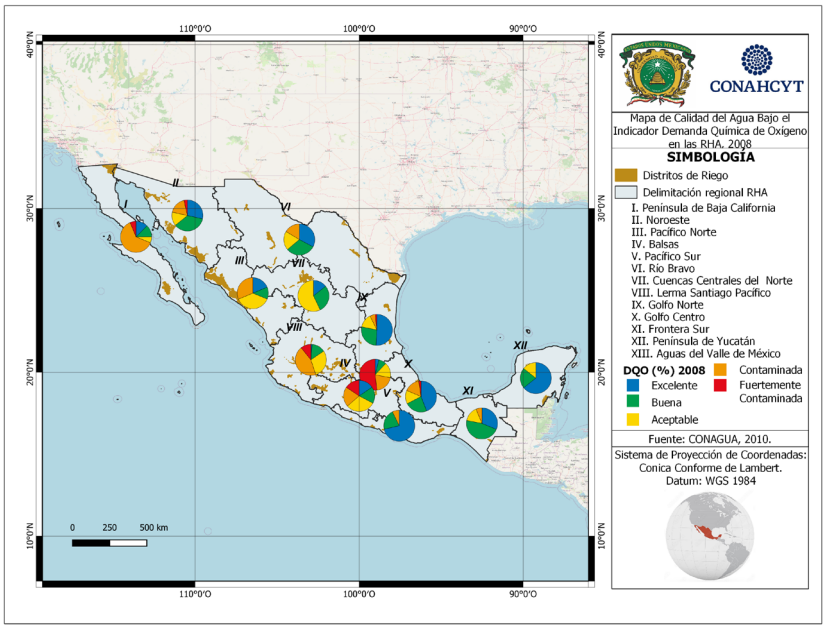
Gráfica 3. Demanda Química de oxígeno (%) en las regiones hidrológico-administrativas, 2008



Fuente: CONAGUA (2010).

2 En las estadísticas del SIAP se refieren dos años 2008 y 2010, en el caso del primero, es acorde con la fecha en la que se realizaron los muestreos (estudios) del agua, y el segundo, corresponde al año de edición, fecha en que fueron publicados los resultados.

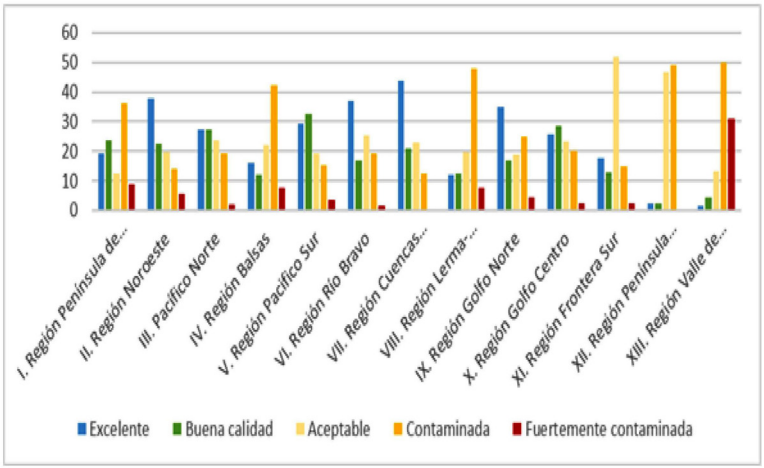
Mapa 8. Calidad del agua en las regiones hidrológico-administrativas de acuerdo con el parámetro Demanda Química de Oxígeno, 2008



Fuente: CONAGUA (2010).

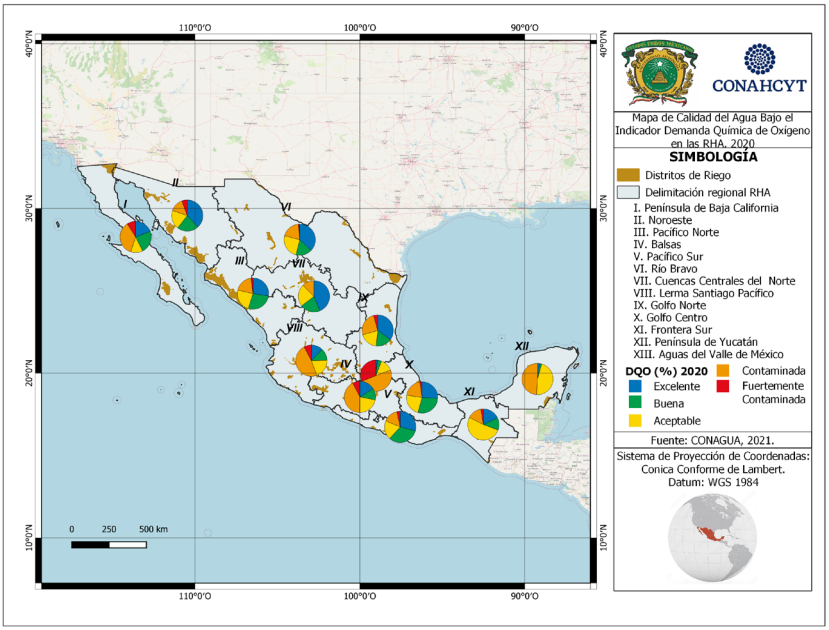
Al comparar los datos registrados en el 2008 con los datos de 2020 es notorio que la problemática ambiental aumentó de manera drástica en la región hidrológico-administrativa VIII (Lerma-Santiago-Pacífico), esto debido a que se realizaron muestreos de agua en un mayor número de sitios, lo cual influyó en la obtención de resultados más específicos para determinar la calidad del agua con base en el indicador de DQO, por lo que, sería importante considerar esta situación para los análisis del agua en todos los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas del territorio mexicano (CONAGUA, 2010 y 2021) (Gráfica 4 y Mapa 9).

Gráfica 4. Demanda Química de Oxígeno (%) en las regiones hidrológico-administrativas, 2020



Fuente: Estadística del Agua en México (CONAGUA, 2021).

Mapa 9. Calidad del agua en las regiones hidrológico-administrativas con base en el parámetro Demanda Química de Oxígeno, 2020



Fuente: CONAGUA (2021).

Los análisis y determinaciones del parámetro DQO en las fuentes de abastecimiento de los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas es relevante para conocer cómo es el agua que se utiliza en el consumo humano, para las actividades agrícolas y para la industria. La presencia de un rango alto de DQO en un cuerpo de agua indica que existe una cantidad significativa de materia orgánica y sustancias químicas que pueden disminuir y en el peor de los casos, agotar el oxígeno disuelto en el agua, lo que a su vez puede impactar negativamente en los componentes biológicos acuáticos y, en consecuencia, la calidad de agua utilizada para el consumo humano (CONAGUA, 2010 y 2021).

Es importante destacar que la DQO no especifica el tipo y concentración de contaminantes presentes en el agua, pero si proporciona una medida general de la carga orgánica y la capacidad de un cuerpo de agua para eliminar los contaminantes, esto mediante procesos naturales o utilizando tratamientos de aguas residuales. Por lo tanto, la determinación de la DQO es una herramienta útil en la evaluación y gestión de la calidad del agua y la protección de los componentes que forman parte de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, en otros términos, conocer la calidad del agua que se está utilizando en los rubros doméstico, agrícola e industrial (CONAGUA, 2010 y 2021).

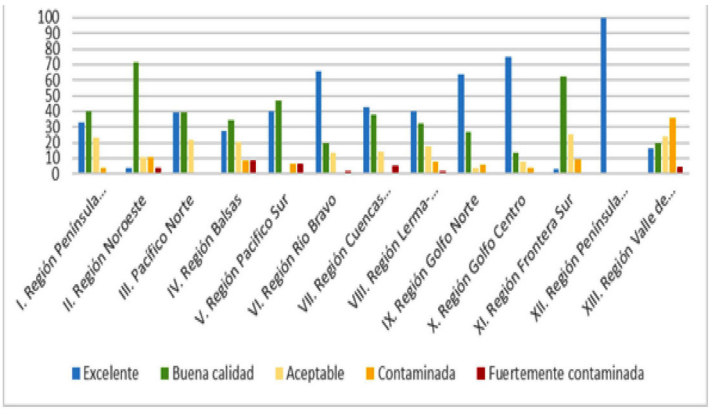
3.1.3 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

El parámetro sólidos suspendidos totales (SST) registra y mide la cantidad de sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal. Tienen su origen en las aguas residuales y los procesos erosivos del suelo. El incremento de los niveles de SST provoca que un cuerpo de agua disminuya o pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Este parámetro permite reconocer gradientes que oscilan desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana hasta el agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales (industriales o agropecuarias), así como de áreas con deforestación severa o con procesos de cambio de uso del suelo (CONAGUA, 2010 y 2021).

De acuerdo con la información obtenida a partir de la Estadística del Agua, edición 2010, la calidad de agua de acuerdo con este parámetro a nivel nacional y para el 2008 correspondió con los siguientes porcentajes: 42.3 % excelente, 34.2 % de buena calidad, 14 % aceptable, 7.1 % contaminada y 2.4 % fuertemente contaminada. Estos datos se obtuvieron mediante registros de los cuerpos de agua ubicados en las regiones hidrológico-administrativas del país. Al haber registrado un 9.5 % de mala calidad a nivel nacional dentro de las regiones, la problemática asociada con este parámetro no se acrecienta como los parámetros analizados en los párrafos anteriores, sin embargo, el

lugar en donde se registró mayor incidencia de esta problemática de SST fue la región XIII (Aguas del Valle de México), obteniendo 40 %, posteriormente le siguen la región IV (Balsas) (17.2 %), región II (Noroeste) (14.3 %) y región V (Pacífico Sur) (13.4 %). En contraparte las regiones hidrológico-administrativas restantes registraron valores positivos que oscilan de una calidad aceptable a una calidad excelente (CONAGUA, 2010) (Gráfica 5 y Mapa 10).

Gráfica 5. Sólidos Suspendidos Totales (%), 2008

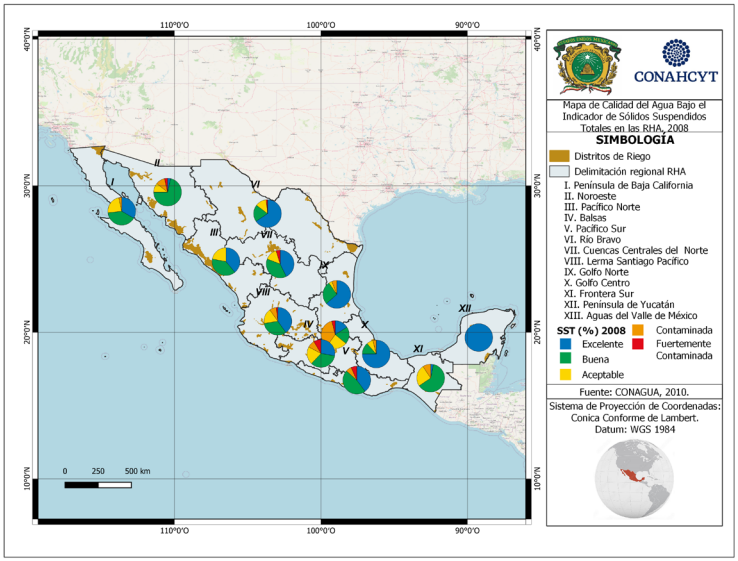


Fuente: CONAGUA (2010).

Para el caso de la edición 2021, la calidad de agua fue con base en el parámetro sólidos suspendidos totales (SST) a nivel del territorio nacional y, para el 2020, con los siguientes resultados: 52.9 % excelente, 28.3 % de buena calidad, 9.6 % aceptable, 5.8 % contaminada y 3.4% fuertemente contaminada. Datos que refieren las 13 regiones hidrológico-administrativas (2008 y 2020) resaltando cómo la problemática ambiental disminuyó un 0.3 % a nivel nacional, sin embargo, dentro de las regiones se mantiene un rango bajo a excepción de las regiones: RHA XIII Aguas del Valle de México (14.7 %), RHA VIII Lerma-Santiago-Pacífico (20.5 %) y RHA IV Balsas (25 %) que exponen mala calidad de agua de acuerdo al parámetro de SST (CONAGUA, 2010).

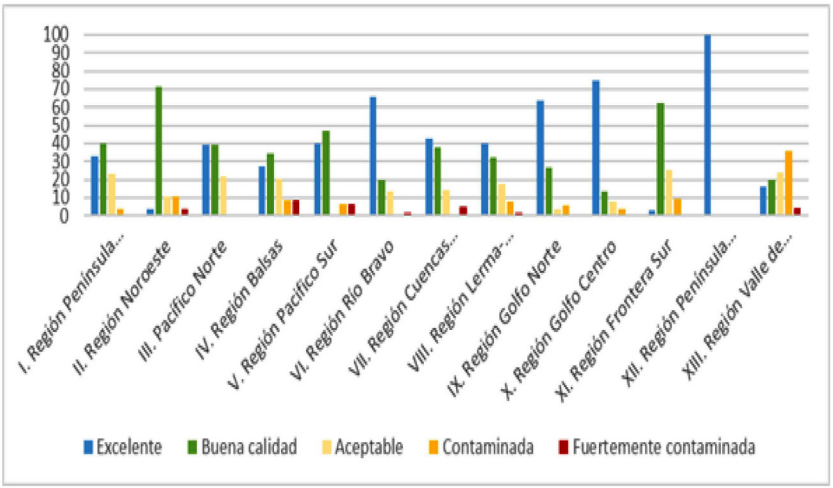
Las regiones hidrológico-administrativas que demostraron una calidad de agua aceptable y excelente, fueron la RHA I Península de Baja California (96.2 %), RHA X Golfo Centro (90.4 %), RHA IX Golfo Norte (90.5 %). No obstante, la RHA XII Península de Yucatán registró muy buena calidad del agua (98 %) (Mapa 11 y Gráfica 6) (CONAGUA, 2010 y 2021).

Mapa 10. Calidad del agua en las regiones hidrológico-administrativas de acuerdo con el parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST), 2008



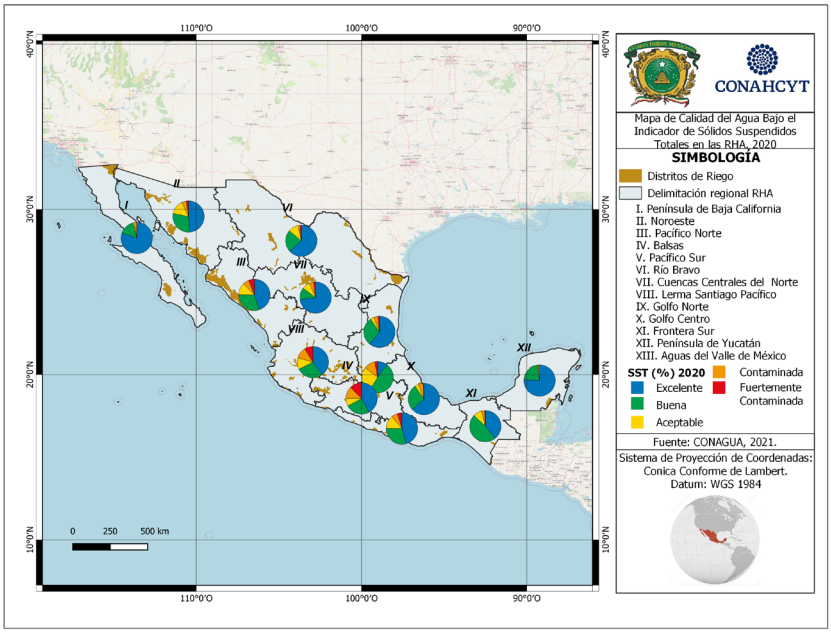
Fuente: CONAGUA (2010).

Gráfica 6. Sólidos suspendidos totales (%) en las regiones hidrológico-administrativas, 2020



Fuente: CONAGUA (2021).

Mapa 11. Calidad del agua en las regiones hidrológico-administrativas de acuerdo con el parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST), 2020



Fuente: CONAGUA (2021).

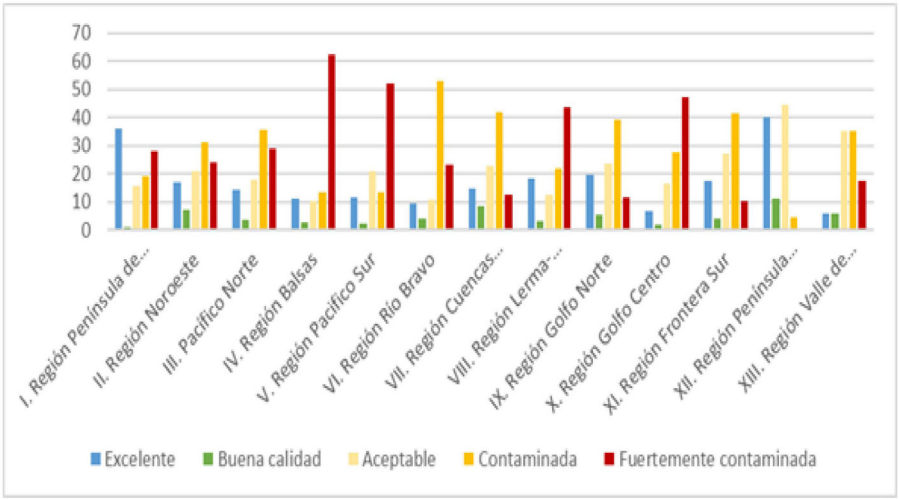
Los análisis y medición del parámetro SST son indicativos de la calidad y la claridad del agua, siendo importantes respecto a la gestión del agua y en la evaluación de la salud de los cuerpos de agua, ya que altas concentraciones de sólidos suspendidos totales pueden contener materia orgánica, sedimentos, contaminantes químicos o partículas inorgánicas que afectan la claridad y la transparencia del agua. Las altas concentraciones de SST pueden provocar las siguientes afectaciones: el impacto negativo a la vida acuática y la contaminación del agua o erosión del suelo en áreas circundantes. Por otra parte, niveles bajos de SST indican un agua más clara y limpia. Esto es deseable en muchos aspectos, especialmente para el suministro de agua potable, donde la turbidez y los sólidos suspendidos totales deben mantenerse bajos. Asimismo, brinda beneficios para los elementos biológicos (plantas y animales) de los ecosistemas acuáticos y la disponibilidad para usos recreativos y agrícolas (CONAGUA, 2010 y 2021).

3.1.4 Coliformes fecales (CF)

Las coliformes son un grupo de especies bacterianas con determinadas características bioquímicas comunes, son indicadores de la contaminación del agua y los alimentos. Las coliformes fecales están presentes en los intestinos de organismos de sangre caliente (incluido el ser humano) y son excretados en sus heces fecales, con frecuencia se les encuentra en los suelos, semillas y vegetales. Se distinguen por ser bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gramnegativas, no esporuladas, en forma de bacilo corto que fermentan la lactosa con producción de gas en 48 horas a 35 ± 0.5 °C. Por asociación, son indicadores de la presencia de aguas residuales. Esta variable se utiliza internacionalmente partiendo de la premisa que su ausencia en el agua es un indicador de la presencia de otros organismos patógenos al hombre. La determinación de las coliformes fecales se realiza principalmente por el método del Número más Probable (NMP). Se fundamenta precisamente en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar también la lactosa con formación de gas, turbiedad y ácido al incubarlos a 44.5 ± 0.2 °C durante un tiempo de 24 a 48 horas, utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares (CONAGUA, 2021).

Para el caso de la edición 2021, la calidad del agua con referencia a la variable coliformes fecales, a nivel nacional y para el 2020 correspondió con los siguientes valores 17.1 % excelente, 4.6 % de buena calidad, 21.5 % aceptable, 29 % contaminada y 27.8 % fuertemente contaminada, todos los rangos están distribuidos dentro de las 13 regiones hidrológico-administrativas. Con base en esta parámetro el 56.8 % de los puntos muestreados en los cuerpos de agua de los distritos de riego ubicados en las regiones hidrológico-administrativas se encuentra contaminado, siendo más específicos un 50 % en los puntos muestreados en cada región donde se tiene esta problemática, exceptuando la región RHA XII Península de Yucatán con un 4.4 %, mientras las regiones con un severo problema son RHA IV Balsas (75.9 %), RHA VI Río Bravo (76.2) y RHA X Golfo Centro (74.9 %); mientras la mejor calidad del agua (de excelente a buena calidad) bajo este criterio fue la región XII Península de Yucatán con un 51.1 %, el resto de las regiones hidrológico-administrativas oscilan entre una calidad de aceptable a fuertemente contaminada (Gráfica 7).

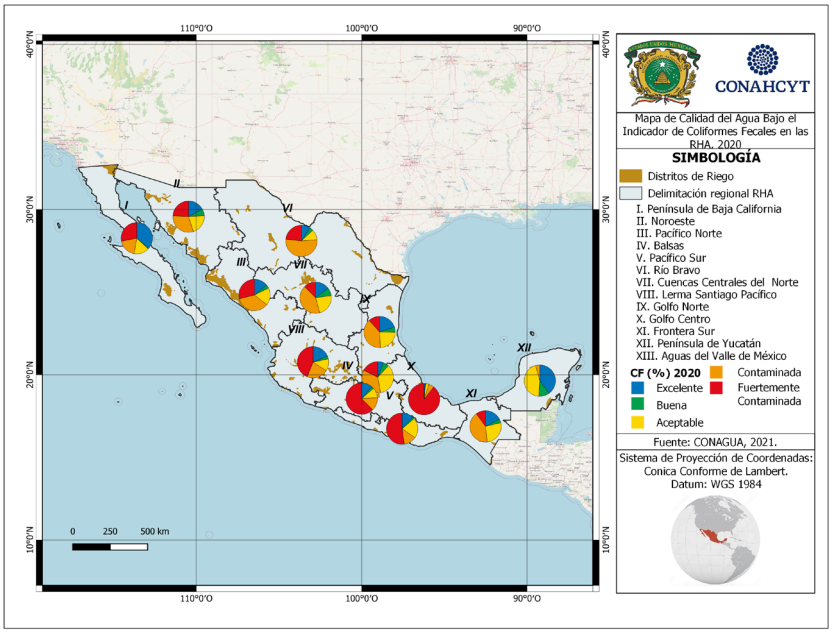
Gráfica 7. Coliformes fecales (%) en la regiones hidrológico-administrativas, 2020



Fuente: CONAGUA (2021).

Tener presencia de niveles altos de coliformes fecales de origen humano o animal en el agua es una preocupación seria, ya que indica un riesgo potencial para la calidad del agua y la salud humana. La presencia de coliformes fecales indica una posible existencia de microorganismos patógenos intestinales peligrosos, como bacterias, virus y parásitos (CONAGUA, 2010 y 2021), que pueden causar enfermedades gastrointestinales en las personas (enfermedades diarreicas agudas) (EDAS). El consumo o contacto directo con agua contaminada por coliformes fecales puede resultar en graves enfermedades como gastroenteritis, diarrea, vómitos y otras enfermedades diarreicas agudas. Por esta razón, el monitoreo y la gestión adecuada de la calidad del agua son esenciales para garantizar que el agua sea segura para el consumo humano, el riego de cultivos y para proteger la salud pública (Mapa 12).

Mapa 12. Calidad del agua con relación al indicador Coliformes fecales, 2020



Fuente: CONAGUA (2021).

3.2 Calidad del agua subterránea

Como se mencionó en los apartados anteriores, la DBO, DQO, SST y coliformes fecales son variables (criterios) importantes que determinan la calidad del agua en los cuerpos de agua superficiales. El conocimiento de la calidad del agua procedente de fuentes subterráneas también es relevante ya que grandes volúmenes también son utilizados en las actividades agrícolas y para abastecimiento doméstico. Las aguas subterráneas son fuente potencial de agua potable para la población humana, además contribuyen al control y protección contra la contaminación superficial, almacenamiento de agua durante la época de sequías, reducción de los procesos erosivos del suelo, mantenimiento y conservación de ecosistemas acuáticos, control de la intrusión salina en áreas costeras y apoyo a la agricultura (CONAGUA, 2010 y 2021).

La calidad del agua en las aguas subterráneas se refiere precisamente a la composición química y física del agua que se encuentra en el subsuelo, su idoneidad es propicia para usos específicos como el abastecimiento de agua potable, las actividades agrícolas, la industria y la preservación de los componentes naturales de los ecosistemas acuáticos. La calidad del agua subterránea se analiza y evalúa teniendo en cuenta varios parámetros dentro de los conta-

minantes: químicos, biológicos, radiactivos, físicos y salinidad (CONAGUA, 2010 y 2021).

La determinación de la calidad del agua subterránea es fundamental ya que a menudo se utiliza como fuente de agua potable y para otros usos importantes en las actividades humanas. La contaminación de las aguas subterráneas puede tener graves consecuencias para los componentes del ambiente y los fenómenos naturales que ocurren en éste, y desde luego puede afectar a la salud de las personas. Por lo tanto, la monitorización, la protección, el manejo y la gestión adecuada de las aguas que se encuentran en el subsuelo son indispensables para garantizar que el agua subterránea siga siendo segura y útil para las generaciones presentes y futuras (CONAGUA, 2010 y 2021).

Las aguas subterráneas desempeñan un papel relevante y esencial en el crecimiento socioeconómico de las regiones del territorio mexicano, gracias a sus características físicas que les permiten ser aprovechadas de manera versátil, pues funcionan como presa de almacenamiento y red de distribución, siendo posible extraer agua en cualquier época del año de prácticamente cualquier punto de la superficie de un acuífero. En este sentido, dentro de las estadísticas desarrolladas por la CONAGUA y enfocadas en los acuíferos de México se deben mencionar los siguientes aspectos: sobreexplotación de los acuíferos, grado de presión sobre el recurso agua y el grado de salinización en los suelos y aguas subterráneas salobres dentro de las 13 regiones hidrológico- administrativas (CONAGUA, 2010 y 2021).

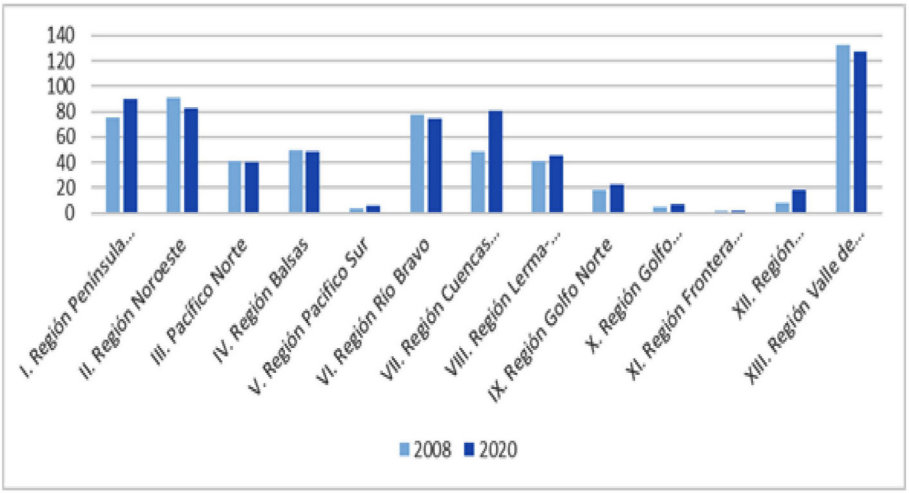
3.3 Presión sobre el recurso agua

La presión sobre el recurso agua se refiere a la relación entre la demanda y la disponibilidad de agua en una determinada región o área geográfica. En otras palabras, indica que cantidad de presión o estrés se ejerce sobre los recursos hídricos en un lugar específico del territorio mexicano. Esta presión se evalúa y determina mediante la comparación de la cantidad de agua que se extrae o utiliza (demanda) con la cantidad de agua que está disponible naturalmente o que puede ser sosteniblemente utilizada (disponibilidad) por la población humana. Los datos que se presentan en el mapa 13 y en la gráfica 8 muestran el grado de presión que ocurrió en los recursos hídricos de las 13 regiones hidrológico-administrativas de México, durante los años 2008 y 2020 (CONAGUA, 2010 y 2021).

Durante el 2008 en la Región II Noroeste se tenía un grado de presión bastante alto (91.4 %), lo cual indicaba una alta demanda de agua en relación con su disponibilidad. Sin embargo, para el 2020, se observa una disminución en el grado de presión (83 %), lo que sugiere una posible mejora en la gestión o cambios en las maneras de uso del agua en la región. En la región IV Balsas se presenta el mismo caso, al tener una mínima disminución en el grado de presión para el 2020. Mientras tanto, en la Región V Pacífico Sur durante el 2008

se tenía un grado de presión relativamente bajo (4.1 %), lo cual indica que la demanda de agua estaba en línea con la disponibilidad. Para el 2020 en esa misma región, el grado de presión aumentó ligeramente (5.4 %), pero sigue siendo una situación de bajo estrés hídrico. Por otra parte, durante el 2008, en la Región VII Cuencas Centrales del Norte se tenía un grado de presión alto (48.6 %), sin embargo, para el 2020, el grado de presión aumentó significativamente a 80.9 %, lo que indica un incremento en la presión sobre los recursos hídricos, situación posiblemente relacionada con el crecimiento poblacional o cambios en las formas de uso del agua (Gráfica 8) (CONAGUA, 2010 y 2021).

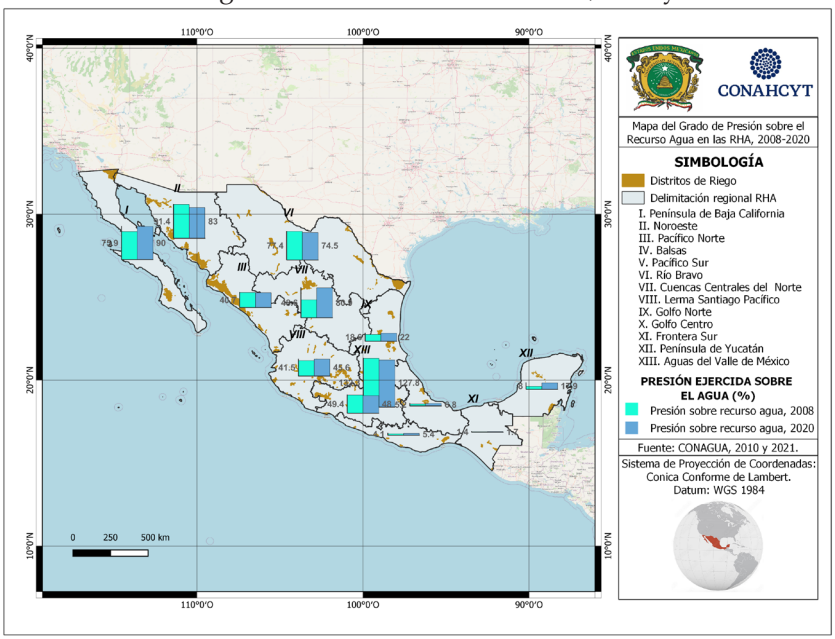
Gráfica 8. Grado de presión sobre recurso agua (%) en las regiones hidrológico-administrativas de México, 2008 y 2020



Fuente: CONAGUA (2010 y 2021).

La Región Golfo Norte tenía un grado de presión medio en 2008 (18.6 %), no obstante, experimentó un ligero aumento en 2020 (22 %). Aunque la presión ha aumentado, sigue siendo manejable en comparación con algunas otras regiones. Mientras la Región Frontera Sur tenía un grado de presión muy bajo en 2008 (1.4 %) y en 2020, el grado de presión sigue siendo bajo (1.7 %), lo cual sugiere que tiene una gran disponibilidad de agua en relación con su demanda. En la Región Valle de México en el 2008, experimentó un grado de presión extremadamente alto (132.3 %), lo que indica una demanda significativamente mayor que la disponibilidad de agua. Aunque el grado de presión disminuyó en 2020 (127.8 %), este valor continúa representando una situación crítica en términos de gestión del agua (Mapa 13) (CONAGUA, 2010 y 2021).

Mapa 13. Grado de presión sobre el recurso agua en las regiones hidrológico-administrativas de México, 2008 y 2020



Fuente: CONAGUA (2010 y 2021).

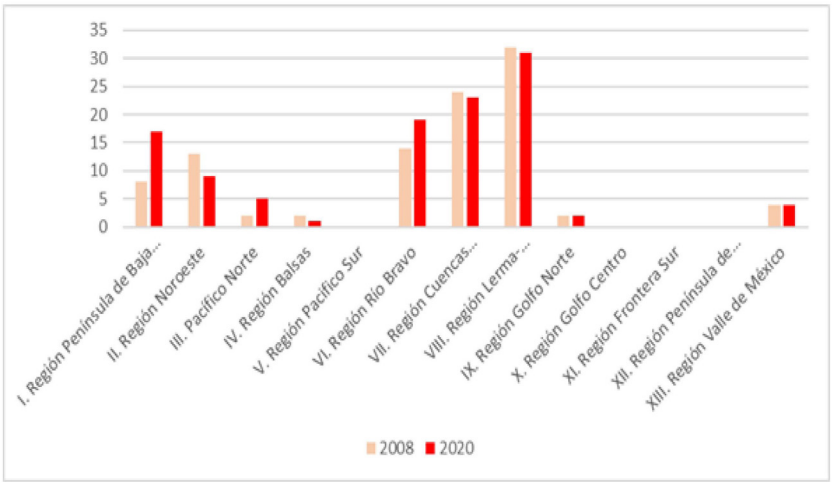
En general, las estadísticas referidas anteriormente reflejan la variabilidad en la disponibilidad y la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos de las regiones hidrológico-administrativas de México. Las regiones con altos grados de presión necesitan una gestión más cuidadosa y sostenible del agua para garantizar un suministro adecuado que cubra las necesidades domésticas y productivas, mientras que las regiones con bajos grados de presión deben esforzarse por mantener un equilibrio adecuado entre la demanda y la disponibilidad de agua para evitar futuros problemas de escasez y disminución de alimentos.

3.4 Sobreexplotación de acuíferos

La sobreexplotación de un acuífero se produce cuando la extracción del agua subterránea de éste supera su capacidad natural de recarga o recarga sostenible. En otras palabras, la sobreexplotación ocurre cuando la demanda de agua subterránea es mayor que la cantidad de agua que ingresa al acuífero a través de la recarga natural como la infiltración del agua de lluvia o los escurrimientos procedentes de las aguas superficiales (CONAGUA, 2010 y 2021).

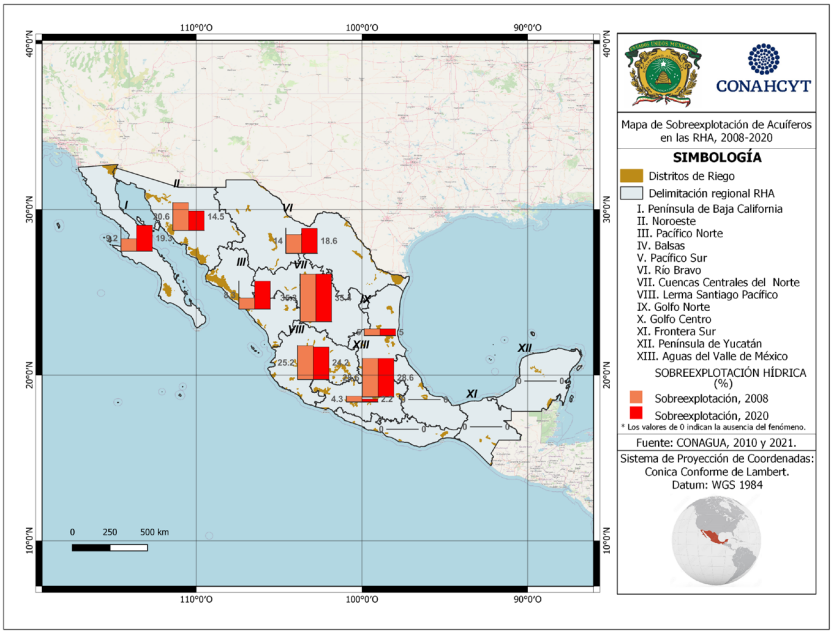
Los datos que se representan en el siguiente mapa y gráfico muestran el número de acuíferos sobreexplotados en los distritos de riego de las 13 regiones hidrológico-administrativas de México en los años 2008 y 2020. De las 13 regiones hidrológico-administrativas del país, cuatro de ellas (Región Pacífico Sur, Región Golfo Centro, Región Frontera Sur, Región Península de Yucatán) registraron cifras de 0 para los dos años, esto indica una situación de ausencia de sobreexplotación o falta de información sobre estas regiones. En la Región del Golfo Norte y en la Región Valle de México, el número de acuíferos sobreexplotados en ambos años es el mismo, lo que sugiere una estabilidad que se continúa enfrentado a los problemas vinculados con la presión sobre los recursos hídricos subterráneos (Gráfica 9 y Mapa 14).

Gráfica 9. Sobreexplotación de acuíferos en las regiones hidrológico-administrativas de México, 2008 y 2020



Fuente: CONAGUA (2010 y 2021).

Mapa 14. Sobreexplotación de acuíferos en las regiones hidrológico-administrativas de México, 2008 y 2020



Fuente: CONAGUA (2010 y 2021).

Para las regiones RHA I Península de Baja California, RHA III Pacífico Norte y RHA VI Río Bravo se tuvieron aumentos en el 2020, lo que refleja una creciente demanda de agua subterránea y un aumento en la presión sobre los recursos hídricos subterráneos de las regiones referidas. Mientras que las regiones en donde se registraron disminuciones mínimas sobre la sobreexplotación en el 2020 fueron: RHA VIII Lerma-Santiago-Pacífico, RHA VII Cuencas Centrales del Norte, RHA IV Balsas y la RHA II Noroeste. A pesar de que esta última región tenía 13 acuíferos sobreexplotados en el 2008, el número disminuyó a nueve en el 2020; lo cual podría deberse a esfuerzos y políticas de gestión y conservación del agua. En general, dentro de todas las regiones hidrológico-administrativas del país, se observan variaciones en el número de acuíferos sobreexplotados en las diferentes regiones, y a lo largo de los años analizados (CONAGUA, 2010 y 2021).

3.5 Grado de salinización en los suelos y aguas subterráneas salobres

La salinización de suelos y la presencia de aguas subterráneas salobres se producen como resultado de altos índices de evaporación en zonas de niveles so-

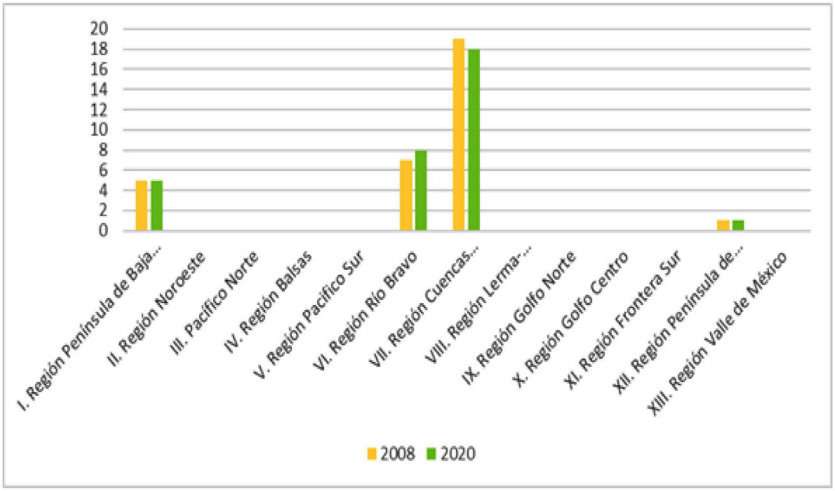
meros de agua subterránea, disolución de minerales evaporíticos y presencia de agua congénita con altas concentraciones de salinidad. Las aguas salobres se presentan específicamente en aquellos acuíferos localizados en provincias geológicas caracterizadas por formaciones sedimentarias antiguas, someras, de origen marino y evaporítico, en las que la interacción del agua subterránea con el material geológico produce enriquecimiento en sales (CONAGUA, 2010 y 2021) (Gráfica 10).

Los datos contenidos en el mapa 15 muestran el grado de salinización de los suelos y aguas subterráneas salobres de todas las regiones hidrológico-administrativas de México en los años 2008 y 2020. Del total de las regiones del país, en nueve de ellas no se registraron casos de salinización en los dos años de análisis, con lo cual se infiere que estas regiones no enfrentaron este problema durante el período 2008 - 2020. La Región Península de Baja California registró cinco casos en este período, mientras la Región Península de Yucatán registró solamente un caso en el mismo período, es decir, presentan los mismos casos de salinización en ambos años, esta situación permite concluir que la salinización es un problema persistente que no ha podido solucionarse en las dos regiones (Mapa 15). Es probable que esta situación tenga relación con sus orígenes geológicos o por influencia (contacto) con aguas marinas (CONAGUA, 2010 y 2021).

En la Región VI Río Bravo y Región VII Cuencas Centrales del Norte, se observa que ocurrieron variaciones en el número de casos de salinización entre el 2008 y el 2020, pasando de 7 a 8 y de 19 a 18, respectivamente. Aunque las variaciones no son significativas en cuestión de números, los datos refieren que la salinización continúa siendo una preocupación para las dependencias, esto en virtud de que los niveles altos de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres pueden tener una serie de impactos negativos en los componentes del ambiente, las actividades agrícolas y la calidad del agua. Algunos de los impactos más comunes pueden ser los siguientes: degradación de la calidad del agua, efectos en los cultivos agrícolas, daño a la vegetación natural, problemas de drenaje en los suelos, desafíos para la industria y la infraestructura, pérdida de biodiversidad, entre otros (CONAGUA, 2010 y 2021).

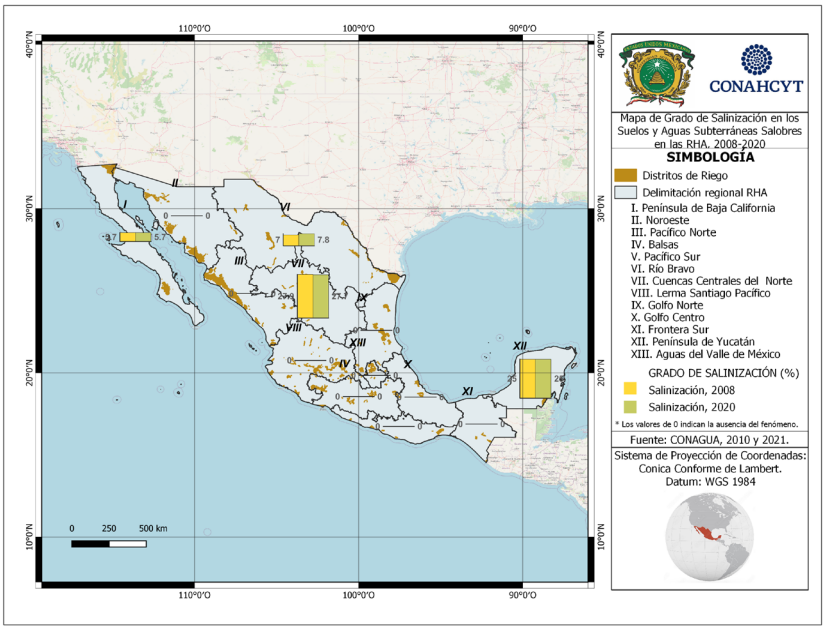
Como se ha mencionado en líneas anteriores, la presión sobre el recurso agua, la sobreexplotación de los acuíferos y el grado de salinización en los suelos y las aguas subterráneas salobres es un problema significativo para la agricultura, sobre todo por los impactos que puede ocasionar a otros componentes del ambiente, así como al crecimiento y desarrollo de los cultivos de maíz y frijol, situación que interfiere en los procesos y actividades vinculadas con la producción de alimentos para la población mexicana.

Gráfica 10. Grado de salinización de los suelos y aguas subterráneas salobres en las regiones hidrológico-administrativas de México, 2008 y 2020



Fuente: CONAGUA (2010 y 2021).

Mapa 15. Grado de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres en las regiones hidrológico-administrativas de México, 2008 y 2020



Fuente: CONAGUA (2010 y 2021).

Capítulo 4. Producción agrícola de maíz y frijol

4.1 Esbozo general de la producción de frijol y maíz en México

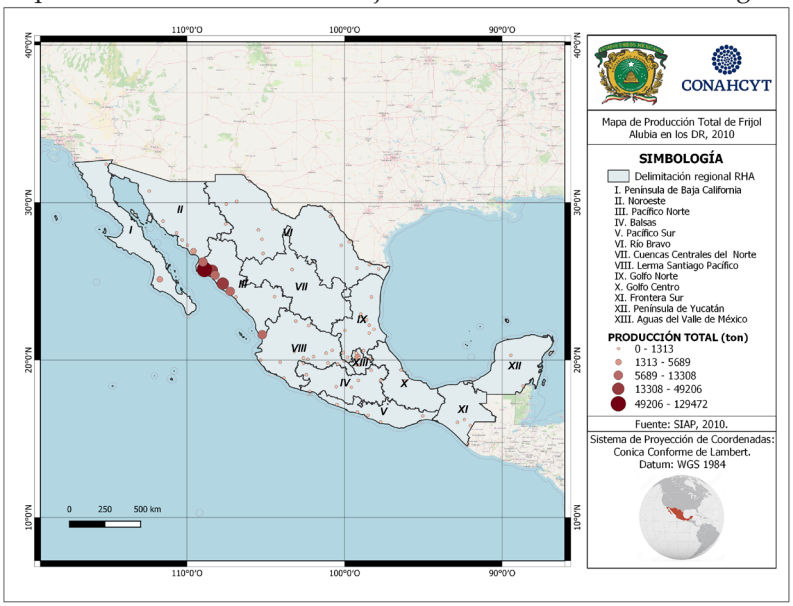
En este capítulo se presentan datos estadísticos relacionados con la producción de frijol y maíz en los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas del territorio mexicano. De manera general se hace un análisis de la producción de frijol alubia, cultivo de frijol asociado, maíz grano, maíz elotero, maíz forrajero, maíz palomero y cultivo de maíz asociado. En el análisis e interpretación se consideran aspectos relacionados con la superficie sembrada, superficie cosecha, producción de los cultivos, rendimiento, costos, valor de la producción y el agua utilizada en los distintos procesos y actividades agrícolas.

El propósito de este análisis estadístico es conocer todos los factores que intervienen en el proceso productivo del frijol y maíz, ya que éstos representan la base de la alimentación del pueblo mexicano y, por consiguiente, son elementos culturales importantes de los grupos de campesinos, agricultores, labradores o indígenas que los cultivan. Los datos contenidos en cada uno de los apartados de este capítulo fueron obtenidos de fuentes oficiales, principalmente del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). El período de análisis corresponde a los años 2010 y 2020, esto con la finalidad de observar el comportamiento de la producción en dos momentos diferentes. La información se representa en gráficos y mapas, esto con la finalidad de facilitar su comprensión de manera objetiva, concreta y precisa.

4.2 Cultivo de frijol alubia

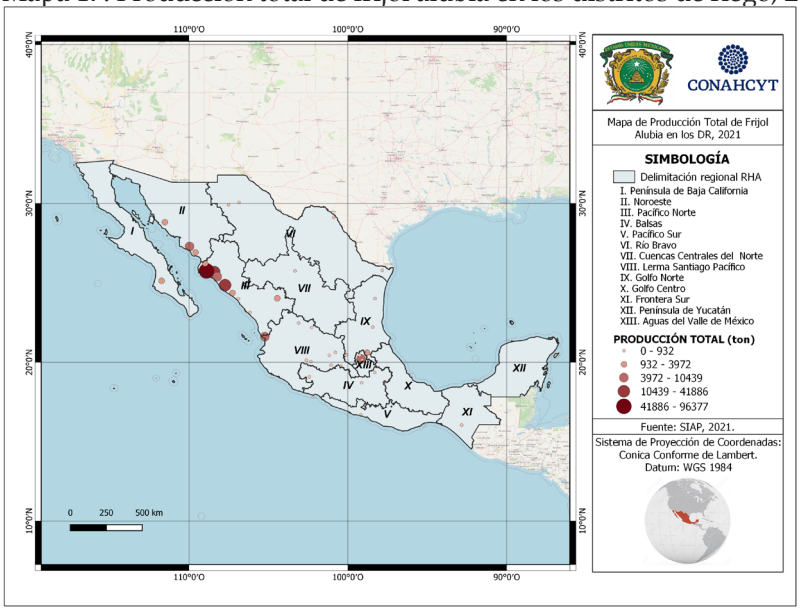
Durante el 2010 fueron 43 de los 86 distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas los que cultivaron y cosecharon esta variedad de frijol, mientras que para el 2021 la cosecha se redujo a 40 distritos de riego, lo cual implica que tres distritos no destinaron ningún terreno para la producción de estos dos cultivos (Mapa 16 y 17 y Gráfica 11). Como se observa, prácticamente el frijol alubia se cultiva en varias regiones de México, aunque en algunas solamente se hace en pequeñas cantidades.

Mapa 16. Producción total de frijol alubia en los distritos de riego, 2010



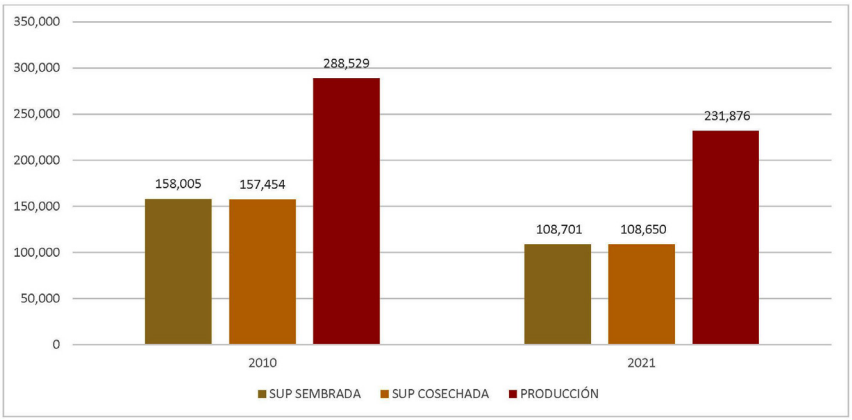
Fuente: SIAP (2010).

Mapa 17. Producción total de frijol alubia en los distritos de riego, 2021



Fuente: SIAP (2021).

Gráfica 11. Superficie sembrada, superficie cosechada (hectáreas) y producción de frijol alubia (toneladas) en México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

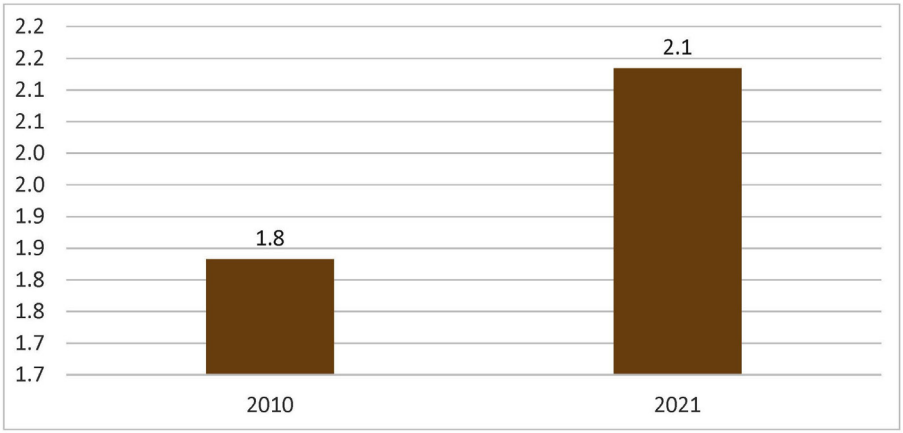
En el 2010 se sembró un total de 158,005 hectáreas de frijol alubia en los distritos de riego de México, esto representa la superficie de tierra dedicada al cultivo de este tipo de frijol. De estas 158,005 hectáreas sembradas, se cosecharon positivamente 157,454 hectáreas, la cifra indica que la mayoría de las hectáreas sembradas resultaron en una cosecha exitosa, lo cual es un indicador positivo de la eficiencia del cultivo en ese año, en otros términos, fueron mínimas las pérdidas de los cultivos en la superficie sembrada (551 ha).

La producción total de frijol alubia en la superficie de 157,454 hectáreas fue de 288,529 toneladas; esta producción indica una cantidad significativa de frijol alubia como resultado de la cosecha obtenida, lo que sugiere una buena productividad por hectárea. Los datos reflejan que el cultivo de frijol alubia en los distritos de riego de México y durante el 2010 fue exitoso en términos de la superficie de tierra cultivada, la superficie cosechada y la producción total obtenida (CONAGUA, 2010 y 2021).

Por el contrario, para el 2021 se sembraron menos hectáreas de frijol alubia en comparación con la superficie sembrada el 2010. La diferencia entre la superficie sembrada y la superficie cosechada en ambos años es mínima, lo cual implica que la mayoría de las hectáreas sembradas en ambos años se cosecharon con éxito. A pesar de que la superficie sembrada y la superficie cosechada fue menor en el 2021, esto en comparación con el 2010, refleja que la producción total de frijol alubia también registró una disminución, esto indica que la productividad por hectárea puede haber disminuido en el período 2010 y 2021 (SIAP, 2010 y 2021).

La comparación de los datos entre los años 2010 y 2021 muestra que hubo una reducción en la superficie sembrada, superficie cosechada y en la producción total de frijol alubia en el 2021, esto en comparación con el 2010, lo cual podría deberse a la interacción de una variedad de factores, como cambios en las prácticas agrícolas, condiciones climáticas, riesgos ambientales, disponibilidad de agua e insumos u otros factores que afectaron la producción agrícola en ese período. Es importante tener presente que un aumento en el rendimiento del cultivo de frijol alubia de 1.8 toneladas por hectárea en el 2010 a 2.1 toneladas por hectárea en el 2021, generalmente implica que hubo mejoramiento en la productividad agrícola. Sin embargo, se debe considerar la interacción de varios factores que pueden influir o determinar esa condición, como es el caso del mejoramiento de los procesos que intervienen en las prácticas agrícolas, las condiciones climáticas, las variedades de cultivo y las inversiones en tecnología e insumos agrícolas (Gráfica 12).

Gráfica 12. Rendimiento de cultivo de frijol alubia (toneladas por hectárea) en México, 2010 y 2021



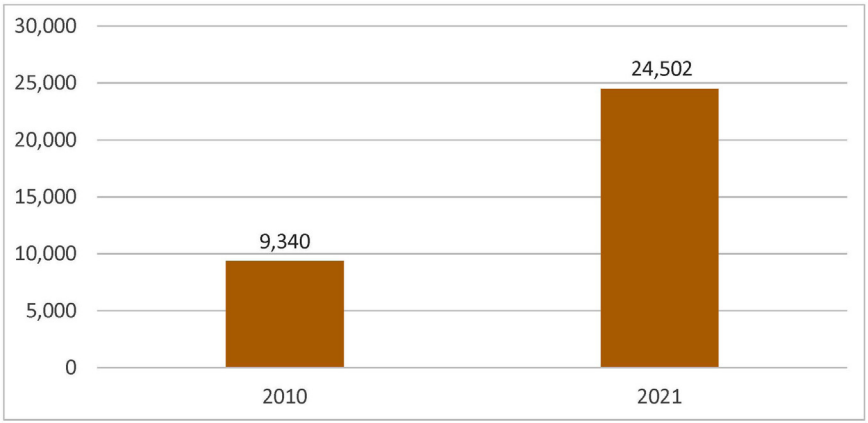
Fuente: SIAP (2010 y 2021).

El hecho de que el precio de la tonelada de frijol alubia haya aumentado significativamente de $9,340 pesos en el 2010 a $24,502 pesos en el 2021, esto a pesar de que se produjo más frijol en el 2010 que en el 2021, indica algunas implicaciones económicas y agrícolas (Gráfica 13). Independientemente, de que el precio del frijol alubia fue más alto en el 2021, la producción total fue menor que en el 2010. Económicamente la disminución en la producción de

frijol de alubia tiene un impacto significativo en la oferta y demanda, lo cual provoca que se incrementen aún más los precios (Gráfica 14).[1]

A pesar de que la producción de frijol alubia fue menor en el 2021 en comparación con la del 2010, la recaudación en 2021 fue significativamente mayor, lo cual se debe a un aumento considerable en el precio durante el 2021, esto en comparación con el precio del 2010. Un precio más alto por tonelada compensa la menor producción y resulta en una mayor recaudación total. Asimismo, el aumento en el precio, pudo deberse a una mejora en la calidad del producto o cambios en la demanda del mercado. Estos cambios en la dinámica económica tienen un impacto significativo en los agricultores (productores) y en la economía del país.

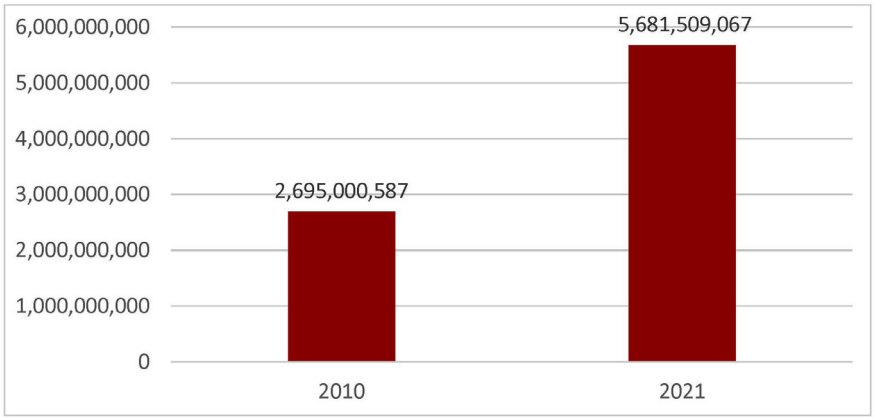
Gráfica 13. Costo por tonelada de frijol alubia (pesos mexicanos) en México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

1 Con la finalidad de respetar la fuente oficial de donde se obtuvieron los datos relacionados con la producción de cultivos de maíz y frijol y su relación con el manejo del agua en los distritos de riego, se utilizará la palabra "pesos", la cual hace referencia a pesos mexicanos, algunas veces se incluye el signo correspondiente ($), pero de cualesquiera de las tres opciones, se refiere a cantidades expresada en pesos mexicanos, con o sin signo de $.

Gráfica 14. Valor de producción de frijol alubia en México, 2010 y 2021

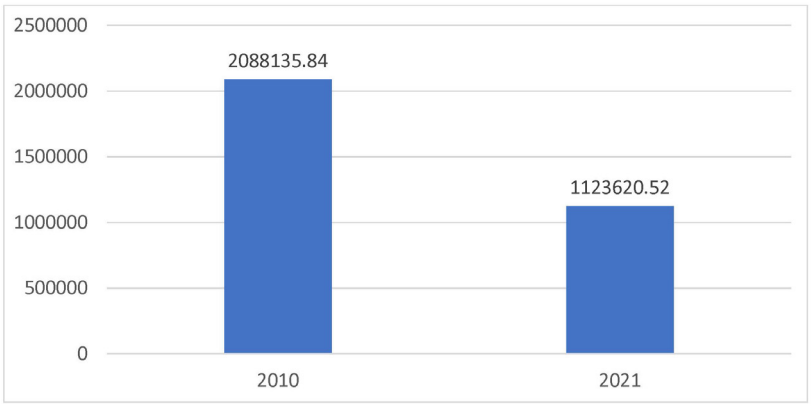


Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Con relación al uso del agua se expone la siguiente reflexión: a pesar de que la producción total fue menor en el 2021, el uso más eficiente del agua por hectárea es un indicador positivo, esto permite inferir una gestión más efectiva de los recursos hídricos en el cultivo de frijol alubia, lo cual es beneficioso tanto para la sostenibilidad agrícola como para los componentes ambientales. Un aumento en el rendimiento por hectárea en el 2021, la mayor producción total podría indicar mejoras en las prácticas agrícolas, la selección de variedades de cultivo más eficientes y la optimización de la gestión de cultivos; esto es lo que posiblemente influyó en la obtención de una mayor productividad en términos de rendimiento (SIAP, 2010 y 2021).

La comparación de los datos relacionados con el uso del agua entre el 2010 y el 2021 muestra que, a pesar de la menor producción obtenida en el 2010, hubo mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua y un rendimiento por hectárea más alto. Estas mejoras son importantes para transitar hacia la sostenibilidad de la agricultura a largo plazo y promover una gestión responsable de los recursos hídricos en las regiones hidrológico-administrativas (Gráfica 15).

Gráfica 15. Agua empleada por superficie en el cultivo de frijol alubia (miles de m^3 por hectárea) en México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

4.3 Cultivo de frijol asociado

En el 2010 solamente siete distritos de riego produjeron frijol (cultivo asociado), siendo relevantes los siguientes distritos de riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato; 023 San Juan Del Río, Querétaro; 037 Altar Pitiquito, Sonora; 041 Río Yaqui, Sonora; 048 Ticul, Yucatán; 085 La Begoña, Guanajuato; 092B Río Pánuco, Unidad Chicayán. En el 2021 disminuyó a cinco el número de distritos de riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, 048 Ticul, Yucatán; 049 Río Verde, San Luis Potosí; 092 A Río Pánuco, Unidad Ánimas; y 095 Atoyac, Guerrero (Gráfica 16, Mapa 18 y 19). En este caso, dos distritos de riego abandonaron el cultivo de esta variedad de frijol, y en su lugar, dos distritos diferentes iniciaron con el establecimiento de este tipo de cultivo.

En el 2010 se sembraron 5,465 hectáreas de frijol asociado, de las cuales 5,463 hectáreas fueron cosechadas con éxito. La cosecha generó una producción de 8,794 toneladas. Con estos datos se observa una excelente cosecha de este tipo de cultivo, con lo cual se determina un éxito en la producción, ya que casi todas las hectáreas sembradas pudieron ser cosechadas de manera satisfactoria (solamente ocurrieron pérdidas en dos hectáreas), sin embargo, esto no es significativo (SIAP, 2010 y 2021).

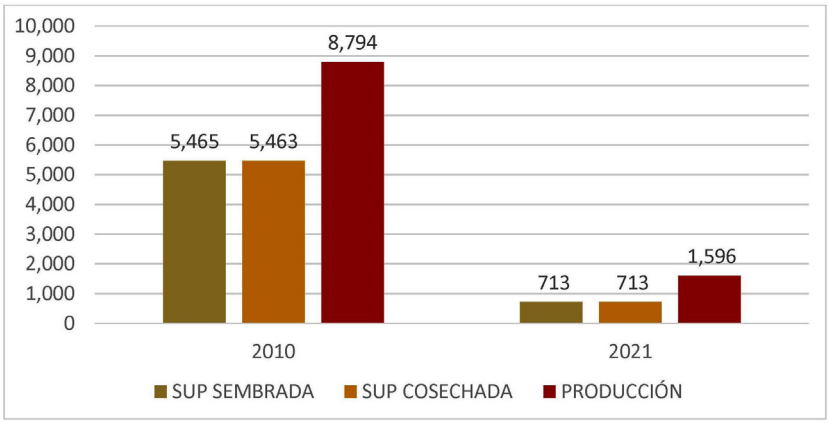
Para el 2021 y haciendo comparaciones con el 2010 es muy notoria la diferencia en la superficie sembrada y la superficie cosechada (Gráfica 16). Pese a la diferencia en la cantidad de hectáreas sembradas, en el 2021 se logró obtener cosechas en toda la superficie sembrada, es decir, el éxito de la cosecha fue en 100 %, por supuesto, para el 2010, la cosecha también fue exitosa en la mayoría de las hectáreas sembradas (5,463 de 5,465). La diferencia entre los dos años no tiene explicación, sin embargo, puede deberse a la interacción de

múltiples factores. La producción obtenida en el 2010 (8, 794 toneladas) y la producción obtenida en el 2021 (1,596 toneladas), requiere de un análisis más preciso, sin embargo, la disponibilidad de los datos solamente permitió determinar los resultados que se muestran en la gráfica 16.

Con relación a la gestión de los recursos es importante referir que el rendimiento del cultivo de fríjol asociado muestra diferencias entre los años 2010 y 2021. La participación de distritos de riego para el 2010 fue de siete, mientras que para el 2021, solamente participaron cinco. En realidad, es mínima la participación, ya que en el territorio mexicano se tienen registrados 86 distritos. Esta participación implica una mayor concentración de recursos para el 2021 o una mayor eficiencia en la gestión del riego (Gráfica 17).

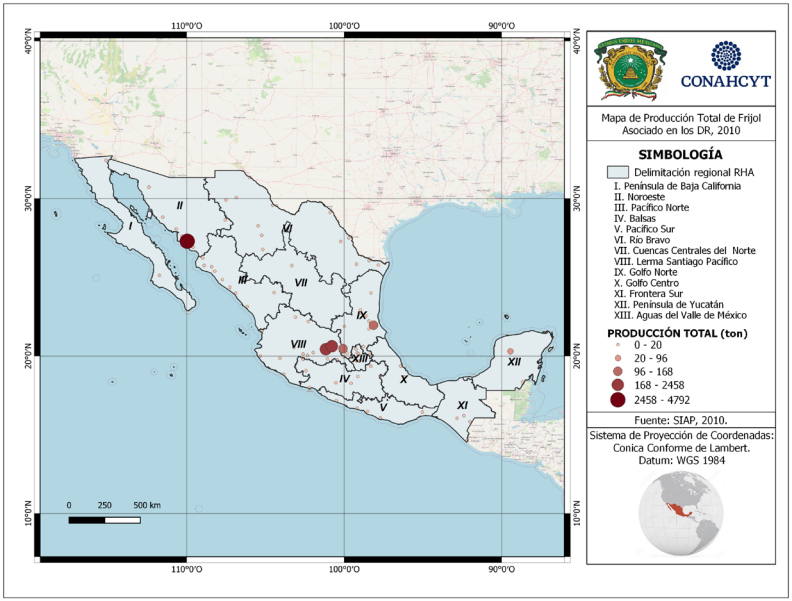
No obstante, de haberse sembrado menos hectáreas en el 2021, se produjeron más toneladas de frijol en cultivo asociado, esto se demuestra con el rendimiento obtenido por hectárea. Posiblemente estos resultados tengan relación con un mejoramiento en la eficiencia y productividad de la agricultura destinada al cultivo de frijol, observándose notorias diferencias con el rendimiento obtenido en el 2021. En este mismo año, también se concentraron recursos en menos distritos de riego, lo que podría haber contribuido a la eficiencia en la producción (SIAP, 2010 y 2021).

Gráfica 16. Superficie sembrada, superficie cosechada (hectáreas), y producción de frijol asociado (toneladas) en México, 2010 y 2021



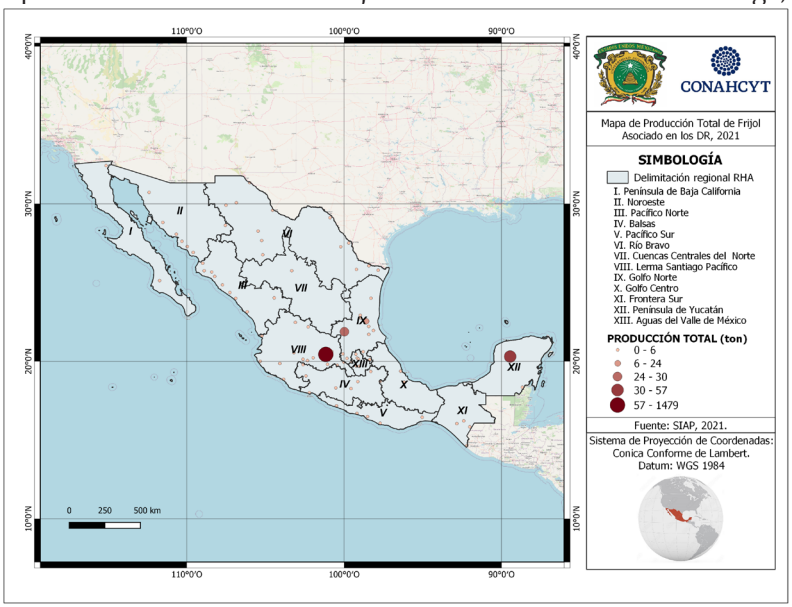
Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Mapa 18. Producción total de frijol asociado en los distritos de riego, 2010



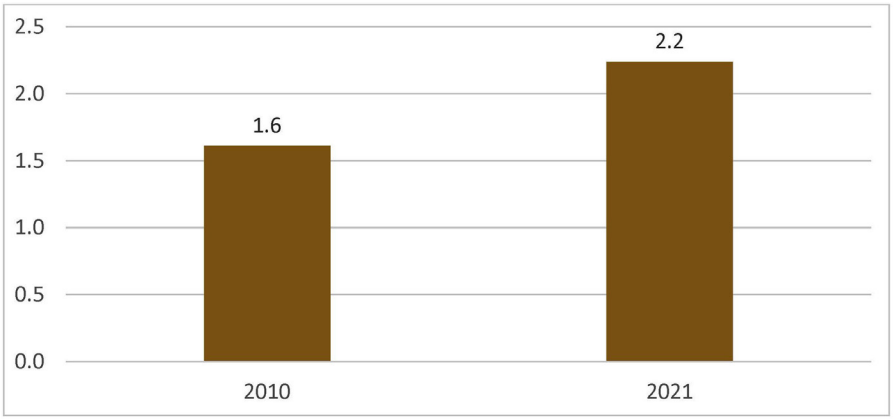
Fuente: SIAP (2010).

Mapa 19. Producción total de frijol asociado en los distritos de riego, 2021



Fuente: SIAP (2021).

Gráfica 17. Rendimiento de cultivo de frijol asociado (toneladas por hectárea) en México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

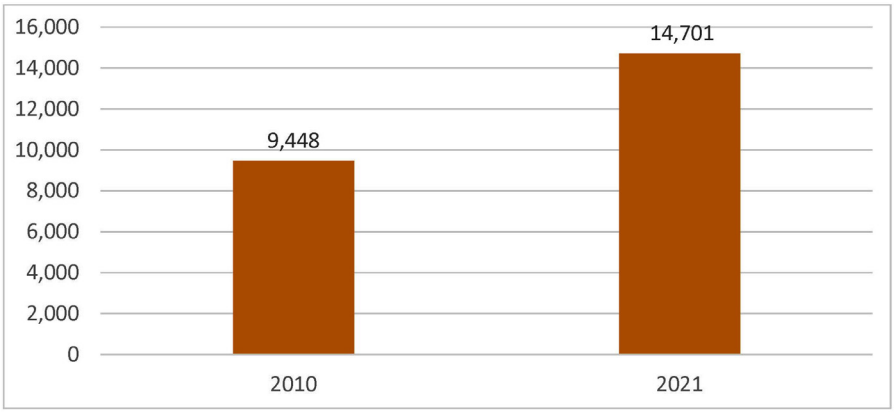
Existe diferencia entre los precios por tonelada en estos dos años, con el aumento de $14,701 pesos en 2021 en comparación con $9,448 pesos en 2010, es un factor importante para el aumento en el valor económico de la producción de frijol en cultivo asociado en el 2021; esto a pesar de haber tenido un menor número de hectáreas sembradas y su mayor eficiencia en la cosecha como rendimiento por hectárea (Gráfica 18). Este incremento en el precio por tonelada de frijol asociado en el 2021 en comparación con el 2010 también contribuyó a que la producción de este tipo de cultivo en el 2021 haya generado un valor económico mayor, pese a haber sembrado menos hectáreas (Gráfica 19).

En el 2021 se logró un mayor rendimiento por hectárea y un precio por tonelada también mayor, pero el valor de producción total disminuyó considerablemente en comparación con el 2010, lo cual puede deberse a la diferencia en la cantidad de hectáreas sembradas. En el 2010 se sembró mayor número de hectáreas, lo que aumentó significativamente el valor de producción total; obteniendo un rendimiento por hectárea ligeramente menor y un precio por tonelada más bajo. En el 2021, aunque hubo mejoramiento en la eficiencia y el rendimiento por hectárea, la cantidad de hectáreas sembradas fue menor, lo que también resultó con un valor de producción menor.

El elemento rector en la agricultura de riego es el recurso hídrico, sin éste, la agricultura destinada a la producción de frijol asociado sería difícil. El uso de agua por hectárea es relevante, en este caso, se observa una drástica disminución en el uso de agua por hectárea en el 2021 (5, 235.91 m^3 en comparación con el 2010 (43, 986.55 m^3). La disminución en el consumo de agua por hectárea refleja una mayor eficiencia en la gestión de recursos hídricos en 2021,

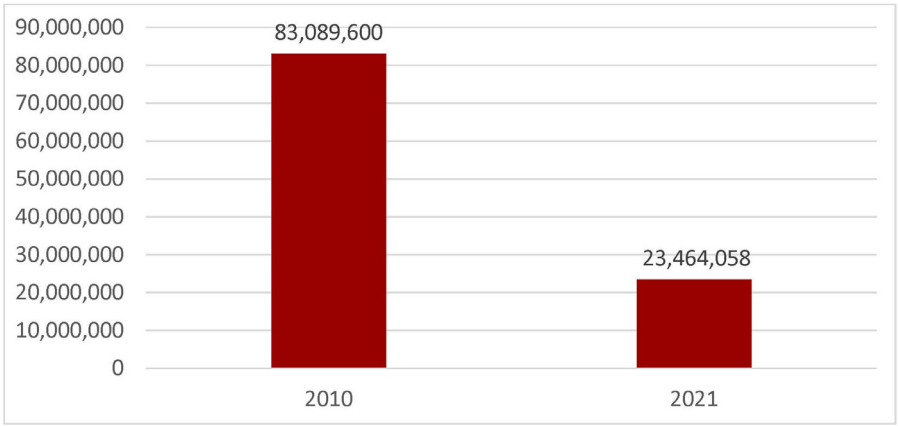
lo que posiblemente podría relacionarse con la menor cantidad de hectáreas sembradas y desde luego, con el uso de técnicas de riego más eficientes. La disminución en el uso de agua para el riego de cultivo de fríjol asociado es una tendencia positiva desde el punto de vista de la sostenibilidad y la conservación de los recursos hídricos en las regiones hidrológico-administrativas (Gráfica 20).

Gráfica 18. Costo por tonelada de frijol asociado (pesos mexicanos) en México, 2010 y 2021



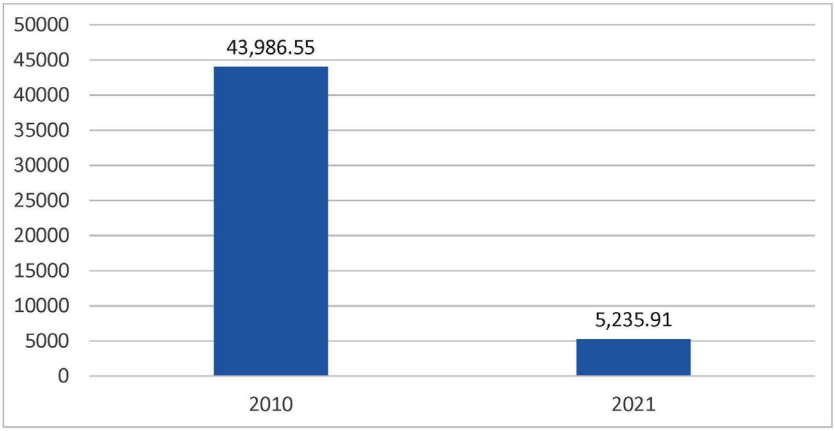
Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Gráfica 19. Valor de producción en cultivo de frijol asociado (pesos mexicanos) en México, 2010 y 2021.



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Gráfica 20. Agua empleada por superficie (miles de m^3 por hectárea) en México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

4.4 Cultivo de maíz asociado

El cultivo de maíz asociado se refiere a un sistema de producción agrícola que consiste en establecer cultivos de maíz con otras especies vegetales (otros cultivos) en la misma parcela y en el mismo ciclo agrícola o período de tiempo. Para el caso de los distritos de riego registrados en el territorio mexicano, solamente dos distritos establecieron este tipo de cultivos en el 2010, siendo el Distrito 095 (Atoyac, Guerrero) y el Distrito110 (Río Verde-Progreso, Oaxaca). Para el 2021, hubo un mínimo incremento de distritos que destinaron sus parcelas al cultivo de maíz asociado, siendo los siguientes: Distrito 048 (Ticul, Yucatán); Distrito 053 (Estado de Colima) y Distrito 095 (Atoyac, Guerrero.) (Gráfica 21, Mapa 20 y 21). Desde el punto de vista ecológico este tipo de cultivos es importante, ya que coadyuva a mantener e incrementar la diversidad vegetal en los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas.

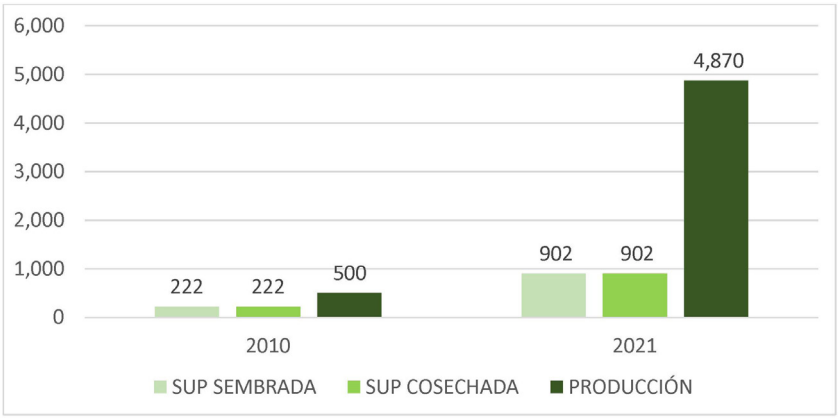
En el 2021 se sembró un mayor número de hectáreas con cultivo de maíz asociado, en total 902 hectáreas, esto en comparación con las 222 hectáreas sembradas en el 2010. Esta expansión en la superficie cultivada refleja un aumento para la producción de alimentos y al mismo tiempo, esfuerzos agrícolas. En ambos años, el éxito en la cosecha fue del 100 %, lo cual significa que se cosecharon totalmente todas las hectáreas sembradas; es decir, se hizo una buena gestión y cuidado de los cultivos en ambos períodos (SIAP, 2010 y 2021). No se registraron pérdidas.

La producción de cultivos de maíz asociado en 2021 fue mayor, obteniendo una cosecha de 4,870 toneladas en comparación con 500 toneladas obtenidas en la cosecha del 2010. Con estos datos, principalmente, el que se refiere a la

producción total de 2021 se demuestra un aumento significativo en la productividad de los distritos de riego que destinan sus parcelas al establecimiento de cultivos de maíz asociado, el cual es básico en la alimentación de la población rural y urbana, asimismo, es un indicador de una mayor colaboración de los productores y recursos disponibles para este tipo de cultivo (Gráfica 21).

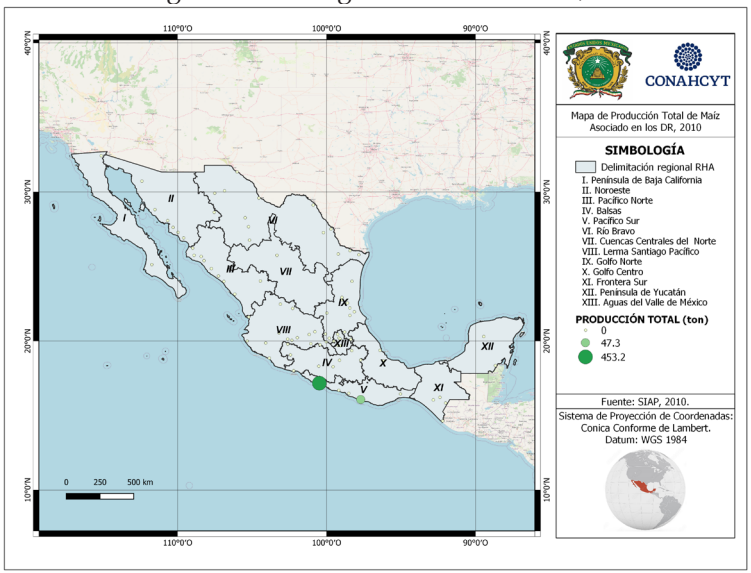
Con relación al rendimiento del cultivo de maíz asociado son obvias algunas diferencias. En el 2021 se registró un rendimiento por hectárea considerablemente mayor en comparación con el rendimiento del 2010. Independientemente de que se sembraron más hectáreas en el 2021, la mayor eficiencia en la producción por hectárea (5.4 toneladas por hectárea) contribuyó en gran medida al aumento en la producción total de maíz asociado. El incremento en el rendimiento por hectárea es un indicador importante que refleja una mayor dedicación a la producción agrícola, aplicación de algunos métodos y técnicas de cultivo que inciden en una mayor producción y utilización de insumos de vanguardia que conducen hacia un manejo más sostenible de los cultivos de maíz asociado, y por supuesto, capacitaciones e investigaciones para incrementar la producción de alimentos derivados de esta planta (Gráfica 22).

Gráfica 21. Superficie sembrada, superficie cosechada, y producción de maíz asociado en México, 2010 y 2021



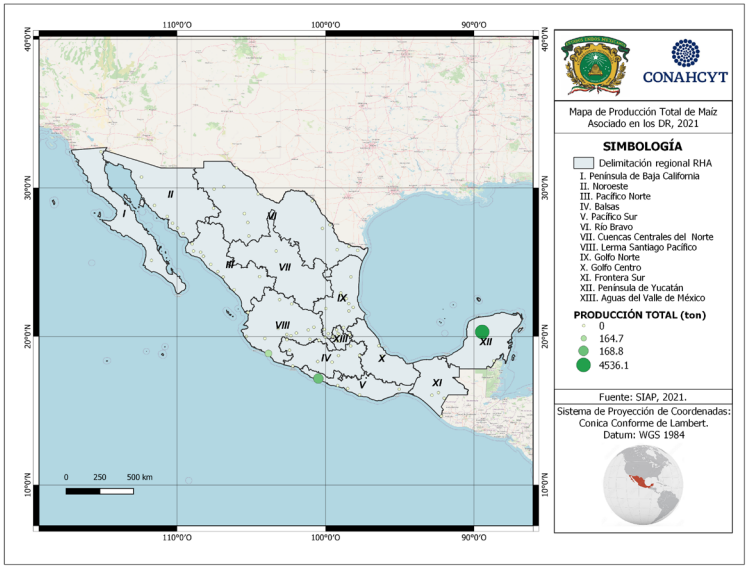
Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Mapa 20. Producción total de maíz asociado en los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas, 2010



Fuente: SIAP (2010).

Mapa 21. Producción total de maíz asociado en los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas, 2021

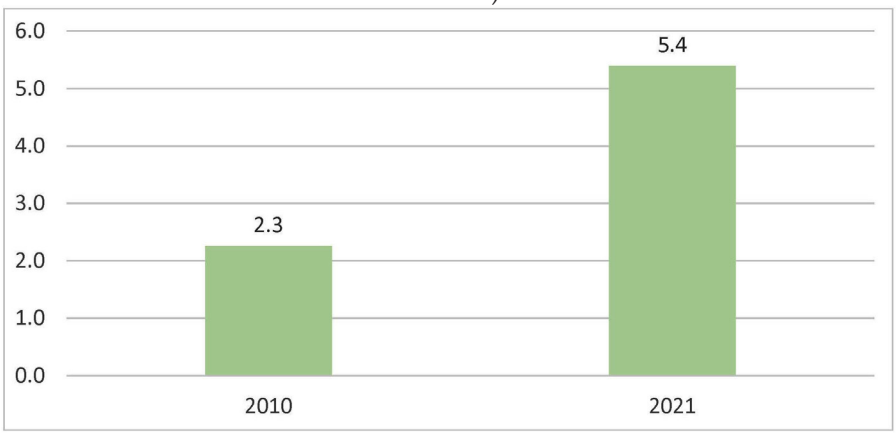


Fuente: SIAP (2021).

Respecto a los costos para la producción de una tonelada de maíz es relevante aclarar que también existieron algunas diferencias. El análisis de la información revela un aumento en los costos para la producción de una tonelada de maíz asociado en el 2021($ 4,175.00 pesos mexicanos) en comparación con los costos registrados en el 2010 ($ 2,323.00 pesos mexicanos). El aumento en los costos por tonelada en 2021 podría estar vinculado con varios factores, por ejemplo, mayores costos en los insumos agrícolas, pago de salarios más altos para la mano de obra agrícola, cambios en los procesos de las prácticas agrícolas, el uso de tecnologías de vanguardia (equipo para agricultura de precisión), entre otros. Es pertinente considerar que, posiblemente la inversión en tecnología (equipo y maquinaría) y prácticas agrícolas más eficientes podría haber influido en el aumento de los costos operativos, pero al mismo tiempo, pudo contribuir al mejoramiento de la productividad y la calidad de los cultivos (Gráfica 23).

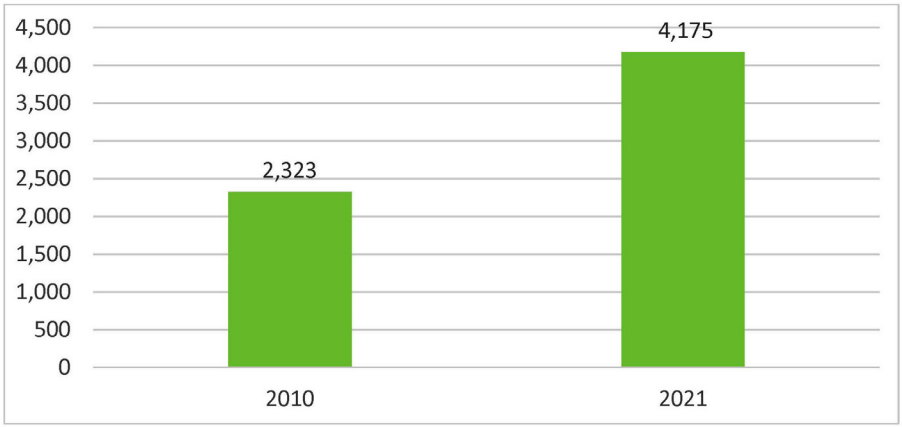
En el 2021 en los distritos de riego que establecieron cultivos de maíz asociado el valor de producción total fue considerablemente mayor en comparación con el valor registrado en el 2010. Independientemente del alto costo por tonelada, la producción total en el 2021 fue beneficiada con un mayor rendimiento por hectárea, lo que indica mayor eficiencia en la gestión de los cultivos, el manejo de recursos hídricos y una mayor productividad agrícola. El incremento en el valor de producción total representa un crecimiento significativo para el campo mexicano, y desde luego, en la industria agrícola, además significa una mayor rentabilidad en el cultivo de maíz asociado (Gráfica 24).

Gráfica 22. Rendimiento del cultivo de maíz asociado (toneladas por hectárea)



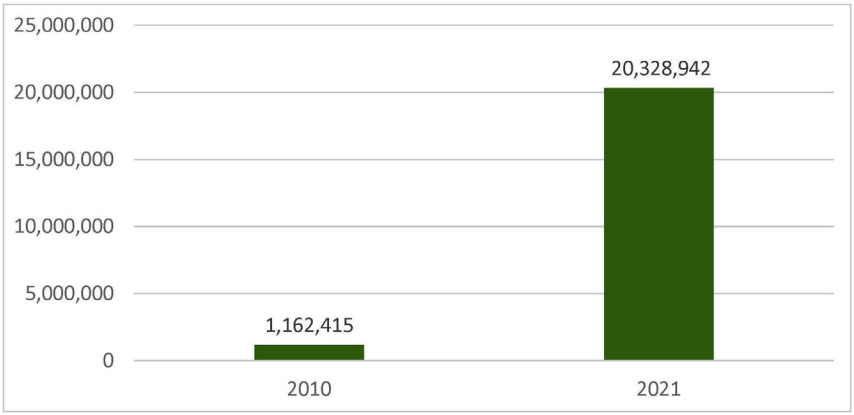
Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Gráfica 23. Costo por tonelada de maíz asociado (pesos mexicanos) en los distritos de riego de México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Gráfica 24. Valor de producción de maíz asociado (pesos mexicanos) en los distritos de riego de México, 2010 y 2021

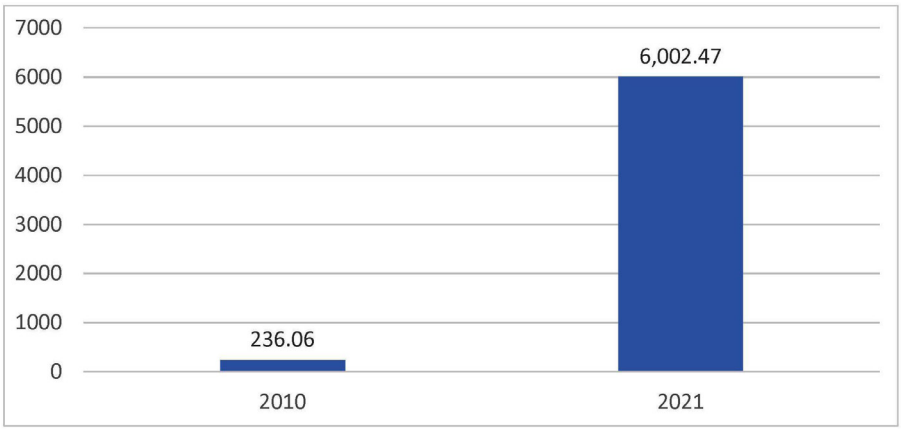


Fuente: SIAP (2010 y 2021).

El uso del agua para el manejo de cultivos de maíz asociado es un factor indispensable para el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como para el rendimiento y la obtención de buenas cosechas. Para el 2021 se utilizó un volumen mayor de agua por hectárea sembrada, lo que indica una mayor demanda de agua para el manejo de este tipo de cultivos. Esto podría estar relacionado con una mayor superficie sembrada o con la necesidad de riego

más intensivo debido a condiciones climáticas extremas o con las propiedades y situación actual de los suelos. Durante el 2021 el agua utilizada fue notablemente mayor (6 002.47 m^3) que en el 2010 (236.06 m^3). El uso intensivo de agua por hectárea también plantea cuestiones y retos sobre la sostenibilidad y la gestión del recurso hídrico en la agricultura (Gráfica 25).

Gráfica 25. Agua empleada por superficie de maíz asociado (miles de m^3 y hectáreas)



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

4.5 Cultivo de maíz elotero

En México, el cultivo de maíz representa una fuente potencial para la alimentación de la población, además, tiene importancia económica, ya que en todas las regiones del país se consume maíz en sus diferentes etapas de desarrollo, por ejemplo, elotes (maíz tierno hervido o preparado en esquites, sopas, atoles, tamales). El maíz es una planta multipropósito, se utiliza desde la raíz hasta el polen presente en la espiga. Muchas familias y empresas dependen de la comercialización de elotes (legumbre).

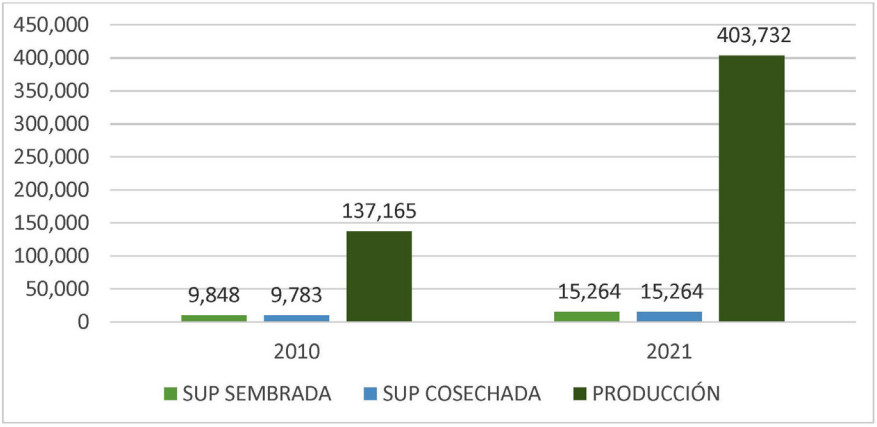
Del total de distritos de riego, durante el 2010, solamente en 11 distritos se establecieron siembras de maíz para la obtención de elotes: 013 Estado de Jalisco, 014 Río Colorado, Baja California, 045 Tuxpan, Michoacán, 048 Ticul, Yucatán, 049 Río Verde, San Luis Potosí, 052 Estado de Durango, 053 Estado de Colima, 082 Río Blanco, Veracruz, 094 Jalisco Sur, 097 Lázaro Cárdenas, Michoacán y 111 Baluarte-Presidio, Sinaloa. Mientras que, para el 2021 se registró un mínimo incremento en el número de distritos, siendo relevantes los siguientes: 013 Estado de Jalisco, 016 Estado de Morelos, 045 Tuxpan, Michoacán, 049 Río Verde, San Luis Potosí, 052 Estado de Durango, 053 Estado de Colima, 063 Guasave, Sinaloa, 075 Río Fuerte, Sinaloa; 082 Río Blanco, Vera-

cruz, 094 Jalisco Sur, 097 Lázaro Cárdenas, Michoacán y 111 Baluarte-Presidio, Sinaloa (Gráfica 26, Mapa 22 y 23). El DR 014 y el DR 048 abandonaron el cultivo de maíz elotero, pero los distritos 016, 063 y 075 iniciaron plantaciones de este tipo de cultivo.

En el 2021 se agregaron tres distritos de riego, esto significa una mayor cooperación entre los productores/agricultores y recursos disponibles para los procesos agrícolas productivos, además también fue relevante el incremento de la superficie destinada a la siembra de maíz elotero (15,264 hectáreas) en comparación con el 2010 en que fueron sembradas 9,848 hectáreas. La producción de este tipo de cultivo aumentó de manera notable en el 2021 hasta 403,732 toneladas en comparación con las 137,165 toneladas producidas en el 2010. Este comportamiento de la producción de maíz elotero refleja un aumento significativo en la productividad por hectárea y al mismo tiempo, una eficiencia en la gestión y manejo de los cultivos (SIAP, 2010 y 2021).

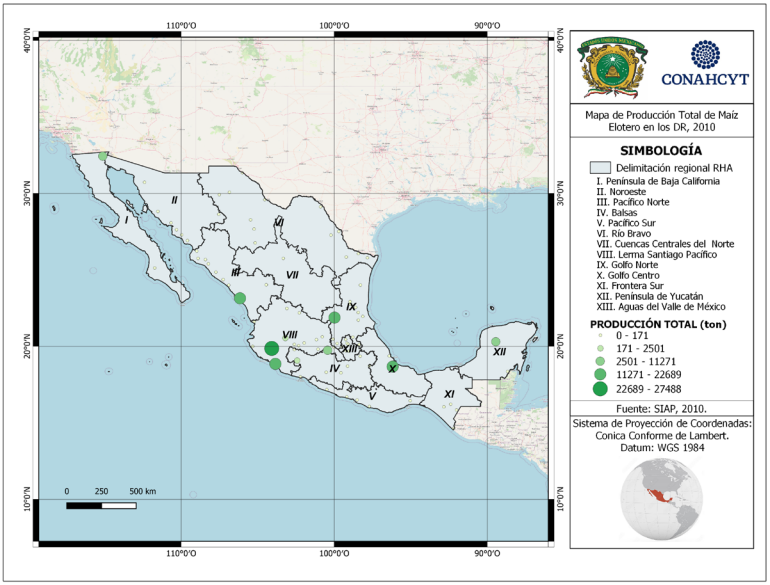
Como se ha mencionado, el cultivo de maíz elotero experimentó un notable aumento en la producción y en la eficiencia durante el 2021 en comparación con lo registrado en el 2010. Pues, aunque se sembraron más hectáreas, también se realizó una cosecha con éxito y, por lo tanto, se obtuvo una producción significativamente mayor en el 2021. Este incremento posiblemente estuvo asociado con una mayor cooperación entre los productores/agricultores de los distritos de riego, con prácticas agrícolas más eficientes o con factores climáticos favorables.

Gráfica 26. Superficie sembrada, superficie cosechada (hectáreas) y producción de maíz elotero en México, 2010 y 2021



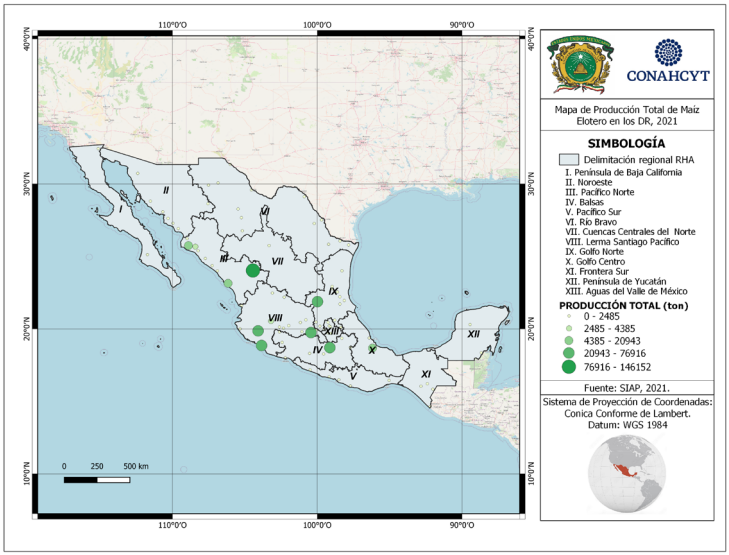
Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Mapa 22. Producción total de maíz elotero en los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas de México, 2010



Fuente: SIAP (2010).

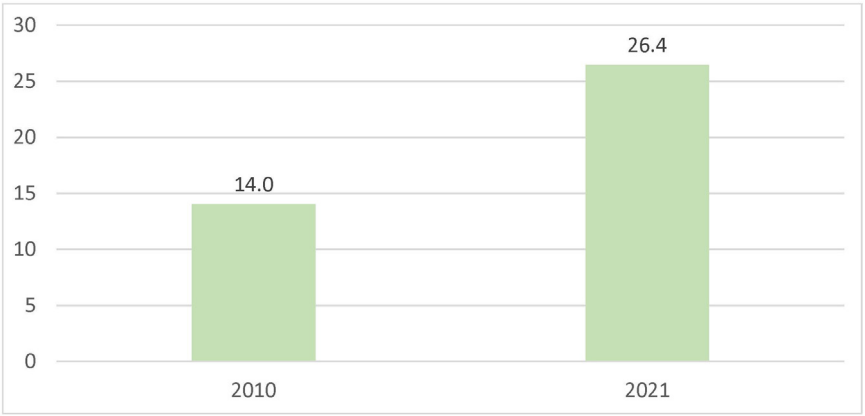
Mapa 23. Producción total de maíz elotero en los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas de México, 2021



Fuente: SIAP (2021).

El rendimiento de cultivo de maíz elotero (toneladas/hectárea) aumentó significativamente a 26.4 toneladas por hectárea. Este incremento en el rendimiento por hectárea en el 2021y en comparación con el 2010 es impresionante y demuestra un mejoramiento sustancial en la productividad, eficiencia de la gestión, aplicación de prácticas agrícolas de vanguardia y uso de equipo y maquinaria en el establecimiento de este tipo de cultivo. El mayor rendimiento por hectárea es un indicador de la interacción entre varios factores, por ejemplo, el mejoramiento de las propiedades del suelo, uso de técnicas de fertilización más eficaces, aplicación de prácticas agrícolas más efectivas, uso de tecnología (equipo y maquinaria) de vanguardia y condiciones climáticas favorables para este cultivo, lo cual pudo haber contribuido a la significativa expansión en la producción de maíz elotero (Gráfica 27).

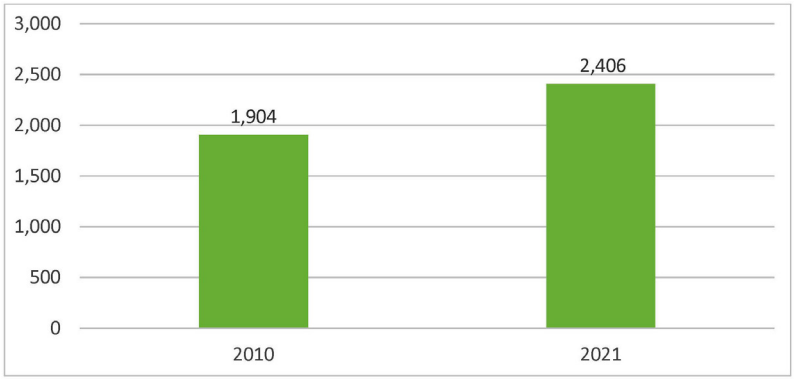
Gráfica 27. Rendimiento de cultivo de maíz elotero (toneladas por hectárea) en México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

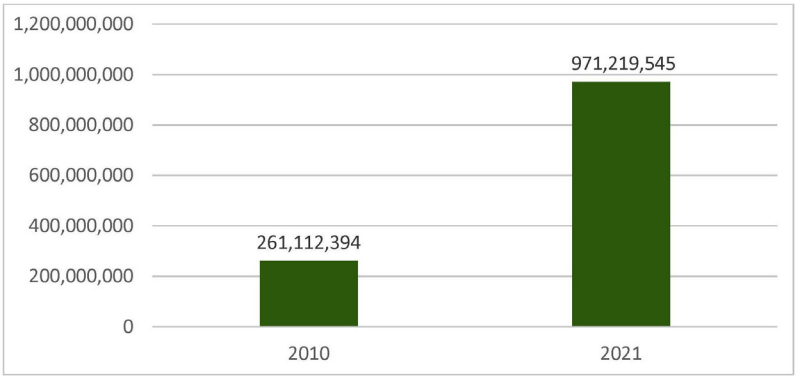
Respecto a los costos de producción por tonelada en los cultivos de maíz elotero se observó que en el 2021 hubo un incremento muy notorio en comparación con los costos registrados en el 2010. Independientemente del incremento de los costos de producción por tonelada, la producción de maíz elotero aumentó de manera significativa y muy vinculada con el mayor rendimiento por hectárea. Este incremento en el costo de producción por tonelada podría tener relación con la interacción directa de algunos factores, por ejemplo, mayores costos de insumos agrícolas, pago de mejores salarios en la mano de obra agrícola, uso de semillas mejoradas, aplicación de nuevas técnicas de producción, uso de equipo y maquinaría de vanguardia o cambios en los procesos de las prácticas agrícolas (Gráfica 28).

Gráfica 28. Costo de producción por tonelada de maíz elotero (pesos mexicanos) en México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Gráfica 29. Valor de producción de maíz elotero (pesos mexicanos) en México, 2010 y 2021

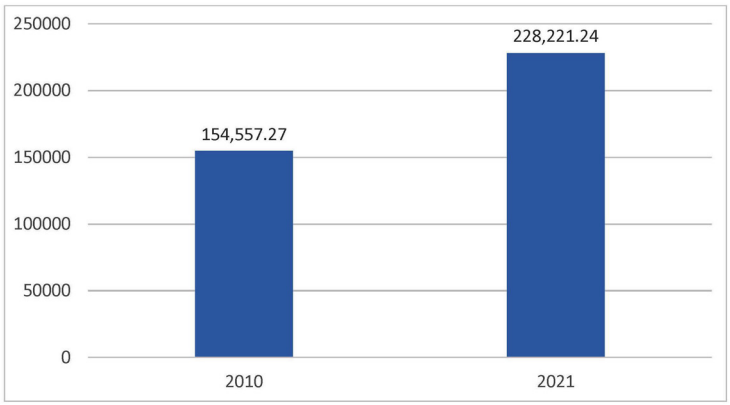


Fuente: SIAP (2010 y 2021).

El aumento en el valor de la producción total del maíz elotero en el 2021 en comparación con el valor de 2010 fue notable (mayor al 300 %). No obstante, el aumento en los costos de producción por tonelada, la producción total en 2021 fue mayor debido al mayor rendimiento por hectárea, lo que representó un valor económico neto significativamente más alto. Con estos datos se observó un crecimiento en la industria y comercialización del maíz elotero, probablemente impulsado por prácticas agrícolas más eficientes, una mayor superficie sembrada y mayor productividad por hectárea. El incremento en el valor de producción total proporciona muestras de un sector agrícola más

sólido, robusto y rentable en el 2021, esto en comparación con el 2010 (Gráfica 29).

Gráfica 30. Agua utilizada por superficie cultivada de maíz elotero



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

El uso de agua para riego en los cultivos de maíz elotero es imprescindible, por supuesto, en este análisis solamente se ha considerado a los distritos de riego en donde se establecieron siembras de maíz elotero (agricultura de riego). En el 2010 se utilizó en promedio 154,557.27 m^3 de agua por hectárea, mientras que en el 2021 el uso de agua por hectárea aumentó a un promedio de 228,221.24 m^3 por hectárea, es decir, se destinaron 73, 663.97 m^3 más de agua. Esto significa que el uso de agua por hectárea en el 2021 en comparación con el 2010 refleja una mayor demanda del recurso hídrico para el cultivo de maíz elotero. Esto pudo haber sido resultado de una mayor superficie sembrada, un mayor requerimiento de riego debido a condiciones climáticas regionales, a las características de los suelos o una mayor eficiencia en el uso del agua para riego de los cultivos.

Con base en el análisis de los datos anteriores es preciso comentar que el uso más intensivo de agua plantea cuestiones fundamentales sobre la gestión sostenible del recurso hídrico en los procesos y actividades agrícolas y la necesidad por equilibrar la producción agrícola con la conservación del recurso agua, y por supuesto, del suelo (Gráfica 30).

4.6 Cultivo de maíz forrajero

El cultivo de maíz forrajero es indispensable para la alimentación directa e indirecta de los animales domésticos mayores, cuyo destino final puede ser la comercialización para la producción de carne y otros derivados lácteos. El cultivo de maíz forrajero es importante para la ganadería intensiva o extensi-

va, pues en ambas se requiere complementar la alimentación balanceada con productos de origen vegetal.

Durante el 2010, el cultivo de maíz forrajero se estableció en los siguientes distritos de riego: 034 Estado de Zacatecas; 063 Guasave, Sinaloa; 092B Río Panuco, Unidad Chicayán; 001 Pabellón, Aguascalientes; 005 Ciudad Delicias, Chihuahua; 017 Región Lagunera, Coahuila-Durango; 052 Estado de Durango; 053 Estado de Colima; 056 Atoyac-Zahuapan, Tlaxcala; y 088 Chiconautla, México (en total 10 Distritos de Riego). Durante el 2021 se registró un incremento en el número de distritos de riego en donde se establecieron cultivos de maíz forrajero: 01 Pabellón, Aguascalientes; 05 Ciudad Delicias, Chihuahua; 013 Estado de Jalisco; 017 Región Lagunera, Coahuila-Durango; 028 Tulancingo, Hidalgo; 034 Estado de Zacatecas; 052 Estado de Durango; 056 Atoyac-Zahuapan, Tlaxcala; 073 La Concepción, México; 088 Chiconautla, México; 089 El Carmen, Chihuahua; 092B Río Panuco, Unidad Chicayán; y 103 Río Florido, Chihuahua (en total 13 distritos de riego) (Mapa 24 y 25).

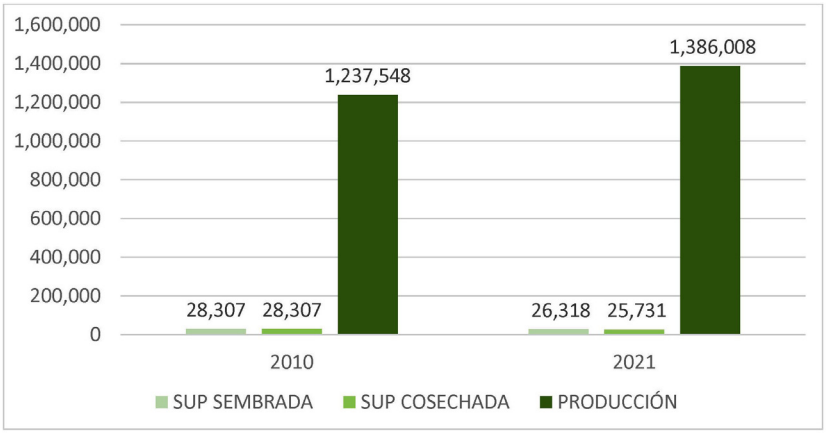
Durante el 2010, se registró un alto nivel de eficiencia y éxito en la producción de maíz forrajero, ya que en 10 Distritos de Riego se obtuvo una producción total de 1,237,548 toneladas con lo cual se demuestra la importancia de este cultivo en la industria agropecuaria y su capacidad para satisfacer la demanda de forraje, y por supuesto, de manera indirecta producir alimento (carne y otros derivados) para la población mexicana. Para el 2021 se registró una participación de 13 distritos de riego en la producción de maíz forrajero, obteniendo una producción total de 1, 386, 008 toneladas, situación que se relaciona con una mayor cooperación y recursos disponibles para la producción de forraje y alimento de origen animal, esto en comparación con los 10 distritos de riego que participaron en el 2010 (Gráfica 31).

En el 2010 se sembraron más hectáreas de maíz forrajero (28,307 hectáreas) en comparación con 26,318 hectáreas sembradas en el 2021. Entre los dos años, la diferencia entre la cantidad de hectáreas sembradas es relativamente pequeña, pues en el 2010 se cosecharon todas las hectáreas sembradas, mientras que en el 2021 se registró una pérdida mínima del 2 % en la superficie cosechada (25,731 de 26,318 hectáreas sembradas) (Gráfica 31).

Con relación al rendimiento del cultivo de maíz forrajero en los distritos de riego que establecieron este tipo de cultivo se observó que en el 2021 hubo un incremento de 10.2 toneladas más por hectáreas. Este aumento en el rendimiento de toneladas por hectárea de 2021 en comparación con el rendimiento obtenido en el 2010 es un referente de una mayor eficiencia y productividad del suelo en la producción de maíz forrajero. El aumento del rendimiento por hectárea se traduce en una mayor producción, además, es resultado de mejores prácticas agrícolas, tecnología avanzada y condiciones climáticas regionales favorables para este tipo de cultivo. Este rendimiento contribuye al

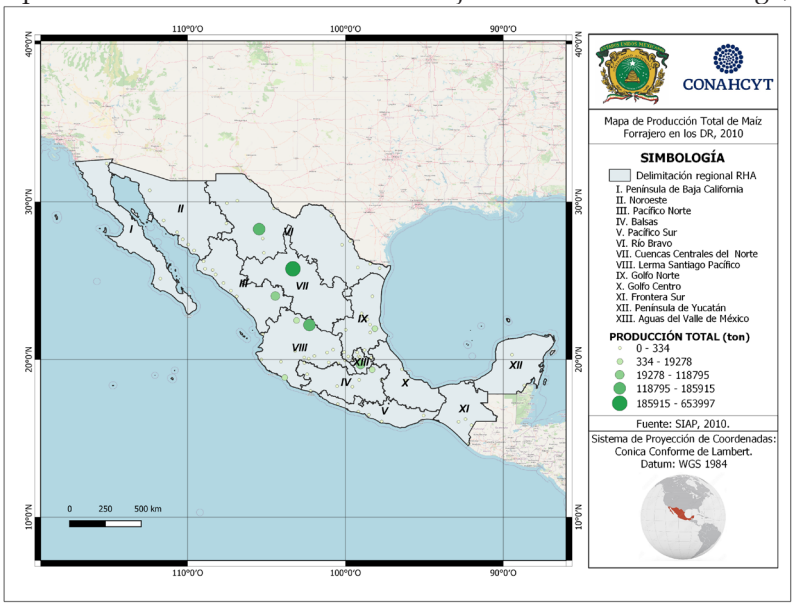
aumento en la producción total de maíz forrajero, y en consecuencia a la producción de alimentos de origen animal (Gráfica 32).

Gráfica 31. Superficie sembrada, superficie cosechada (hectáreas), y producción de maíz forrajero (toneladas) en los distritos de riego, 2010 y 2021.



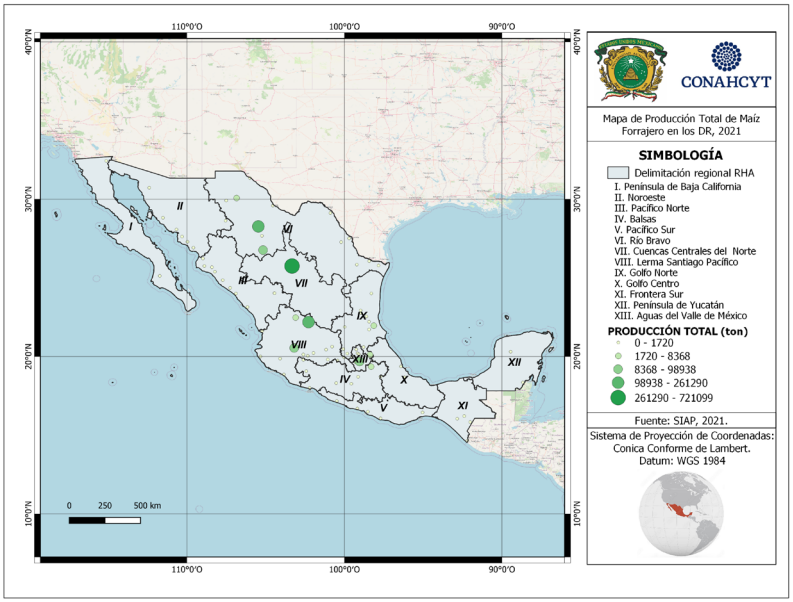
Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Mapa 24. Producción total de maíz forrajero en los distritos de riego, 2010



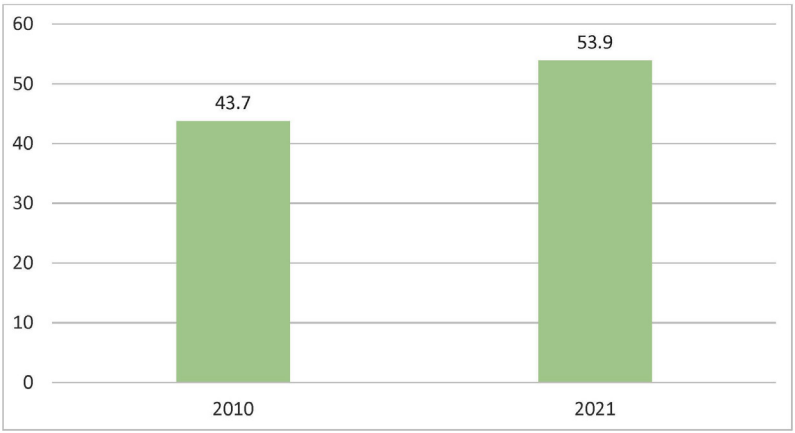
Fuente: SIAP (2010).

Mapa 25. Producción total de maíz forrajero en los distritos de riego, 2021



Fuente: SIAP (2021).

Gráfica 32. Rendimiento de cultivo de maíz forrajero (toneladas por hectárea) en los distritos de riego, 2010 y 2021



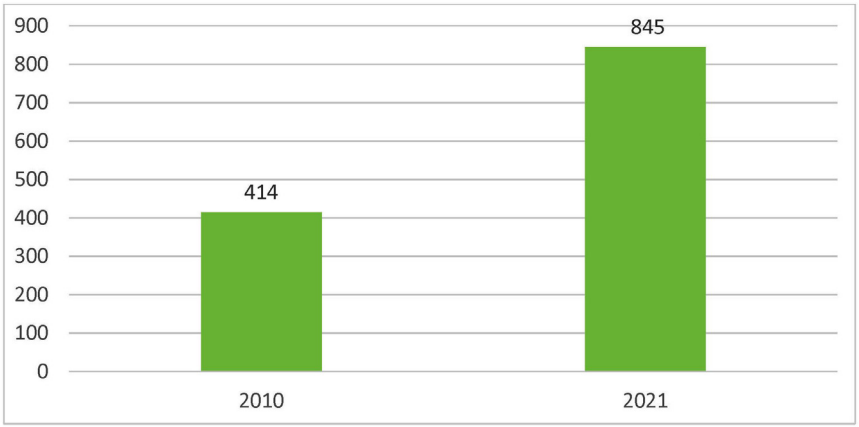
Fuente: SIAP (2010 y 2021).

El aumento en los costos de producción por tonelada de cultivos de maíz forrajero fue mayor para el 2021 en comparación con lo registrado en 2010; el aumento fue mayor del 100 %, es decir, en 2010 el costo fue de $414 pesos y

en 2021 de $845 pesos por tonelada. La producción de maíz forrajero en 2021 aumentó notablemente, lo que implica un equilibrio entre los costos y la eficiencia en su producción. Por esta razón, hubo relación con mayores gastos en los insumos agrícolas (semillas, agroquímicos, riego), mejores pagos de salarios de mano de obra campesina - agrícola y cambios en los procesos de las actividades agrícolas. La inversión tecnológica de vanguardia (equipo y maquinaría) y aplicación de prácticas agrícolas más eficientes pueden contribuir al incremento de la producción total de 2021, aun cuando fue notorio el aumento en los costos de producción por tonelada (Gráfica 33) (SIAP, 2010 y 2021).

El valor de producción total de maíz forrajero para 2010 fue de $512,744,105 pesos, mientras que para 2021 fue de $1,170,917,557 pesos. Al comparar estas dos cantidades, es claro que en 2021, el valor total de producción se incrementó en 100 %. El valor de la producción total incrementó de manera notable, lo que indica eficiencia y productividad. Por su parte, el valor de producción reflejó un sector agrícola con más fortaleza y rentabilidad (2021) en comparación con 2010. Procesos impulsados por prácticas agrícolas eficientes y de rendimiento por hectárea (Gráfica 34).

Gráfica 33. Costo por tonelada de producción de maíz forrajero (pesos mexicanos) en México, 2010 y 2021

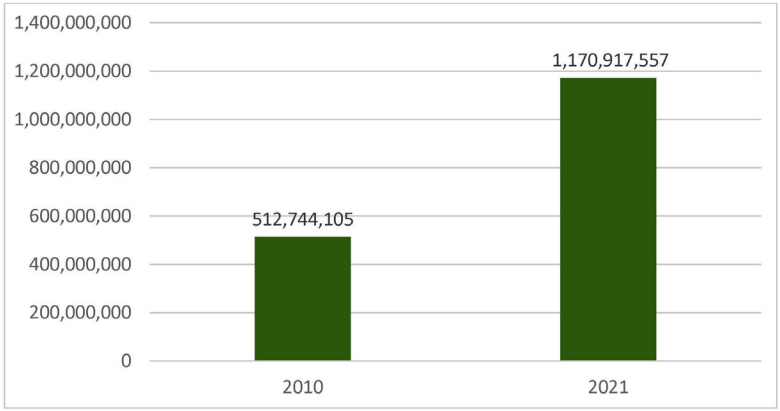


Fuente: SIAP (2010 y 2021).

En cuanto al uso del agua para riego de cultivos de maíz forrajero en los distritos que se dedicaron al establecimiento de este tipo de cultivos, se registró que en el 2010 fue utilizado un promedio de 390,171.75 m³ de agua por hectárea, mientras para el 2021 el uso de agua por hectárea disminuyó hasta un promedio de 339,061.49 m³. Esta disminución en el uso de agua por hectárea es interesante ya que en otras modalidades de producción de maíz ocurrió

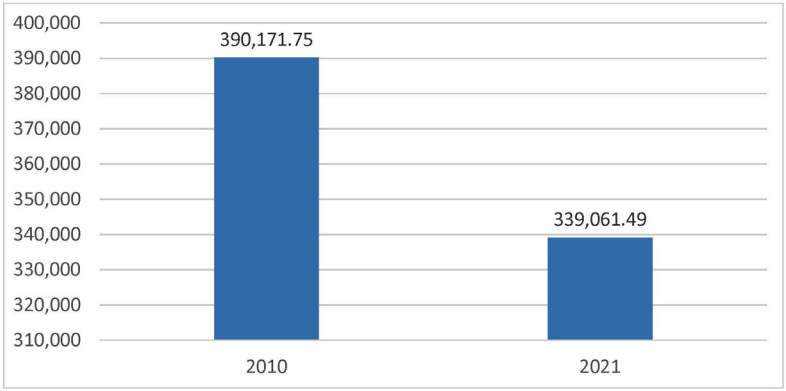
lo contrario, es decir, en este caso hubo tendencia a un uso y manejo del agua más racional. Existieron varias razones por las que probablemente ocurrió esta disminución: aplicación de métodos y técnicas de riego más eficientes, práctica de mejores técnicas de conservación de agua y suelo o condiciones climáticas favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz forrajero. La gestión más eficiente del recurso hídrico es un aspecto importante de la agricultura sostenible ya que contribuyó a la disminución en el uso de agua por hectárea (SIAP, 2010 y 2021) (Gráfica 35).

Gráfica 34. Valor de producción de maíz forrajero (pesos mexicanos) en México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

Gráfica 35. Agua empleada por superficie de maíz forrajero (miles de m^3 por hectárea) en los distritos de riego, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

4.7 Cultivo de maíz de grano

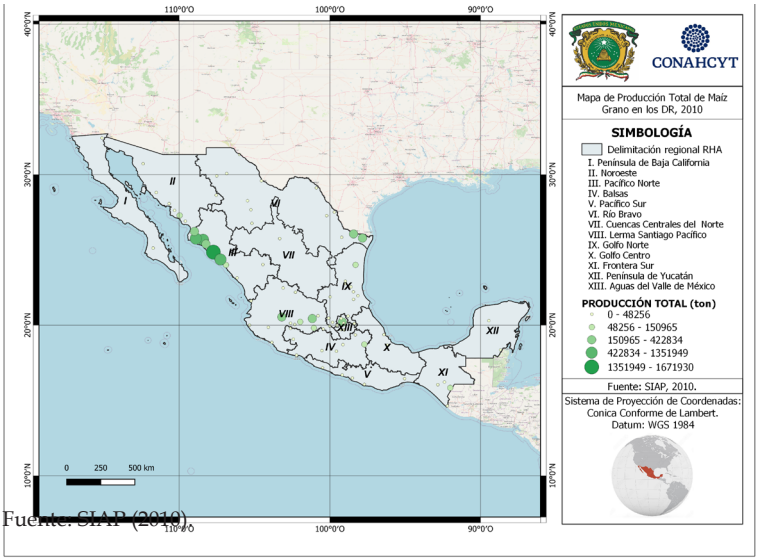
El cultivo de maíz de grano es uno de los más importantes en las regiones de México, esto en virtud de que está destinado directamente a la preparación de alimentos para satisfacer las necesidades alimenticias de la población, tanto del medio rural como de las ciudades, es el maíz que se utiliza para elaboración de tortillas. La importancia de este cultivo se refleja que durante el 2010 fue producido en 70 distritos de riego del país, es decir, en el 81.3 % de los distritos se produjo este tipo de cultivo; aunque para el 2021 hubo un decremento en el número de distritos que cultivaron maíz de grano, disminuyó a 64, pero, de cualquier manera, continúa siendo uno de los cultivos más importantes de México, ya que culturalmente es la base de la alimentación del pueblo mexicano. En los mapas 26 y 27 se observa que los distritos de riego en donde se concentró la mayor producción de grano en ambos años, se localizan en el Estado de Sinaloa, al noroeste y porción central del territorio mexicano (SIAP, 2010).

En la gráfica 36 se observa que los distritos de riego en donde se sembró maíz de grano se obtuvo casi el mismo número de toneladas, es decir, tanto en el 2010 como en el 2021 la superficie cosechada fue equivalente a la superficie sembrada, aunque con una marcada diferencia en el número de toneladas producidas en el 2021, situación que requiere buscar más información para explicar la incongruencia entre la disminución en el número de distritos de riego en donde se cultivó maíz de grano y el mayor número de toneladas producidas en el 2021, en conclusión se debe reflexionar lo siguiente: ¿un menor número de distritos de riego produjo mayor número de toneladas de maíz de grano? (SIAP, 2010 y 2021).

En el 2010 se cosecharon 838,054 hectáreas mientras que, en el 2021, la pérdida en la superficie cosechada fue mínima (863,970 de 864,262 hectáreas sembradas, se registró una pérdida de 292 toneladas). La producción de maíz grano aumentó significativamente en el 2021 a 9,642,419 toneladas en comparación con 7,418,767 toneladas producidas durante el 2010.

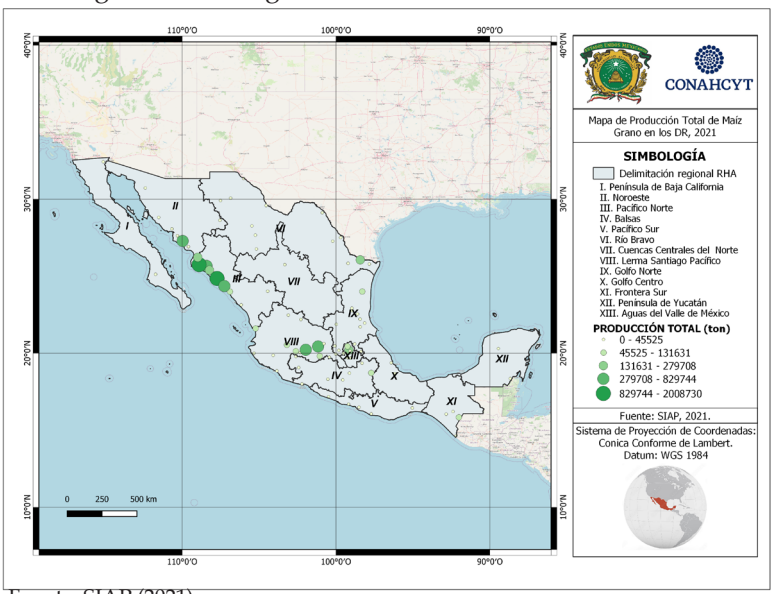
El rendimiento en el cultivo de maíz en grano está asociado con la interacción de múltiples factores, principalmente ambientales y económicos. En el período de análisis se tuvieron los siguientes datos: en el 2010 el rendimiento fue de 8.9 toneladas de maíz grano por hectárea, mientras para el 2021 el rendimiento tuvo aumentó a 11.2 toneladas de maíz grano por hectárea, lo cual es significativo, ya que influye de manera directa en la seguridad alimentaria de las personas, además, de fortalecer la industria alimenticia del país. Este aumento es una variable que explica una mayor eficiencia y productividad en la producción de maíz grano durante el 2021.

Mapa 26. Producción total de maíz grano en los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas de México, 2010



Fuente: SIAP (2010).

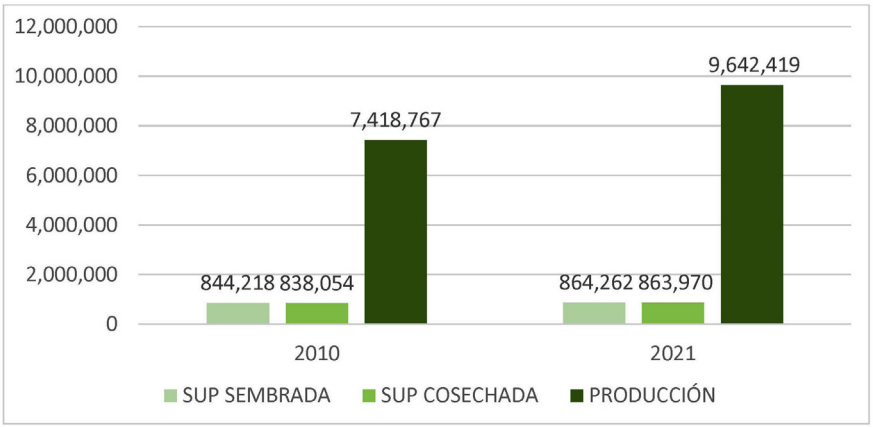
Mapa 27. Producción total de maíz grano en los distritos de riego de las regiones hidrológico-administrativas de México, 2021



Fuente: SIAP (2021).

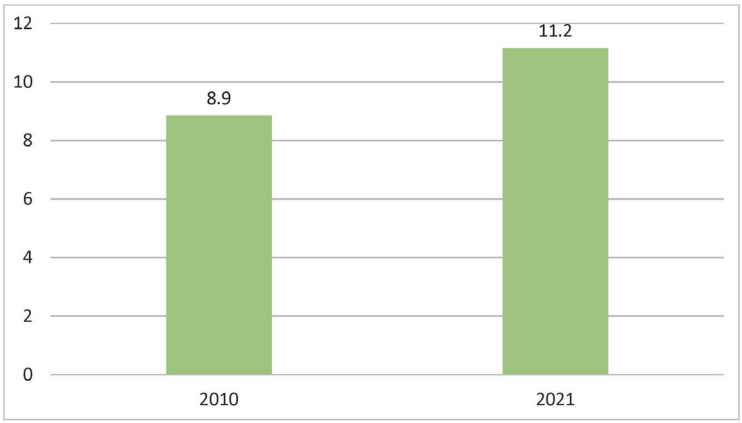
El incremento en el rendimiento por hectárea puede atribuirse al uso de semillas mejoradas, la aplicación de mejores prácticas en los procesos y actividades agrícolas, el uso de tecnología (equipo y maquinaría) más avanzada, por ejemplo, agricultura de precisión y posiblemente a condiciones climáticas más favorables para este tipo de cultivo, lo que influye en un aumento en la producción total de maíz grano (Gráfica 37).

Gráfica 36. Superficie sembrada, superficie cosechada (hectáreas) y producción de maíz grano (toneladas) en los distritos de riego de México, 2010 y 2021.



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

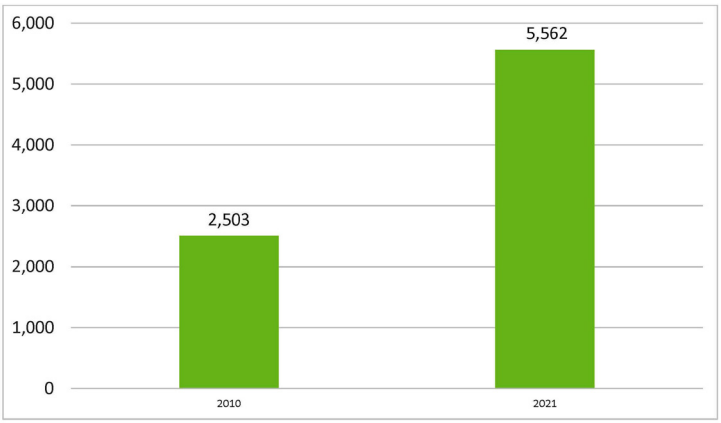
Gráfica 37. Rendimiento de cultivo de maíz grano (toneladas por hectárea) en México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

En cuanto al costo de producción de maíz grano y considerando como unidad de medida a la tonelada y el período entre el 2010 y 2021 se observaron las siguientes variaciones: a) es notorio un aumento en los costos de producción durante el 2021, b) aunque hubo incremento, la producción de maíz grano en 2021 aumentó de manera significativa, lo que indica un equilibrio entre los costos y eficiencia en la producción, c) el aumento pudo haber estado relacionado con mayores gastos en los insumos agrícolas (semillas mejoradas, agroquímicos, disponibilidad de agua), incremento de salarios en la mano de obra, capacitación a los usuarios, fluctuaciones en los precios de los insumos o cambios en las prácticas de los procesos y actividades agrícolas. Es posible que la inversión en tecnología (equipo y maquinaría), capacitación e investigación en materia agrícola y la aplicación de prácticas agrícolas más eficientes contribuyeron al aumento de la producción total en el 2021, esto a pesar de un incremento significativo en los costos por tonelada (Gráfica 38).

Gráfica 38. Costos de producción por tonelada de maíz grano (pesos mexicanos) en México, 2010 y 2021

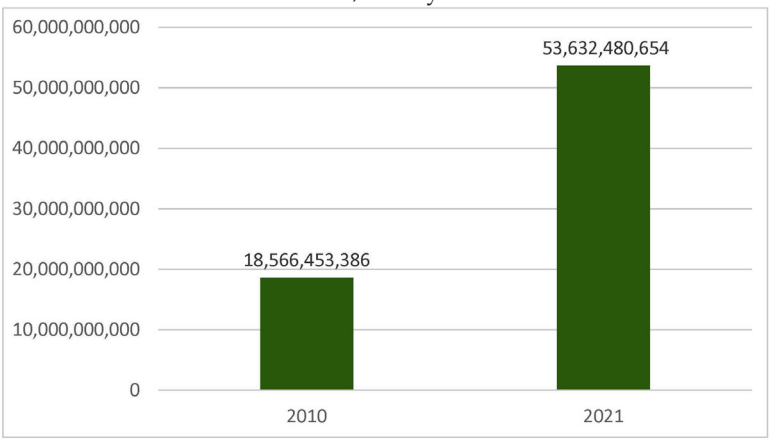


Fuente: SIAP (2010 y 2021).

En cuanto al valor de la producción de maíz grano expresado en pesos mexicanos y para el período de análisis de los años 2010 y 2021, se registraron los siguientes datos: a) en el 2010 el valor de producción total fue de $18,566,453,386 pesos mexicanos, b) para el 2021 se registró un aumento significativo alto ($53,632,480,654 pesos mexicanos), ya que casi triplica el costo del 2010, c) el aumento en el valor de producción total de 2021 en comparación con el de 2010 es muy relevante, d) independientemente, del aumento en los costos de producción por tonelada, el valor de la producción total creció significativamente, situación que refleja una mayor eficiencia y productividad

en el campo mexicano, e) el aumento en el valor de producción total de maíz grano es un indicador de un sector agrícola más fuerte y rentable, lo cual se vincula con el impulso de prácticas agrícolas más eficientes, un manejo adecuado del recurso agua y un mayor rendimiento por hectárea (Gráfica 39).

Gráfica 39. Valor de producción de maíz grano (pesos mexicanos) en México, 2010 y 2021



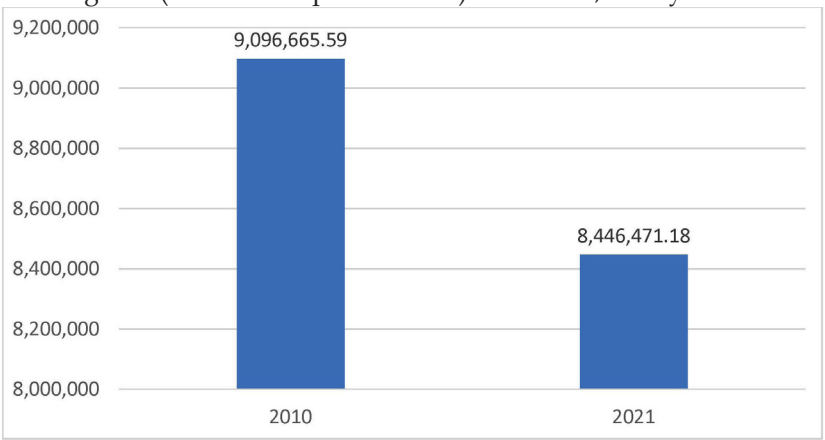
Fuente: SIAP (2010 y 2021).

El uso del agua en el establecimiento de cultivos de maíz grano en los distritos de riego en donde se práctica esta modalidad agrícola es un referente muy vinculado con las dimensiones de la superficie sembrada, superficie cosechada, producción total, rendimiento por hectárea, costos y valor de producción, por lo que, en este análisis la relación entre la superficie destinada a este tipo de cultivo y el volumen de agua utilizado para el riego es un referente para comprender de manera integral todos los procesos y actividades que conlleva la producción destinada a satisfacer las necesidades alimenticias de la población y por ende, abastecer a la industria alimenticia del maíz (SIAP, 2010 y 2021).

Como se observa en la gráfica 40, entre el 2010 y el 2021 se registraron diferencias muy marcadas en el volumen de agua utilizada para riego de los cultivos de maíz grano. Durante el 2021 ocurrió una disminución del volumen de agua utilizado por hectárea sembrada, esto en comparación con el agua utilizada en el 2010. La disminución del volumen durante el 2021 fue notable y representó una mejora en la eficiencia del uso del agua en la agricultura mexicana -principalmente en este tipo de cultivo-. La gestión y manejo más eficiente del agua es fundamental para la sostenibilidad agrícola, además, la disminución en el volumen utilizado por hectárea indica que se están adop-

tando nuevas prácticas, métodos y técnicas de riego más eficientes o con tecnologías que ayudan a su conservación (SIAP, 2010 y 2021).

Gráfica 40. Volumen de agua utilizado por superficie cultivada de maíz grano (miles de m^3 por hectárea) en México, 2010 y 2021



Fuente: SIAP (2010 y 2021).

4.8 Cultivo de maíz palomero

El maíz palomero es un producto agrícola importante en México, sin embargo, no se cultiva de manera continua en los distritos de riego. Solamente el distrito de riego 026 (Bajo Río San Juan) ubicado en el Estado de Tamaulipas estableció este tipo de cultivo en el 2021, además, y de acuerdo con los datos estadísticos del SIAP, cada vez, se observa una tendencia a la disminución del cultivo y la producción. Durante el 2021 solamente se sembraron 41 hectáreas aproximadamente, y ésta misma superficie fue cosechada, obteniendo una producción total de 152 hectáreas. Esta información indica un cambio en la producción de maíz palomero, toda vez que durante años anteriores al 2021, no se registró ningún dato al respecto (SIAP, 2021).

Con la cosecha de 152 toneladas se demuestra que este tipo de cultivo podría estar ganando interés en la región del noreste de México, pero desafortunadamente, solamente se cultiva en un distrito de riego. Es importante tener presente que la producción de maíz palomero es relativamente pequeña en comparación con otros tipos de maíz, representando una oportunidad en la economía del Distrito de Riego 026. En el cuadro 7 se presentan algunos datos referentes al cultivo de maíz palomero, en donde se muestra la poca producción en el territorio mexicano (Cuadro 7). En años recientes el gobierno mexicano ha tenido que realizar importaciones de este tipo de maíz, esto con el propósito de satisfacer las demandas en el contexto de la preparación de

algunos alimentos rápidos que complementan la alimentación de los mexicanos (SIAP, 2021).

Cuadro 7. Desglose de la producción de maíz palomero, 2021

Rendimiento (toneladas por hectárea)	Costo por tonelada (pesos mexicanos)	Valor de Producción (pesos mexicanos)	Agua Empleada por Superficie (m^3 x ha)
3.7	10,300	1,562,510	200.86

Fuente: SIAP (2021).

Con la producción de este tipo de maíz se ilustra cómo un cultivo puede ser exitoso y rentable en una región específica de México, incluso con una producción muy limitada, además, se debe considerar que este producto se consume en muchos países como golosina "palomitas de maíz". En tiempos pretéritos otros estados de la República Mexicana también producían este tipo de cultivo (Guanajuato y Aguascalientes). En el Valle de Toluca se cultiva en mínimas cantidades este maíz, la variedad se denomina "maíz palomero toluqueño" pero con tendencias hacia la extinción. La gestión eficiente de los recursos naturales como el agua y la fijación de precios adecuados en el mercado pueden contribuir al éxito económico de un cultivo especializado como es el caso del maíz palomero (SIAP, 2021).

A manera de resumen de este capítulo se señala que en general, se observó una tendencia hacia el aumento en la productividad y un valor económico para el 2021 en comparación con el 2010 en donde la mayoría de los cultivos analizados (frijol alubia, frijol asociado, maíz asociado, maíz elotero, maíz forrajero, maíz grano y maíz palomero) mostraron tendencias hacia el incremento -aunque la producción de maíz palomero no muestra incrementos-. Esto podría ser el resultado de una mayor eficiencia agrícola, mejores prácticas de gestión y, en algunos casos, precios más altos en los mercados. Sin embargo, también hubo casos de disminución en la participación de distritos de riego en el 2021. El uso más eficiente del recurso agua en el 2021 es otro aspecto importante que destaca en estas comparaciones. Cabe señalar que cada cultivo tiene sus propias características y factores específicos que influyen o son determinantes en la producción y rendimiento.

Capítulo 5. Estudio geográfico: uso del agua y sistemas agrícolas

5.1 Región hidrológico-administrativa I: Península de Baja California

La región hidrológico-administrativa de la Península de Baja California comprende una extensión territorial de 154,279 km^2, de los cuales 73,515 km^2 le corresponden al Estado de Baja California, mientras 73,971 km^2 le corresponden al Estado de Baja California Sur y 6,793 km^2 al Estado de Sonora. En la superficie que comprende esta región se encuentran 12 municipios distribuidos en los tres estados, de los cuales sólo tres municipios se encuentran en las colindancias de los dos distritos de riego y localizados en la región.

El Distrito de Riego 014 Río Colorado se ubica en el municipio de Mexicali (Baja California) y el municipio de San Luis Río Colorado (Sonora), en el 2010, tenía una población total de 1 115 206 habitantes mientras que para el 2020 se contabilizó una población de 1, 248, 813 habitantes, en un lapso de 10 años tuvo un incremento poblacional de 133, 307 habitantes. El Distrito de Riego 066 Santo Domingo se ubica en la jurisdicción del municipio de Comondú (Baja California Sur), en donde se tenía una población total de 70,816 habitantes para el 2010, mientras que en el 2020 su población fue de 73,021 habitantes, siendo su crecimiento poblacional de 2, 205 habitantes.

La región por su uso de suelo y vegetación dentro de los distritos de riego se caracteriza por una agricultura de riego anual (semipermanente y permanente), asentamientos humanos urbanos y rurales, la vegetación consta de matorral (sarcocaule, sarco-crasicaule, desértico micrófilo), vegetación secundaria arbustiva (vegetación halófila, vegetación de galería, matorral sarcocaule, matorral sarco-crasicaule), pastizal (inducido y cultivado), tiene cuerpos de agua y espacios sin vegetación aparente (INEGI, 2021). Cabe mencionar que los distritos de riego se ubican en su mayor parte dentro del primer uso de suelo, en los que se desarrolla una agricultura enfocada a la producción de maíz y frijol. En los terrenos agrícolas se presenta una edafología de siete tipos: Fluvisol, Regosol, Vertisol, Solonetz, Xerosol, Solonchak, Yermosol (CONABIO, 1995).

Los suelos de mayor extensión dentro de los distritos de riego son los Regosoles, suelos blanquecidos o amarillentos y poco profundos. Poseen bajos

contenidos en nutrientes y materia orgánica. Su fertilidad es baja o moderada y son bastante susceptibles a los procesos erosivos. Pueden tener potencial agrícola dependiendo de la composición específica y la disponibilidad de nutrientes. La agricultura puede ser viable con las prácticas adecuadas de manejo del suelo. Los Yermosoles son suelos profundos y moderadamente profundos, algunos están presentes sobre la superficie o dentro de los primeros 30 cm, contienen grandes cantidades de gravas y fragmentos de rocas, son característicos de zonas áridas y semiáridas aluviales, pobres en materia orgánica, los cuales con agua de riego y fertilización adecuada tienen capacidad para obtener elevada producción agrícola (CONAGUA, 2022). Los Fluvisoles son suelos con abundantes sedimentos fluviales, marinos o lacustres en períodos recientes y están ubicados tradicionalmente sobre planicies de inundación, abanicos de ríos o marismas costeras. Tienen buen potencial agrícola debido a la deposición de sedimentos procedentes de los ríos, suelen ser fértiles y adecuados para la agricultura (INEGI, 2015).

Estos usos de suelo y sus características dentro de los distritos de riego de la región hidrológico-administrativa I se encuentran distribuidos en topoformas correspondientes a llanuras y bajadas que oscilan entre los 0 y 500 msnm, con un clima cálido y semicálido en el que se registra una temperatura media anual entre los 20 °C y 24 °C y una precipitación media anual entre los 50 y 200 mm. Con las condiciones físicas anteriormente mencionadas dentro de los distritos de riego, se desarrolla una agricultura de riego (semipermanente y permanente) que para los años 2010 y 2020 presentaban los siguientes datos:

- Para el 2010 se cultivaba frijol alubia y maíz grano en el Distrito 066 de Santo Domingo, mientras que en el Distrito 014 Río Colorado se cultivaba maíz elotero. La situación correspondiente al frijol (alubia) es que se cosechó 2,608 hectáreas, obteniendo una producción de 4,173 toneladas, logrando reunir un valor de producción de $36,458,629 pesos. La situación correspondiente al maíz (grano y elotero) fue la obtención de cosechas en 553,300 hectáreas, con una producción de 6,929,747 toneladas y un valor en producción de $12,090,554,502 pesos. Durante el 2010 hubo una presencia de usuarios totales en los distritos de riego de 18,009 personas, de los cuales 5,989 corresponden a ejidales y 12,020 restantes son pequeños propietarios (SIAP, 2010).

- Para el 2021 se cultivaba frijol alubia y maíz grano en el Distrito 066 de Santo Domingo, mientras que en el Distrito 014 Río Colorado se cultivaba solamente maíz grano. La situación correspondiente al frijol (alubia) cosechado en 7,773 hectáreas, con una producción de 1620,7 toneladas, logró reunir un valor de producción de $50,997,500 pesos. La pauta correspondiente con el maíz (grano) es que se realizó cosecha en 7,505 hectáreas, con una producción de 69,520.3 toneladas, con lo

> cual se pudo obtener un valor de producción total de $3,382,295,030 pesos. Durante 2021 hubo una presencia de usuarios totales de 18,925 personas, de los cuales 11,254 corresponden a ejidatarios y los 7,671 restantes pertenecían a la categoría de pequeños propietarios (SIAP, 2021).

En resumen, los datos refieren que la agricultura en el Distrito de Riego de Santo Domingo y el Distrito de Riego Río Colorado es constante, con cultivos como el frijol alubia y maíz grano contribuyendo significativamente al valor de producción, sin ocurrir pérdidas notables, lo que significa resultados óptimos, es decir, se práctica una agricultura en buenas condiciones. La obtención de alto rendimiento y la gran producción de maíz, destaca la importancia de esa región para la producción de esta gramínea a nivel regional o incluso nacional. A través del análisis de comparación entre estos dos años se tiene presente que no hay una amplia variedad entre los cultivos de maíz y frijol; toda vez que, se cultivan de manera independiente, a esta modalidad agrícola se le conoce como monocultivo. Las razones de este comportamiento radican en las condiciones físicas y sociales del territorio, infraestructura, mercados y rentabilidad.

Por otro parte, los mecanismos de extracción del agua que se suelen emplearse para el riego de los cultivos dentro de estos dos distritos son mecanismos de gravedad de derivación y bombeo en los pozos profundos. De acuerdo con el *Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológico-Administrativa I Península de Baja California* (CONAGUA, 2022), las fuentes de abastecimiento de agua para el Distrito de Riego 014 Río Colorado tiene como fuente principal el caudal proveniente del Río Colorado (así como otras fuentes secundarias como el Río Álamo). La disponibilidad y manejo se encuentra regulada a través del Tratado Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos, este tratado otorga a nuestro país un total de 1,850,234,000 m^3 por año. Por parte de la extracción de aguas subterráneas se encuentran dos zonas: La Zona Antigua o acuífero del Valle de Mexicali que corresponde al área agrícola de los municipios de Mexicali y San Luis Río Colorado, así como el acuífero de la Mesa Arenosa localizada al oriente de la ciudad donde se encuentra instalada una batería (serie) de pozos con la finalidad de extraer los volúmenes de agua necesarios para el suministro de las ciudades del Estado de Baja California y San Luis Río Colorado en el Estado de Sonora.

Para el caso del Distrito de Riego 066 Santo Domingo, éste se encuentra enclavado en el valle de Santo Domingo, el cual está enmarcado por escurrimientos intermitentes que cruzan las zonas agrícolas con dirección oeste hasta la costa del Océano Pacífico. La mayoría de los pozos y cuerpos de agua (arroyos como Palo Bola o Las Bramonas) de los cuales se abastece el distrito de riego se encuentran dentro de su propia demarcación (dentro del acuífero de Santo Domingo). La superficie comprendida por el acuífero está integrada

principalmente por los Arroyos Santo Domingo, La Soledad o Bramonas, que atraviesan la zona de oriente a poniente, así como otros pequeños arroyos (CONAGUA, 2023).

5.2. Región Hidrológico-administrativa (RHA II): Noroeste

La región hidrológico-administrativa Noroeste comprende una extensión territorial de 195,820 km^2 de los cuales 170,159 km^2 le corresponden al Estado de Sonora, mientras que el 25,661 km^2 están ubicados en el Estado de Chihuahua; en el contexto de la extensión del territorio de esta región se encuentran 79 municipios distribuidos en ambas entidades, de los cuales, 20 municipios se encuentran en los límites de los siete distritos de riego con los que cuenta la región, siendo éstos el Distrito de Riego 018 Colonias Yaquis (Sonora), Distrito de Riego 037 Altar Pitiquito (Sonora), Distrito de Riego 038 Río Mayo (Sonora), Distrito de Riego 041 Río Yaqui (Sonora), Distrito de Riego de riego 051 Costa de Hermosillo (Sonora), Distrito de Riego 083 Papigochic (Chihuahua) y Distrito de Riego 084 Guaymas (Sonora). Para el 2010, dentro de estos distritos de Riego habitaban 1,962,715 habitantes, mientras que, para el 2020, la población total fue de 2,160,004 habitantes.

De acuerdo con el uso de suelo y vegetación el territorio que conforman los distritos de riego se caracteriza por una agricultura de riego anual (semipermanente y permanente), pastizal (inducido, cultivado y natural) y asentamientos humanos. La agricultura que se desarrolla en los distritos de riego está destinada a la producción de maíz y frijol, principalmente. Otros usos de suelo importantes son: mezquital (tropical y xerófilo), matorral (desértico micrófilo, sarcocaule y sarco-crasicaule), vegetación halófila xerófila, vegetación de galería, vegetación secundaria arbustiva, vegetación de desiertos arenosos, cuerpos de agua y espacios sin vegetación aparente (INEGI, 2021). En el contexto de los usos de suelo anteriormente mencionados, se presenta una edafología integrada por 10 tipos de suelos: Feozem, Fluvisol, Litosol, Luvisol, Regosol, Planosol, Solonchak, Xerosol, Vertisol, Yermosol (CONABIO, 1995).

Los suelos de mayor extensión en los distritos de riego de la Región Hidrológico-administrativa del Noroeste son los siguientes: Vertisoles, se caracterizan por presentarse desde climas semiáridos hasta subhúmedos y de tipo mediterráneo, con marcada estacionalidad de sequía y lluvias. La vegetación natural que se desarrolla en los suelos vertisoles incluye sabanas, pastizales y matorrales, se caracterizan por su alto contenido de arcillas que se expanden con la humedad y se contraen con la sequía, lo que puede ocasionar grietas en esta última temporada. Esta propiedad hace que, aunque son suelos muy fértiles, también sean difíciles de trabajar debido a su dureza durante el estiaje, además de ser muy pegajosos durante las lluvias (IUSS, 2007). De manera semejante a los suelos regosoles de zonas áridas, los Vertisoles tienen escasa vocación agrícola; su uso depende de las condiciones de su profundidad,

pedregosidad y fertilidad, por lo que, sus rendimientos son variables (FAO, 2001). En México, las mayores extensiones de suelos Vertisoles se encuentran en porciones de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y en la Península de Baja California.

Los usos de suelo y sus características dentro de los distritos de riego de la región se encuentran distribuidos en sistemas de topoformas correspondientes a llanuras y bajadas que oscilan entre los 0 a 500 msnm y valles-sierras con altitudes con rangos entre 200 y 2, 500 msnm, se presentan en un clima cálido y semicálido en el que se registra una temperatura media anual entre los 20 °C y 26 °C y una precipitación media anual entre los 100 y 600 mm. Con las condiciones físicas anteriormente mencionadas y referentes a los distritos de riego de la región hidrológico-administrativa Noroeste, se desarrolla una agricultura de riego (semipermanente y permanente), que con base en los datos obtenidos del SIAP y para los años 2010 y 2020 tuvo las siguientes peculiaridades:

- Durante el 2010 en los siete distritos de riego de la región se cultivaba frijol alubia y frijol asociado, así como maíz grano. La productividad agrícola correspondiente al frijol (alubia y asociado) se realizó cosecha en 7,263 hectáreas, con una producción total de 12,019 toneladas, logrando obtener un valor de producción de $113,561,361 pesos. La productividad agrícola vinculada con el cultivo de maíz grano se cosechó 29,473 hectáreas, con una producción de 182,963 toneladas, logrando reunir un valor de producción de $400,870,351 pesos. El Distrito de Riego 041 Río Yaqui y el Distrito de Riego 038 Río Mayo son los de mayor importancia en el establecimiento de cultivos de frijol y maíz dentro de la región hidrológico-administrativa II. Durante el 2010 hubo una presencia de usuarios totales de 27,104 personas, de los cuales 16,581 son ejidatarios y los 10,523 restantes son pequeños propietarios (SIAP, 2010).

- Para el 2021 se cultivaba frijol alubia y maíz grano dentro de los siete distritos de riego de la región hidrológico-administrativa Noroeste. La peculiaridad correspondiente con el cultivo de frijol alubia es que se cosecharon 6,260 hectáreas con una producción de 14,113 toneladas, logrando reunir un valor de producción de $290,607,439 pesos. Con relación a la producción de maíz grano se cosecharon 59,910 hectáreas, obteniendo una producción total de 696,454 toneladas, logrando acumular un valor de producción de $3,461,374,564 pesos. El Distrito de Riego 041 Río Yaqui y el Distrito de Riego 038 Río Mayo son los principales productores en la región, esto en virtud del aumento de su producción. Durante el 2021 se registró una participación de usuarios

totales de 37,731 personas, de los que 24,856 corresponden a ejidales y los 12,875 restantes a pequeños propietarios (SIAP, 2021).

La región hidrológico-administrativa II (Noroeste) experimentó un aumento significativo en la producción de maíz grano y frijol alubia, indicando un posible crecimiento económico en la agricultura de ese territorio. Este cambio podría estar generado por el impulso de mejoramiento en los procesos y actividades de las prácticas agrícolas, cambios en la demanda del mercado o incremento de inversiones en el sector agrícola. Además, la continuidad de los distritos de riego como líderes en la producción de alimentos destaca la importancia de estas áreas para la actividad agrícola regional, así como la importancia que tienen estos monocultivos dentro de los distritos de riego. Por otro lado, los mecanismos de extracción del agua que suelen emplear para el riego en estos distritos son métodos y técnicas que se vinculan con la fuerza de gravedad de presas y bombeo de pozos (motores eléctricos). Las fuentes principales de abastecimiento de agua para sus usos agrícolas, industriales y de suministro público y de acuerdo con el *Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológico-Administrativa II Noroeste* (CONAGUA, 2022), su estructura y funcionamiento tienen las características que se mencionan en los siguientes párrafos:

- Las fuentes de agua superficial se distribuyen por las cuatro regiones hidrológico-administrativas ubicadas en la porción noroeste del territorio mexicano (Sonora Norte, Sonora Sur, Sinaloa y Cuencas Cerradas del Norte) que a su vez se dividen en 12 subregiones. Las principales corrientes de la zona norte y noroeste proceden del Río Sonoyta, Río Concepción (Río Asunción), Río Cocóspera y Río Magdalena; en la porción central las corrientes principales son el Río San Miguel, Río Sonora y Río Bavispe; en la zona centro-sur, incluyendo la zona litoral, el abastecimiento se hace con corrientes del Río Mátape, Río Yaqui y el Arroyo Cocoraque; en la zona sur-sureste son relevantes el Río Mayo y Arroyo Quiriego; y en la porción oriental se localiza el Río Papigochi y la parte alta del Río Mayo que cruzan los límites interestatales Chihuahua-Sonora. La RHA II Noroeste, la integran 25 cuencas hidrológicas de donde se obtiene en promedio un escurrimiento total de 9,865.9 hectómetros cúbicos. Sólo existe disponibilidad de aguas superficiales en las Cuencas del sur del Estado de Sonora, Río Yaqui, Río Mayo, Arroyo Cocoraque y las Cuencas Cerradas del Norte en Chihuahua.

- En la RHA II Noroeste, existen 32 presas de almacenamiento con una capacidad total de 8,655.2 hm^3, las cuales son utilizadas en el suministro de agua para el riego de cultivos agrícolas, control de avenidas, abastecimiento de agua potable, generación de energía eléctrica, uso

industrial y para abrevadero; tres de estas presas son importantes en la generación hidroeléctrica, siendo las cuencas con mayor infraestructura las del Río Yaqui y Río Mátape donde se localizan 18 de estas presas. Le sigue en importancia el Río Sonora con siete presas, el Río Concepción con cuatro y el Río Mayo con dos. Un componente hidrológico muy importante en la región Noroeste es el agua que se obtiene de fuentes subterráneas, las cuales representan la principal fuente de abastecimiento en varias de las unidades de planeación y una importante reserva estratégica para las temporadas de sequía, que son muy frecuentes (esto en virtud de la alta variabilidad del agua superficial). Se tienen identificados 63 acuíferos, los de mayor importancia por sus grandes volúmenes de extracción son los que se ubican en las zonas geohidrológicas de Caborca, Costa de Hermosillo, Valle del Yaqui, Valle del Mayo y Río Sonora; que en conjunto representan el 50 % del total de las extracciones en la región.

5.3. Región hidrológico-administrativa (RHA III): Pacífico Norte

La región hidrológico-administrativa Pacífico Norte tiene una extensión territorial de 152,013 km^2, y está conformada por la totalidad del Estado de Sinaloa y parte de los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y Nayarit, dentro de toda la extensión del territorio de la región se encuentran 51 municipios, de los cuales 25 se ubican en las colindancias de los 10 distritos de riego con los que cuenta la región, siendo estos el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Distrito de Riego 043 Estado de Nayarit, Distrito de Riego 052 Estado de Durango, Distrito de Riego 063 Guasave, Distrito de Riego 074 Mocorito, Distrito de Riego 075 Río Fuerte, Distrito de Riego 076 Valle de Carrizo, Distrito de Riego 108 Elota-Piaxtla, Distrito de Riego 109 Río San Lorenzo y Distrito de Riego 111 Baluarte-Presidio. Durante el 2010, en estos distritos de riego vivían 4,042,280 habitantes, mientras que para el 2020 se registró una población total de 4,524,217 habitantes.

La región RHA III por su uso de suelo y vegetación se caracteriza por una agricultura de riego anual (semipermanente y permanente) en conjunto con una agricultura de temporal (semipermanente y permanente), asentamientos humanos, vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, selva baja espinosa caducifolia, selva mediana subcaducifolia y vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule, pastizal natural, selva baja espinosa caducifolia, selva baja caducifolia, vegetación de galería, vegetación halófila xerófila. Dentro de los distritos de riego, la agricultura se enfoca de manera directa en la producción de maíz y frijol, tanto para satisfacer las necesidades alimenticias locales como para abastecimiento del mercado nacional. Otros usos disponibles y representativos son: matorral (crasicaule, sarcocaule, sarco-crasicaule), cuerpos de agua, manglar, mezquital (tropical, xerófilo), pasti-

zal (cultivado, halófilo, inducido, natural), selva baja caducifolia, vegetación halófila (hidrófila, xerófila), selva baja espinosa caducifolia, tular, vegetación de galería y espacios sin vegetación aparente (INEGI, 2021).

En los usos de suelo y vegetación de la RHA III se encuentran 13 tipos de suelos diferentes: Acrisol, Cambisol, Castañozem, Feozem, Fluvisol, Litosol, Luvisol, Regosol, Rendzina, Planosol, Solonchak, Xerosol, Vertisol (CONABIO, 1995). En el territorio que conforman los distritos de riego los suelos que ocupan mayores superficies son los siguientes:

- Los suelos Vertisoles llamados pesados, se generan bajo condiciones alternadas de saturación y sequía, formando grietas anchas, abundantes y profundas cuando están secos y con más de 30 % de arcillas expandibles. Mediante un programa de labranza y drenaje los suelos Vertisoles son bastante fértiles para la agricultura por su alta capacidad de retención de humedad y propiedades de intercambio mineral con las plantas. Los suelos Feozem se pueden encontrar en lugares de clima semiseco y subhúmedo, de color superficial ligeramente obscuro (pardo) a negro, son ricos en magnesio, potasio y sin carbonatos en el subsuelo. El relieve donde se desarrollan es generalmente plano o ligeramente ondulado; en México constituyen los suelos más importantes para la agricultura. Los suelos Cambisoles son jóvenes con algún cambio apreciable en el contenido de arcilla o color entre sus capas u horizontes, éstos no tienen un patrón climático definido, pero pueden encontrarse en alguna posición geomorfológica intermedia entre cualquiera de los dos grupos de suelo considerados por la *World Reference Base for Soil Resources* (WRB). Estos suelos tienen en el subsuelo una capa más parecida a suelo que a roca con acumulaciones moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla, son de moderada a alta susceptibilidad a procesos erosivos; por lo general, son buenos con fines agrícolas y son usados intensamente (INEGI, 2015).

- Los usos de suelo y sus características dentro de los distritos de riego de la RHA III se encuentran distribuidos en sistemas de topoformas correspondientes a llanuras, bajadas, lomeríos y sierras que oscilan desde 0 hasta 500 msnm y lomeríos-mesetas con rango altitudinal entre 1,500 y 2,000 msnm, presentan un clima cálido en el que se encuentra una temperatura media anual entre los 22 °C y 26 °C y una precipitación media anual entre 200 y 1,500 mm. Las condiciones físicas anteriormente descritas dentro de los distritos de riego de la región III, favorecen el desarrollo de una agricultura de riego (temporal, semipermanente y permanente) y de acuerdo con los datos obtenidos en el SIAP (años 2010 y 2020) presenta las siguientes condiciones.

Para el 2010, se cultivaba frijol alubia y maíz (forrajero, elotero, grano) dentro de los 10 distritos de riego que conforman la región. La productividad correspondiente al frijol alubia se relaciona con la cosecha realizada en 142,153 hectáreas, con una producción de 263,950 toneladas, lo que logró obtener un valor de producción de $2,440,053,786 pesos. Dentro de este cultivo participaron los 10 distritos de riego entre los que destacan los ubicados en Sinaloa: Distrito 075 Río Fuerte, Distrito 010 Culiacán-Humaya y el Distrito 063 Guasave como los de mayor producción. La productividad relacionada con la producción de maíz (forrajero, elotero y grano) consiste en que se cosecharon 510,750 hectáreas, obteniendo una producción de 5,392,233 toneladas, con lo que fue posible registrar un valor de producción de $12,954,585,877 pesos. El Distrito de Riego 111 Baluarte-Presidio fue el que registró mayor producción de maíz elotero, el Distrito de Riego 052 Estado de Durango fue el que obtuvo mayor producción de maíz forrajero, mientras que el Distrito de Riego 075 Río Fuerte y el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya fueron los mayores productores de maíz grano. Durante el 2010 se registraron 86,368 personas que participaron como usuarios totales, y que corresponden a 70,897 ejidatarios y 15,471 a pequeños propietarios (SIAP, 2010).

Para el caso de 2021, el cultivo de frijol alubia y maíz (forrajero, elotero, grano) registró las siguientes condiciones: el frijol alubia se cosechó en 96,193 hectáreas, obteniendo una producción total de 202,494 toneladas, lo que permitió registrar un valor de producción de $5,103,113,591 pesos. En este cultivo se destacan los distritos de riego ubicados en el Estado de Sinaloa: Distrito 075 Río Fuerte, Distrito 010 Culiacán-Humaya y el Distrito 063 Guasave como los de mayor producción. Con relación a la producción de maíz (forrajero, elotero y grano) se cosechó en 471,850 hectáreas, con una producción de 6,032,714 toneladas, con lo que se obtuvo un valor de producción de $32,651,544,304 pesos. El Distrito 052 Estado de Durango fue el mayor productor de maíz forrajero y maíz elotero, mientras que el Distrito 075 Río Fuerte y el Distrito 010 Culiacán-Humaya fueron los mayores productores de maíz grano. En este año se registró la participación de 94,828 personas, de los que 75,602 corresponden a la categoría de ejidatarios y 19,226 a pequeños propietarios (SIAP, 2021).

Por otro lado, los mecanismos de extracción y abastecimiento del agua que se utilizaron para el riego de los cultivos se basan en infraestructura, equipo y procesos que favorecen la conducción, distribución, almacenamiento y bombeo en pozos, manejo de la gravedad en las presas y gravedad de derivación. Las principales fuentes de abastecimiento de agua para usos agrícolas, industriales y de abastecimiento público de acuerdo al *Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológica-Administrativa III Pacifico Norte* (CONAGUA, 2022) se describen en los siguientes párrafos:

- Las principales fuentes de agua superficial dependen de las corrientes que descienden de los flancos (pendientes) de la Sierra Madre Occidental y que desembocan finalmente en el Océano Pacífico, esto a través de escurrimientos y corrientes superficiales. Los principales ríos que abastecen de agua son: Río Fuerte, Río Sinaloa, Río Mocorito, Río Pericos, Río Culiacán, Río San Lorenzo, Río Elota, Río Piaxtla, Río Quelite, Río Presidio, Río Baluarte, Río Cañas, Río Tunal Acaponeta y Río San Pedro. Además, existen corrientes que descargan en esteros o al mar. De acuerdo con las cuencas hidrológicas definidas en el país, en la Región Pacífico Norte se tienen 56 cuencas hidrológicas, 30 están ubicadas en la Región Hidrológica 10 Sinaloa y 26 en la Región Hidrológica 11 Presido-San Pedro, esto de acuerdo con lo publicado en el Diario Oficial de la Federación (2002). Del mismo modo en esta región se han delimitado 24 acuíferos disponiendo de 17 presas registradas en el Sistema Informático de Seguridad de Presas (SISP) y destinadas para diferentes usos: abastecimiento público urbano, riego de cultivos agrícolas, abrevadero, acuacultura, generación de energía eléctrica, control de avenidas y trasvaso.

- El Estado de Sinaloa ostenta la primera posición con respecto a la producción alimentaria en el contexto del territorio nacional. Esto debido a que el estado posee ocho de los 10 distritos de riego pertenecientes a la región, beneficiando anualmente una superficie promedio de 740,000 hectáreas aproximadamente, mismas que se riegan con 11 presas (Luis Donaldo Colosio, Miguel Hidalgo y Costilla, Josefa Ortiz de Domínguez, Gustavo Díaz Ordaz, Ing. Guillermo Blake Aguilar, Sanalona, Ing. Aurelio Benassini Viscaíno, Pinachos, José López Portillo, Adolfo López Mateos, Eustaquio Buelna), cuya capacidad total de conservación es de 15,891.43 millones de metros cúbicos, su uso principal es la agricultura de riego con un 97 % del aprovechamiento. Asimismo, se dispone de Unidades de Riego en las que su principal fuente de abastecimiento se sustenta en derivaciones, bombeos y pozos profundos.

- El Estado de Nayarit tiene solamente un distrito de riego, el cual fue establecido por decreto presidencial con una superficie de 52, 000 ha. El Distrito de Riego 043 Nayarit, se ubica en dos regiones hidrológicas: la RH14 Lerma-Chapala-Santiago y la RH11 Río San Pedro. El Distrito de Riego 052 Durango, perteneciente al Organismo de Cuenca Pacífico Norte beneficia anualmente una superficie promedio de 14,500 hectáreas que se riegan con las cuatro principales presas de almacenamiento (Santiago Bayacona, Francisco Villa, Caboraca, Peña de Águila) cuya capacidad total de conservación es de 316 millones de metros cúbicos,

su uso principal es para la agricultura de riego. De manera complementaria existen otros cuerpos de agua que abastecen al distrito, como es el caso de Río Santiago y Río el Mezquital.

5.4 Región Hidrológico-administrativa (RHA IV): Balsas

La región RHA IV Balsas tiene una superficie de 116,098 km^2, integrada por los estados de Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala con 423 municipios distribuidos en cada una de las entidades, del total de los municipios, 66 municipios se ubican en los límites de los nueve distritos de riego con los que cuenta la región, siendo los siguientes: Distrito de Riego 013 Estado de Morelos, Distrito de Riego 030 Valsequillo, Distrito de Riego 045 Tuxpan, Distrito de Riego 056 Atoyac-Zahuapan, Distrito de Riego 057 Amuco-Cutzamala, Distrito de Riego 068 Tepecoacuilco-Quechultenango, Distrito de Riego 097 Lázaro Cárdenas, Distrito de Riego 098 José María Morelos y Distrito de Riego 099 Quitupan-La Magdalena. En el 2010, en estos distritos vivían 3,286,531 habitantes y para el 2020 se registró una población total de 3,539,165 habitantes.

De acuerdo con el uso de suelo y vegetación presentes en los distritos de riego de la RHA IV, los usos más relevantes están vinculados con una agricultura de riego anual (semipermanente y permanente); agricultura de temporal (semipermanente y permanente), asentamientos humanos, vegetación secundaria arbustiva y arbórea de selva baja caducifolia. La agricultura en todas sus modalidades está destinada a la producción de maíz y frijol, tanto para la subsistencia de las familias campesinas como para abastecer a los mercados regionales y nacionales. Otros usos disponibles en los distritos de riego son: vegetación secundaria arbórea y arbustiva, bosques de pino-encino, encino, encino-pino, cuerpos de agua, selva baja caducifolia, pastizal (cultivado, inducido), matorral crasicaule y espacios sin vegetación aparente (INEGI, 2021).

Los usos de suelo se sustentan en 14 tipos de suelo: Acrisol, Andosol, Cambisol, Castañozem, Chernozem, Feozem, Fluvisol, Gleysol, Litosol, Luvisol, Regosol, Rendzina, Planosol, Vertisol (CONABIO, 1995). Los suelos de mayor extensión dentro de los distritos de riego son Regosoles, los cuales se caracterizan por ser suelos muy jóvenes, generalmente son resultado del depósito reciente de roca y arena acarreadas por los escurrimientos y corrientes de agua; de ahí que se encuentren sobre el pie de las sierras donde son acumulados por los ríos que descienden de las montañas y cargados de sedimentos. Los Feozem por el contrario, son suelos muy fértiles y aptos para el cultivo, aunque son sumamente proclives a los procesos erosivos. Con frecuencia son suelos profundos y ricos en materia orgánica, se desarrollan en climas templados y húmedos, por lo que, se encuentran en ambientes del Eje Neovolcánico Transversal (Sierra Volcánica Transversal) y porciones de la Sierra Madre Occidental. Los Vertisoles son suelos sumamente arcillosos que se desarrollan en

climas desde subhúmedos hasta secos, al igual que los Feozem son profundos y muy duros cuando están secos o lodosos al contacto con el agua (debido a su alto contenido de arcillas), por lo que resulta difícil trabajarlos, tanto con arados jalados por yuntas como por tractores. La fertilidad de estos suelos es intrínsecamente baja, sin embargo, mediante la tecnificación de la agricultura (semillas mejoradas, insumos, agroquímicos, equipo y maquinaria de vanguardia) ha sido posible obtener resultados notables al lograr en ellos incrementos de producción hasta en diez veces más (SEMARNAT, 2000).

Los principales usos de suelo y sus características en el contexto de los distritos de riego de la región RHA IV se encuentran distribuidos en sistemas de topoformas correspondientes a llanuras, lomeríos, sierras, valles y mesetas con altitudes que oscilan entre 0 y 3, 000 msnm y están presentes en ambientes con clima templado (temperatura media anual entre los 14 °C y 20 °C) y de semicálido a cálido con una temperatura media anual entre los 20 °C y 28 °C y una precipitación media anual entre los 400 y 1500 mm. Con base en estas condiciones fisiográficas, se desarrolla una agricultura de riego (temporal, semipermanente y permanente), siendo relevantes los cultivos de diversas variedades de maíz y frijol. Con base en la información obtenida del SIAP, enseguida se presenta un breve análisis del comportamiento de la producción de los cultivos de maíz y frijol en los años 2010 y 2020.

Para el 2010 se cultivaba frijol alubia y maíz (forrajero, elotero, grano) dentro de los nueve distritos de riego de la región. En este año se cosechó frijol alubia en 2,211 hectáreas, con una producción total de 2,110 toneladas, lo que logró reunir un valor de producción de $29,992,869 pesos. El Distrito 030 Valsequillo y el Distrito 016 Estado de Morelos fueron los que contribuyeron con la mayor parte de producción de frijol alubia. Con relación al cultivo de maíz (forrajero, elotero y grano) fue posible cosechar en 34,602 hectáreas, logrando obtener una producción de 185,411 toneladas y registrar un valor de producción de $469,068,049 pesos. El Distrito 045 Tuxpan fue el mayor productor de maíz elotero de la región, el Distrito 056 Atoyac-Zahuapan fue el mayor productor de maíz forrajero, mientras que el Distrito 030 Valsequillo fue el mayor productor de maíz grano. Respecto a los usuarios, se registró la participación de 54,696 personas (36,178 corresponden a ejidales y 18,518 a pequeños propietarios) (SIAP, 2010).

Para el caso de 2021, se cultivaba frijol alubia y maíz (forrajero, elotero, grano). Los datos estadísticos permitieron registrar una cosecha en 856 hectáreas de frijol alubia con una producción de 1,298 toneladas, logrando reunir un valor de producción de $22,753,780 pesos. En este cultivo destacan los Distritos 016 Estado de Morelos y el Distrito 030 Valsequillo como los mayores productores. La situación correspondiente al maíz (forrajero, elotero y grano) que se cosechó en 35,844 hectáreas tuvo una producción de 351,287 toneladas, con lo que se logró obtener un valor de producción de $1,892,169,423 pesos. El

Distrito 016 Estado de Morelos fue el mayor productor de maíz elotero, el Distrito 056 Atoyac-Zahuapan fue el mayor productor de maíz forrajero, mientras que el Distrito 056 Atoyac-Zahuapan y el Distrito 030 Valsequillo fueron los mayores productores de maíz grano. Durante 2021 hubo una presencia de usuarios totales de 58,776 personas, de los que 39,209 correspondían a ejidales y los 19,567 restantes eran pequeños propietarios (SIAP, 2021).

Respecto a los mecanismos para la extracción del agua que se utiliza para el riego de los cultivos de maíz y frijol dentro de estos Distritos de Riego de la RHA Balsas, es pertinente referir que de manera general, en la mayoría de los distritos de riego se aprovechan las condiciones geográficas de los lugares para hacer un manejo del agua y por supuesto, disminuir o evitar gastos en infraestructura, equipo y maquinaria, por ejemplo en algunas zonas se considera la pendiente y en consecuencia la gravedad existente entre las fuentes de abastecimiento y las parcelas de cultivo, es decir, se considera la pendiente existente entre la distancia de ambos lugares, y de esta manera conducir y distribuir el agua sin necesidad de utilizar equipo o maquinaria. En los distritos de riego de esta región se utilizan mecanismos de gravedad de presas y gravedad de derivación. Las fuentes de abastecimiento de agua para usos agrícolas, industriales y de abastecimiento público de acuerdo al *Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológica-Administrativa IV Balsas* (CONAGUA, 2022) se realizan de la siguiente manera:

- La región RHA Balsas está conformada por tres subregiones: a) Alto Balsas, b) Medio Balsas, y c) Bajo Balsas. Los orígenes de los escurrimientos del Río Balsas provienen de la vertiente norte del Volcán Iztaccíhuatl, con las corrientes formadoras Tlahuapan y Turín, que al unirse reciben la denominación de Río Atoyac, el cual fluye con dirección predominante hacia el sureste, hasta converger con el Río Zahuapan, posteriormente a esta confluencia, el Río Atoyac fluye con dirección hacia el sur y recibe por su margen izquierda las aportaciones del Río Mixteco y, posteriormente, por su margen derecha se une el caudal del Río Nexpa, y, a éste confluye el caudal del Río Tlapaneco. Aguas abajo admite por su margen izquierda las aportaciones del Río Metlancingo y el Río Amacuzac por su margen derecha; este último río drena la mayor parte de escurrimientos del Estado de Morelos y una fracción del Estado de México y Estado de Guerrero cambiando de dirección predominante hacia el este, en donde se le conoce con el nombre de Río Balsas.

- Después de haber confluido varios caudales desde la vertiente del Volcán Iztaccíhuatl y, a partir de la confluencia de los caudales en el Estado de Guerrero, Estado de Morelos y Estado de México, el Río Balsas recorre una distancia de 60.8 km, donde recibe, por su margen

derecha, las aportaciones del Río Tepecoacuilco. Posteriormente el Río Balsas cambia de dirección -hacia el noroeste- y se le unen por su margen derecha, los caudales del Río Cutzamala (de acuerdo con los lugares cercanos a los cauces del Río Balsas, éste recibe varios nombres, y por supuesto se agregan muchos afluentes). A partir de la confluencia de estos últimos caudales, el Río Balsas sirve de colindancia entre el Estado de Guerrero y el Estado de Michoacán (fotografía 6), agregándose por su margen derecha las aportaciones del Río Tacámbaro, conformando aguas abajo, el vaso de la Presa Infiernillo en donde también se agregan los caudales del Río Cupatitzio y Río Tepalcatepec. Aguas abajo de la Presa Infiernillo, comienza el vaso de la presa La Villita, a partir de la cual comienza el delta del Río Balsas, el cual descarga sus aguas en el Océano Pacífico (muy cerca de la ciudad de Lázaro Cárdenas, Michoacán).

Fotografía 6. Río Balsas (comunidad Capeo, municipio de Huetamo, Michoacán). Elemento hidrológico importante para el riego en la RHA IV y lindero entre los estados de Guerrero y Michoacán



Fuente: trabajo de campo (2025).

El uso principal de los caudales del Río Balsas es agrícola y en menor proporción para el abastecimiento doméstico, industrial, turístico y para cultivo

de peces. Las fuentes de abastecimiento para los Distritos de Riego son los Ríos Chalma, Cuautla, Yautepec, Apatlaco, la Presa, Pala Blanca y el Lago de Tequesquitengo (DR 013 Estado de Morelos). Las presas Lázaro Cárdenas, Plutarco Elías Calles y Álvaro Obregón (DR 030 Valsequillo). Los Ríos Cutzamala y Lerma (DR 045 Tuxpan), el Río Balsas (DR 057 Amuco-Cutzamala), Laguna el Rosario (DR 056 Atoyac-Zahuapan), Laguna de Tuxpan (DR 068 Tepecoacuilco-Quechultenango), Río Tepalcatepec (DR 097 Lázaro Cárdenas), Río Balsas y Presa José María Morelos (DR 098 José María Morelos) y Laguna de San Juanico (DR 099 Quitupan-La Magdalena).

5.5 Región Hidrológico-administrativa (RHA V): Pacífico Sur

La RHA Pacífico sur se encuentra ubicada en la zona sureste del país y tiene colindancias con tres regiones hidrológico-administrativas: a) hacia la porción norte tiene límites con la RHA IV (Balsas) y la RHA X (Golfo Centro), b) en la zona oriente tiene colindancias con la RHA (Frontera Sur), c) al oeste colinda con la RHA (Balsas) y Océano Pacífico (Comisión Nacional del Agua, s. f.). Esta región comprende una extensión territorial de 82,844 km^2, de los cuales 28,166.96 km^2 corresponden al Estado de Oaxaca, mientras que 54,677.04 km^2 pertenecen al Estado de Guerrero. En esta región se encuentran 378 municipios distribuidos de la siguiente manera: 36 municipios se encuentran dentro del Estado de Guerrero y 342 se localizan en el Estado de Oaxaca; se compone de cinco distritos de riego y sus características se describen en el siguiente párrafo:

- El Distrito de Riego (Atoyac) se ubica en los municipios de Técpan de Galeana, Atoyac de Álvarez y Benito Juárez pertenecientes al Estado de Guerrero. Tenía una población de 138,406 habitantes en el 2010, mientras que en el 2020 se registró una población total de 141,359 habitantes. El Distrito de Riego 104 (Cuajinicuilapa) se ubica en Ometepec, durante el 2010 contaba con 61,306 habitantes y para el 2020 aumentó a 68,207 habitantes. El Distrito de Riego 105 (Nexpa) se ubica en los municipios de San Marcos, Florencio Villareal, Cuautepec y Copala, en el 2010 había 97,427 habitantes, pero en el 2020 aumentó a 103,861 habitantes. El Distrito de Riego19 (Tehuantepec) se ubica en los municipios de Santa María Jalapa del Marqués, Juchitán de Zaragoza, Santa María Xadani, San Blas Atempa, San Pedro Comitancillo, Unión Hidalgo y San Pedro Huilotepec, en el 2010 tenía 57,516 habitantes, mientras que en 2020 aumentó a 176,417 habitantes (este incremento se debe a que en el 2010 no se disponía de datos del municipio de Juchitán de Zaragoza, por lo que, para 2020, el número de habitante fue mayor). El Distrito de Riego 110 (Río Verde-Progreso) se ubica en los municipios

de Santiago Jamiltepec y Villa de Tututepec, para el 2010 contaba con 62,296 habitantes, y en 2020 aumentó a 65,403 habitantes.

- La Región Hidrológico-administrativa Pacífico sur tiene amplia diversidad de usos de suelo en sus distritos de riego, entre los más representativos se encuentran la agricultura de temporal anual y permanente en el DR Nexpa; agricultura de riego anual y permanente en el DR Cuajinicuilapa; agricultura de temporal permanente para el DR Atoyac; pastizal cultivado, agricultura de temporal anual y permanente para el DR Río Verde-Progreso. Es una región muy importante en el contexto de la economía nacional, toda vez que, una parte significativa de su producción agrícola abastece a los mercados regionales.

- Respecto a los tipos de suelo de la RHA Pacífico Sur se dispone de amplia variedad, situación muy vinculada con los usos de suelo, principalmente con la producción agrícola, los suelos más importantes en los distritos de riego son los siguientes: Regosol Eutrico, Vertisol Crómico, Vertisol Pélico y Cambisol Eutrico (en DR Tehuantepec); Feozem Háplico y Acrisol Húmico (en DR Atoyac), Luvisol Crómico y Cambisol Eutrico (en DR Cuajinicuilapa); (Feozem Háplico, Solonchak Gleyico y Regosol Eutrico (en DR Nexpa); y Cambisol Eutrico, Regosol Eutrico y Fluvisol Eutrico (en DR Río Verde-Progreso).

- Los suelos predominantes en los distritos de riego de la RHA Pacífico Sur son el Cambisol Eutrico, el cual se caracteriza por presentar coloración intensa, lo cual tiene relación con acumulación de arcillas y óxidos de hierro y le confiere condiciones favorables que resultan con buenos niveles de fertilidad. El Regosol Eutrico es un suelo joven que se caracteriza por estar recubierto con una capa conocida como "ócrica" en donde al ser retirada la vegetación se hace dura y costrosa impidiendo la penetración del agua hacia el subsuelo. Las condiciones de sequedad y dureza del suelo es un factor desfavorable para la germinación de las semillas y el establecimiento de las plantas, sin embargo, con un manejo adecuado pueden destinarse a la producción agrícola de ciertos cultivos y al pastoreo, desde luego, sin expectativas de alta productividad. El suelo Feozem Háplico suele ser de coloración obscura gracias a su alto contenido de materiales orgánicos, es un suelo fértil y con capacidad para soportar una amplia variedad de cultivos, tanto de secano como de regadío, así como establecimiento de pastizales, sus principales limitaciones son las inundaciones y los procesos erosivos. Estos suelos resultan ser de gran utilidad para la agricultura (CONABIO, s. f.).

- Se caracteriza por presentar diversas formas de relieve, tiene elevaciones máximas, principalmente hacia el sureste, en donde algunas alcanzan hasta 3, 750 msnm. El 70.7 % de su superficie tiene formas de relieve que corresponde a sierras, el 3.9 % son valles, el 12.4 % corresponde a llanuras, el 9.1 % son lomeríos y el porcentaje restante (3.9 %) está relacionado con cañones (barrancos), depresiones, mesetas y playas.

- Los climas predominantes son tres: cálido subhúmedo que se presenta en el 53.5 % de su superficie, templado subhúmedo con 18.6 % y el semicálido subhúmedo con 10.7 %, en estos climas se registra una temperatura mínima promedio de 13.3 °C a 18.2 °C y una máxima promedio de 28.0 °C a 32.2 °C, la precipitación mensual durante el año oscila entre 18.5 mm a 256.9 mm, esto dependiendo de la zona (CONABIO, s. f.).

La interacción entre las condiciones edafológicas, climáticas, topográficas, de uso del suelo y del manejo del agua en los distritos de riego de la RHA V han favorecido el establecimiento de varios cultivos, principalmente los relacionados con el maíz y frijol. Los datos de la producción agrícola de los años 2010 y 2020 indican lo siguiente:

- En el 2010 se obtuvo una cosecha de 7,582 hectáreas de maíz, de las cuales 222 corresponde a maíz asociado y 7,360 a maíz de grano; también se cosecharon 69 hectáreas de frijol variedad alubia. Con base en el valor de la producción se registraron, $66,185,798 pesos de los cuales 1,162,415 son de maíz asociado y 65,023,383 de maíz de grano, por otro lado, se generó $628,100 pesos que corresponden al frijol de variedad alubia, obteniendo un total de 7,651 hectáreas cosechadas y un valor de producción de $66,813,898 pesos (SIAP, 2010).

- Para el 2021 se cosecharon 5,877 hectáreas de maíz de grano, asimismo, 13 hectáreas correspondiente al cultivo de frijol, de éstas, siete fueron de frijol asociado y seis de frijol variedad alubia. Considerando como referente el dato del valor de la producción se generaron $37,248,914 pesos en el cultivo de maíz de grano y $28,500 pesos en cultivo de frijol, de los cuales 14,000 corresponden al cultivo de frijol asociado y 14,500 al cultivo de frijol de tipo alubia, obteniendo un total de 5,890 hectáreas cosechadas y un valor de producción de $37,277,414 pesos, esto durante el 2021 (SIAP, 2021).

Los datos de superficie cosechada de maíz y frijol y su relación con el valor de producción indican que en la región es mínima la producción de estos dos

cultivos, sin embargo, debe tenerse presente que en la Región Pacífico Sur es muy relevante la agricultura de temporal, caracterizada por los cultivos asociados de maíz y frijol. Esta modalidad agrícola complementa la producción de maíz y frijol, tanto para satisfacer las necesidades alimenticias de las familias campesinas como para abastecimiento de los mercados regionales.

La infraestructura relacionada con los sistemas de abastecimiento, conducción, distribución y almacenamiento de agua para el riego de los cultivos es un aspecto relevante, ya que se caracteriza por el manejo de 30 presas, de las cuales, 29 se encuentran en los Distritos de Riego del Estado de Oaxaca y solamente una en el Estado de Guerrero, siendo relevantes por su capacidad las siguientes: presa Benito Juárez "El Marqués" ubicada sobre el Río Tehuantepec y la presa Revolución Mexicana "El Guineo" localizada en el Río Nexpa. Adicionalmente, a este sistema de presas, existen 139 presas derivadoras, de éstas, 136 pertenecen al Estado de Oaxaca y que abastecen al Distrito de Riego 019 (Tehuantepec) y Distrito de Riego110 (Río Verde-Progreso). En el Estado de Guerrero hay tres presas derivadoras importantes, las cuales suministran agua al Distrito de Riego 095 (Atoyac), Distrito de Riego 104 (Cuajinicuilapa) y Distrito de Riego 105 (Nexpa), destacando otras presas derivadoras para fines agrícolas, como las siguientes: Juan Nepomuceno Álvarez ubicada sobre el Río Atoyac, Nexpa ubicada en la Costa Chica, Ricardo Flores Magón que se encuentra en el Río Verde y Las Pilas en Tehuantepec. Las principales fuentes de abastecimiento son Río Verde, Río Atoyac, Río Tehuantepec, Laguna Tecomate y Laguna Superior (CONABIO, s. f.).

5.6. Región Hidrológico-administrativa (RHA VI): Río Bravo

La RHA Río Bravo tiene una superficie de 394,842 km^2, de los cuales 28,166.96 km^2 corresponden a cuatro estados de la República Mexicana en donde están incluidos 144 municipios, comprende totalmente al Estado de Nuevo León y porciones del Estado de Chihuahua, Estado de Coahuila de Zaragoza y Estado de Tamaulipas. En la RHA hay 19, 235 localidades, de las cuales 66 son urbanas y 19, 169 rurales (con una población menor o igual a 2 500 habitantes), lo que indica que existe amplia dispersión de asentamientos humanos rurales, pero también una alta concentración urbana. Esta región hidrológico-administrativa está conformada por 13 importantes distritos de riego:

- 004. Don Martín. Este distrito se ubica en los Estados de Nuevo León (Anáhuac) y Coahuila (Juárez). Para el 2010, la porción ubicada en Nuevo León tenía 18,480 habitantes; mientras que para el 2020 disminuyó a 18,030 habitantes. En el 2010, la zona correspondiente a Coahuila tenía 1,599 habitantes, pero en el 2020 disminuyó a 1,584. En el 2010, la población total del DR fue de 20,079 habitantes y para el 2020 disminuyó a 19,614.

- 005. Delicias. El distrito está ubicado en el Estado de Chihuahua y comprende seis municipios, los cuales tenían los siguientes datos poblacionales: La cruz para el 2010 contaba con 3,982 habitantes, mientras que en 2020 disminuyó a 3,704 habitantes; Saucillo para el 2010 contaba con 32,325 habitantes y en 2020 disminuyó a 29,862 habitantes; Delicias en el 2010 tenía 137,935 habitantes, mientras que para el 2020 aumentó a 150,506 habitantes; Meoqui registró en el 2010 un total de 43,833 habitantes y para el 2020 aumentó a 44,853 habitantes; Rosales en el 2010 contaba con 16,785 habitantes, mientras que para el 2020 disminuyó a 16,776 habitantes; Julimes tenía 4,953 habitantes en el 2010, mientras que para el 2020 registró 4,980 habitantes; Camargo en el 2010 tenía 48,748 habitantes, aumentando a 49,499 habitantes para el 2020. En resumen, el distrito de riego tenía 239,813 habitantes en el 2010, mientras que para el 2020 su población total fue de 250,681 habitantes.

- 006. Palestina. Este distrito se encuentra en el Estado de Coahuila y comprende dos municipios. El municipio de Acuña tenía 136,755 habitantes en el 2010, y para el 2020 incrementó a 163,058 habitantes. El municipio de Jiménez tenía en el 2010 una población total de 9,935 habitantes, mientras que para el 2020 había aumentado a 9,502 habitantes. La población total del municipio en el 2010 era de 146,690 habitantes y para el 2020 tenía 172,560 habitantes.

- 009. Valle de Juárez. Este distrito está ubicado en el Estado de Chihuahua con presencia de tres municipios. Con relación a los datos poblacionales, el municipio de Guadalupe en el 2010 contaba con 6,458 habitantes, mientras que para el 2020 disminuyó a 4,237 habitantes; el municipio de Práxedis G. Guerrero en el 2010 tenía 4,799 habitantes, mientras que para el 2020 registró 5,111 habitantes; el municipio de Juárez en el 2010 había registrado 1,332,131 habitantes, mientras que para el 2020 aumentó a 1,512,450 habitantes, sumando la población de cada uno de los municipios se obtiene un total de 1,343,388 habitantes para el 2010 y 1,521,798 habitantes en el 2020.

- 025. Bajo Río Bravo. El distrito de riego se ubica en cuatro municipios del Estado de Tamaulipas y registró los siguientes datos poblacionales: en el 2010, el municipio de Matamoros contaba con 489,193 habitantes, y en el 2020 aumentó a 541,979 habitantes; el municipio Valle Hermoso en el 2010 tenía una población de 63,170 habitantes, mientras que para el 2020 disminuyó a 60,055 habitantes; el municipio de Río Bravo en el 2010 contaba con 118,259 habitantes, mientras que para el

2020 había aumentado a 132,484 habitantes; el municipio de Reynosa en el 2010 registró un total de 608,891 habitantes, mientras que para el 2020 aumentó a 704,767 habitantes. La población total del distrito de riego fue de 1,279,513 habitantes en el 2010 y 1,439,285 habitantes en el 2020.

- 026. Bajo Río San Juan. El distrito se ubica en el Estado de Tamaulipas y comprende seis municipios con los siguientes datos de población. El municipio de Río Bravo contaba con 118,259 habitantes en el 2010, mientras que para el 2020 aumentó a 132,484 habitantes; el municipio de Reynosa en el 2010 tenía una población de 608,891 habitantes, y para el 2020 aumentó a 704,767 habitantes; el municipio de Gustavo Díaz Ordaz en el 2010 tenía un registro de 15,775 habitantes, y en el 2020 disminuyó a 15,677 habitantes; el municipio de Camargo en el 2010 contaba con 14,933 habitantes, mientras que para el 2020 aumentó a 16,546 habitantes; en el municipio de Miguel Alemán había en el 2010 un total de 27,015 habitantes, mientras que para el 2020 disminuyó a 26,237 habitantes; finalmente, el municipio de Mier en el 2010 registró 4,762 habitantes, mientras que para el 2020 disminuyó a 6,385 habitantes, dando un total de 789,635 habitantes para el 2010 y 895,711 habitantes en el 2020.

- 031. Las lajas. El distrito está ubicado en el Estado de Nuevo León, administra el suministro de agua para riego en seis municipios, los cuales presentaban los siguientes datos demográficos (Cuadro 8):

Cuadro 8. Población del distrito de riego 31 (Las lajas), 2010 y 2020

Municipio	Número de habitantes, 2010	Número de habitantes, 2020
Las Aldamas	1, 374	1, 407
Doctor Cross	1, 716	1, 360
General Bravo	5, 527	5, 506
China	10, 864	9, 930
Los Ramones	5, 359	5, 389
General Terán	14, 437	14, 109
Población total	39, 277	37,701

Fuente: SIAP (2021).

Como se observa en el cuadro anterior, en este distrito de riego disminuyó el número de habitantes, situación que posiblemente influyó en la participa-

ción del número de usuarios (ejidatarios y pequeños propietarios) y, en consecuencia, en la producción de los cultivos de maíz y frijol:

- 042. Buenaventura. Este distrito de riego se encuentra en el Estado de Chihuahua y comprende dos municipios, en los cuales se registraron los siguientes datos de población: el municipio de Buenaventura en el 2010 contaba con 22,378 habitantes, mientras que para el 2020 aumentó a 25,146 habitantes; el municipio de Galeana en el 2010 tenía una población de 5,892 habitantes, y para el 2020 aumentó a 6,656 habitantes, sumando entre los dos municipios un total de 28,270 habitantes (2010) y 31,802 habitantes (2020).

- 050. Acuña-Falcón. El distrito se localiza hacia el noreste del territorio mexicano, en los estados de Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila. El componente demográfico en estos municipios es el siguiente: el municipio de Piedras Negras en el 2010 tuvo un registro de 152,806 habitantes, y para el 2020 aumentó a 176,327 habitantes; el municipio Nava en el 2010 registró 27,928 habitantes, y en el 2020 aumentó a 33,129 habitantes; el municipio de Guerrero (Coahuila) en el 2010 tenía 2,091 habitantes, y en el 2020 disminuyó a 1,643 habitantes; el municipio de Hidalgo para el 2010 contaba con 1,852 habitantes, y para el 2020 disminuyó a 1,735 habitantes; el municipio de Anáhuac tenía 18,480 habitantes en el 2010, y disminuyó a 18,030 habitantes en el 2020; el municipio de Nuevo Laredo en el 2010 contaba con 384,033 habitantes, mientras que para el 2020 aumentó a 425,058 habitantes; el municipio de Guerrero (Tamaulipas) en el 2010 había registrado 4,477 habitantes, y para el 2020 registró un decremento de 3,803 habitantes. La población total del distrito de riego fue de 591,667 habitantes para el 2010 y 659,725 habitante para el 2020.

- 089. El Carmen. Este distrito se encuentra en el Estado de Chihuahua, administrando dos municipios: Buenaventura en el 2010 contaba con un total de 22,378 habitantes, pero durante el 2020 aumentó a 25,146 habitantes; y en el municipio de Ahumada había 11,457 habitantes en el 2010, mientras que para el 2020 incrementó a 14,635 habitantes. El total de población fue de 33,835 habitantes para el 2010 y 39,781 habitante para el 2020.

- 090. Bajo Río Conchos. Este distrito de riego está ubicado en el Estado de Chihuahua y solamente está conformado por el municipio de Ojinaga, que en el 2010 había registrado una población de 26,304 habitantes, pero en el 2020 ocurrió una disminución (24,534 habitantes),

factor social que repercute en la participación del número de usuarios, el manejo del agua para riego y la producción de maíz y frijol.

- 103. Río Florido. El área en donde se localiza este distrito se ubica entre el Estado de Chihuahua y el Estado de Durango y está conformado solamente por tres municipios, en los cuales se tuvo el siguiente comportamiento poblacional. El municipio de López tenía 4,025 habitantes en el 2010, y 4,122 habitantes en el 2020; en el 2010 en el municipio de Coronado vivían 2,284 personas, y para el 2020 hubo un decremento poblacional y solamente vivían 2,034 personas; en el municipio de Ocampo en el 2010 vivían 9,626 personas, mientras que para el 2020 también ocurrió una disminución (8,003 personas). El total de la población en este distrito de riego fue de 15,935 habitantes para el 2010 y 12,125 habitante para el 2020.

- 113. Alto Río Conchos. Distrito ubicado en el Estado de Chihuahua e integrado por tres municipios con los siguientes componentes demográficos: el municipio de La Cruz en el 2010 tenía un total de 3,982 habitantes, mientras que para el 2020 se incrementó a 3,704 habitantes; el municipio de Camargo para el 2010 había registrado 48,748 habitantes y en el 2020 aumentó a 49,499 habitantes; en el municipio de San Francisco de Conchos había 2,983 personas en el 2010 y para el 2020 registró un decremento (2,696 personas). La población total fue de 55,713 habitantes para el 2010 y 55,899 habitante para el 2020.

La Región Hidrológico-administrativa del Río Bravo tiene amplia diversidad de usos de suelo, siendo los más importantes los destinados a la agricultura de riego anual y permanente, agricultura de riego anual, agricultura de riego anual y semipermanente, agricultura de temporal anual, pastizal cultivado, entre otros (CONABIO, s.f.). La amplia variedad de usos del suelo está vinculada con las propiedades de los tipos de suelo, siendo relevante el suelo Xerosol, que se caracteriza por desarrollarse bajo condiciones áridas y con presencia de un horizonte cálcico. Vertisol el material original de este tipo de suelo lo forma sedimentos con una elevada proporción de arcillas esmectíticas, generalmente se les encuentra en depresiones de áreas llanas o suavemente onduladas donde el clima suele ser tropical, semiárido a subhúmedo o mediterráneo con estaciones anuales contrastadas en cuanto a humedad. Los suelos Solonchak se encuentran en regiones áridas o semiáridas, principalmente en zonas permanentes o estacionalmente inundadas, la vegetación es herbácea con frecuente predominio de plantas halófilas; en ocasiones aparecen en zonas de regadío con un manejo inadecuado. En áreas costeras este tipo de suelo pueden aparecer bajo cualquier clima. Fluvisol es un tipo de

suelo que suele utilizarse para cultivos de consumo, huertas y, frecuentemente, para establecimiento de pastos. Es habitual que requieran un control de las inundaciones, drenajes artificiales y que se utilicen bajo regadío. Cuando estos suelos se drenan sufren una fuerte acidificación acompañada de elevados niveles de aluminio (CONABIO, s. f.).

Respecto a las condiciones geomorfológicas de esta región, es frecuente observar lomeríos, sierras, bajadas, llanuras, entre otros, los cuales cuentan con una amplia variedad de climas principalmente de tipo seco, con la mayor extensión del tipo seco cálido muy seco y seco cálido seco; así como del tipo templado en donde destacan el templado semicálido subhúmedo, templado subhúmedo y templado semifrío subhúmedo, principalmente en porciones del occidente y oriente de la región. La temperatura media anual predominante en el 50 % de la superficie es de 26 °C. Los climas secos corresponden principalmente a la zona de los Estados de Chihuahua y Coahuila.

Con relación a las fuentes de abastecimiento de agua para los distritos de riego de esta región hidrológico-administrativa se determina lo siguiente: el escurrimiento medio anual se estima por debajo de los 10 000 hm^3/año. Esta región cuenta con varias fuentes que se administran con caudales provenientes del Río Bravo, Río Florido, Río Tehuantepec, Río San Diego, Río San Miguel (CONABIO, s. f.),

La estadística agrícola de la región hidrológico-administrativa Río Bravo está compuesta por los datos de producción agrícola de 2010 y 2021; pues durante el 2010 se cosecharon 76,055 hectáreas de maíz, de las cuales 71,369 fueron de maíz grano y 4,686 de maíz de forrajero, también 433 hectáreas de frijol de tipo alubia. Tomando en cuenta el dato del valor de la producción se generaron $1,071,010,360 pesos, de los cuales 57,403,500 corresponden al cultivo de maíz forrajero y 1,009,151,179 al maíz de grano; por otro parte, también se generaron $4,455,681 pesos que corresponden al cultivo de frijol de tipo alubia, resultando esto para el 2010 en un total de 76488 hectáreas cosechadas y un valor de producción de $1,071,010,360 pesos (SIAP, 2010).

En el 2021 se cosechó en la región 41,914 hectáreas de maíz, de las cuales 38,483 fueron de maíz grano y 3,431 de maíz forrajero; también se cosecharon 486 hectáreas de frijol de tipo alubia. Con base en los datos del valor de producción, se generó $1,491,822,179 pesos, de los cuales 175,398,780 corresponden al cultivo de maíz forrajero y 1,303,752,919 al cultivo de maíz de grano, obteniendo también un valor de 12,670,480 que corresponden al cultivo de frijol de tipo alubia, obteniendo en ambos cultivos y para el 2021 una cosecha total de 41,914 hectáreas y un valor de producción de $1,491,822,179 pesos (SIAP, 2021).

5.7 Región Hidrológico-administrativa (RHA VII): Cuencas centrales del norte

La región hidrológico-administrativa Cuencas Centrales del Norte se localiza en la zona centro-norte del país, y por su ubicación geográfica tiene colindancias con varias regiones hidrológico-administrativas: hacia el norte tiene colindancias con la RHA VI (Río Bravo); al oriente limita con la RHA IX (Golfo Norte), al poniente tiene límites con la RHA III (Pacífico Norte) y al sur colinda con la RHA VIII (Lerma-Santiago-Pacífico). Esta región tiene una superficie total de 187,621 Km^2 y está conformada por 78 municipios. El 18.67 % de su superficie corresponde al Estado de Coahuila, el 38.06 % al Estado de Durango, el 18.03 % al Estado de San Luis Potosí y el 25.24 % restante corresponde al Estado de Zacatecas (Comisión Nacional del Agua, s. f.).

La región hidrológico-administrativa solamente está conformada por el Distrito de Riego 017 (Región Lagunera) e integrada por nueve municipios, en los cuales se tuvieron los siguientes datos demográficos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Población de la región VII Cuencas Centrales del Norte, 2010 y 2020

Nombre del municipio	Número de habitantes, 2010	Número de habitantes, 2020
Rodeo	12, 788	12, 818
Nazas	12, 411	12, 894
Lerdo	141, 043	163, 313
Tlahualillo	22, 244	21, 143
Gómez Palacio	327, 985	372, 750
Matamoros	107, 160	118, 337
Torreón	639, 629	720, 848
Francisco I. Madero	55, 676	59, 035
San Pedro	102, 650	101, 041
Población total	1, 421, 586	1, 582,179

Fuente: SIAP (2021).

Como se observa en el cuadro anterior, en el período comprendido entre los años 2010 y 2020, ocurrió una disminución en el número de habitantes en los municipios de Tlahualillo y San Pedro, factor demográfico que, en parte, puede influir en el número de hectáreas sembradas, hectáreas cosechadas, valor de producción, rendimiento y número de usuarios participantes, lo cual de manera directa e indirecta puede influir en la producción de alimentos para la región.

Los principales usos del suelo en esta región están asociados con la agricultura de riego anual, agricultura semipermanente y asentamientos humanos (CONABIO, s. f.). Los tipos de suelo predominantes en los distritos de

riego de esta región son dos: a) Xerosol, este tipo de suelo se desarrolla bajo condiciones áridas y se caracteriza por la presencia de un horizonte cálcico; b) Litosol, este tipo de suelos se caracterizan por ser muy delgados, de un espesor inferior a 25 cm y antes de llegar a la capa rocosa pueden ser más profundos, con alto contenido de rocas o grava (CONABIO, s. f.).

Con base en las condiciones geológico-geomorfológicas, la Región Cuencas Centrales del Norte se caracteriza por estar conformada de una meseta cerrada de carácter continental, bordeada por sierras y serranías y su altitud predominante es superior a los 1 000 msnm. Los climas predominantes son tres: muy seco semicálido 27 %, seco templado 20 % y semiseco templado 29 %, se ha registrado una temperatura media anual predominante de 16 °C a 20 °C y una precipitación media anual de 398 mm. Es la tercera lámina con menor registro y por supuesto, con relación al resto de las regiones hidrológico-administrativas del territorio mexicano, situación que influye en la condición de zonas semi-áridas.

La interacción entre las condiciones edafológicas, climáticas, de uso de suelo y por supuesto, la disponibilidad de agua en los distritos de riego de la región ha influido en los datos estadísticos agrícolas reportados para los años 2010 y 2020 y que se enuncian enseguida: en el 2010 se cosechó 15,359 hectáreas de maíz, de las cuales 14,842 fueron de maíz forrajero y 517 de maíz de grano; también se cosecharon 80 hectáreas de frijol de tipo alubia. Tomando en cuenta el dato del valor de la producción de maíz, se generó $284,061,504 pesos, de los cuales, 278,891,504 corresponden al cultivo de maíz forrajero y 5,170,000 al cultivo de maíz de grano, por otro parte, también se generó $1,026,000 pesos correspondientes al cultivo de frijol de tipo alubia, obteniendo un total de 15,439 hectáreas cosechadas y un valor de producción de $285,087,504 pesos (SIAP, 2010).

Para el 2021 se cosechó en la región 15,261 hectáreas de maíz, de las cuales 14,731 fueron de maíz forrajero y 530 de maíz de grano, también se cosecharon 7 hectáreas de frijol de tipo alubia. Con relación al valor de la producción de maíz se registró $657,419,821 pesos, de los cuales 644,169,821 se relacionan con el cultivo de maíz forrajero y $13,250,000 pesos corresponden al cultivo de maíz de grano; por otro lado, se generó $66,768 pesos que corresponden al frijol de tipo alubia, resultando un total de 15, 268 hectáreas cosechadas y un valor de producción de $657,486,589 pesos (SIAP, 2021).

Desafortunadamente, el número de hectáreas sembradas, el número de hectáreas cosechadas, el rendimiento y el valor de producción se vinculan de manera directa con las pocas fuentes de abastecimiento de agua para el establecimiento de cultivos de maíz y frijol en los distritos de riego de la región, en este sentido, solamente el caudal del Río Aguanaval y la presa Francisco Zarco son las únicas fuentes de abastecimiento (CONABIO, s. f.).

5.8 Región Hidrológico-administrativa (RHA VIII): Lerma-Santiago-Pacífico

La región hidrológico-administrativa VIII se encuentra en la zona centro-occidente de México y tiene colindancias con otras cuatro regiones: a) hacia el norte tiene límites con la RHA III (Pacífico Norte) y la RHA VII (Cuencas Centrales del Norte), b) en la porción sur tiene colindancias con la RHA IV (Balsas), c) al oriente limita con la RHA IX (Golfo Norte), tiene una superficie total de 182,460.14 Km^2 y comprende 332 municipios pertenecientes a nueve estados de la República Mexicana: 11 en Aguascalientes, 10 en Colima, 44 en Guanajuato, 122 en Jalisco, 30 en México, 68 en Michoacán, 13 en Nayarit, 4 en Querétaro y 30 en Zacatecas (Comisión Nacional del Agua, s. f.). La RHA VIII Lerma-Santiago-Pacífico está conformada por 14 distritos de riego (Cuadro 10) los cuales contienen los siguientes datos demográficos.

Como se observa en el cuadro 10, el número de habitantes ha disminuido en algunos de los municipios que integran los distritos de riego de la RHA VIII, siendo algunos de éstos: Salvatierra, Acámbaro, Tocaltiche, Mexticacán, San Blas, Jiménez y Penjamillo. Aunque este distrito de riego es uno de los más importantes en México, esto en virtud del número de distritos que lo conforman, el número de municipios, el número de participantes como usuarios, el número de hectáreas sembradas, el número de hectáreas cosechadas y el valor de producción, su importancia puede verse afectada en la producción de maíz y frijol, lo cual también puede repercutir en el suministro de alimentos para los mercados de la región.

Cuadro 10. Número de habitantes en los municipios que conforman los distritos de riego de la RHA VIII (Lerma-Santiago-Pacífico), 2010 y 2020

Distrito de Riego	Nombre del municipio	Número de habitantes, 2010	Número de habitantes, 2020
001.Pabellon	Tepezalá	19,668	22,485
	Rincón de Romos	49,156	57,369
	Pabellón de Arteaga	41,862	47,646
	Población total del distrito	110,686	127,500
011. Alto Río Lerma	Irapuato	529,440	592,953
	Salamanca	260,732	273,417
	Abasolo	84,332	92,040
	Valle de Santiago	141,058	150,054
	Pénjamo	149,936	154,960
	Jaral del Progreso	36,584	38,782
	Salvatierra	97,054	94,126
	Acámbaro	109,030	108,697
	Santiago Maravatío	6,670	6,714
	Población total del distrito	1,414,836	1,511,743
013. Estado de Jalisco	Lagos de moreno	153,817	172,403
	Teocaltiche	40,105	39,839
	San Miguel el Alto	31,166	31,965
	Yahualica de González	22,284	22,394
	Mexticacán	6,034	5,307
	Ayotlán	38,291	41,552
	Degollado	21,132	21,226
	La Barca	64,269	67,937
	Jamay	22,881	24,894
	Ocotlán	92,967	106,050
	Zapotlán del Rey	17,585	19,279
	Poncitlán	48,408	53,659
	Ixtlahuacán de los Membrillos	41,060	67,969
	Tlajomulco de Zúñiga	416,626	727,750
	Ameca	57,340	60,386
	San Martín de Hidalgo	26,306	28,102
	Teuchitlán	16,573	16,603
	San Juanito de Escobedo	8,896	9,433
	Magdalena	21,321	21,781
	Ahualulco de Mercado de Jalisco	21,714	23,630
	Población total del distrito	1,168,775	1,562,159
020. Morelia-Queréndaro	Morelia	729,279	849,053
	Tarámbaro	78,623	114,513
	Álvaro Obregón	20,913	23,000
	Charo	21,723	25,138
	Indaparapeo	16,427	18,385
	Queréndaro	13,550	13,961
	Zinapécuaro	46,666	49,005

Continúa...

Distrito de Riego	Nombre del municipio	Número de habitantes, 2010	Número de habitantes, 2020
	Pátzcuaro	87,794	98,382
	Tzintzuntzan de Michoacán	13,556	14,911
	Población total del distrito	1,028,531	1,206,348
024. Ciénaga de Chapala	Villamar	16,991	15,864
	Jiquilpan	34,199	36,158
	Sahuayo	72,841	78,477
	Venustiano Carranza	23,457	23,469
	Pajacuarán	19,450	21,028
	Briseñas	10,653	11,681
	Vista Hermosa en Michoacán	18,995	20,982
	Población total del distrito	196,586	207,659
033. Estado de México	Temascalcingo	62,695	66,414
	Atlacomulco	93,718	109,384
	Jocotitlán de México	61,204	69,264
	Contepec Michoacán	32,954	35,070
	Población total del distrito	250,571	276,413
034. Estado de Zacatecas	Villanueva	29,395	31,558
	Tabasco	15,656	16,588
	Tlaltenango de Sánchez Román	25,493	27,302
	Tepechitlán	8,215	8,321
	Población total del distrito	78,759	92,674
043. Estado de Nayarit	Bahía de Banderas	124,205	187,632
	San Blas	43,120	41,518
	Población total del distrito	167,325	229,150
053. Estado de Colima	Cihuatlán de Jalisco	39,020	40,139
	Manzanillo	161,420	191,031
	Coquimatlán	19,385	20,837
	Tecomán de Colima	112,726	116,305
	Población total del distrito	332,551	368,312
061. Zamora	Zamora	186,102	204,860
	Ixtlán	13,584	14,302
	Pajacuarán	19,450	21,028
	Chavinda	9,975	10,417
	Jacona	64,011	68,781
	Tangancícuaro de Michoacán	32,677	35,256
	Población total del distrito	332,551	368,312
085. La Begoña	Celaya	468,469	521,169

Continúa...

Distrito de Riego	Nombre del municipio	Número de habitantes, 2010	Número de habitantes, 2020
	Comonfort de Guanajuato	77,794	82,216
	Población total del distrito	546,263	603,385
087. Rosario-Mezquite	Zacapu	73,455	76,829
	Coeneo	20,492	20,965
	Jiménez	13,275	12,946
	Angamacutiro	14,684	14,943
	José Sixto Verduzco	25,576	26,213
	Penjamillo de Michoacán	17,159	16,621
	La Barca	64,269	67,937
	Ayotlán	38,291	41,552
	Población total del distrito	267,201	41,552
093. Tomatlán	Tomatlán	35,050	36,316
094. Jalisco Sur	Acatlán de Juárez	23,241	25,250
	Villa Corona	16,969	19,063
	Atoyac	8,276	8,689
	Sayula	34,829	37,186
	El Limón	5,499	5,368
	El Grullo	23,845	25,920
	Autlán de Navarro	57,559	64,931
	Población total del distrito	170,218	186,407

Fuente: SIAP (2021).

Los principales usos del suelo en la Región hidrológico-administrativa VIII son dos: agricultura de temporal anual y agricultura de riego anual (CONABIO, s. f.). Los tipos de suelo existentes son resultado de la interacción entre las condiciones geológico-geomorfológicas, edafológicas, climáticas e hidrológicas, siendo cuatro tipos los más importantes:

a. El suelo Vertisol se encuentran en depresiones de áreas llanas o suavemente onduladas en donde el clima suele ser tropical, semiárido a subhúmedo o mediterráneo con estaciones contrastadas en cuanto a humedad. La vegetación cimácica suele ser de sabana o de praderas naturales o con vegetación leñosa (CONABIO, s. f.).

b. El suelo Feozem se asocia a regiones con un clima suficientemente húmedo para que exista lavado, pero con una estación seca, el clima puede oscilar entre cálido y frío y varían de la zona templada a las tierras altas tropicales. El relieve generalmente es llano o suavemente ondulado, la vegetación se caracteriza por ser de matorral tipo estepa o de bosque (CONABIO, s. f.).

c. El tipo de suelo Fluvisol suele utilizarse para cultivos de consumo, huertas y, frecuentemente para establecimiento de pastos. Es habitual

que requieran un control de las inundaciones, drenajes artificiales y se utilicen bajo regadío. Cuando los suelos Fluvisoles tiónicos se drenan sufren una fuerte acidificación acompañada de elevados niveles de aluminio (CONABIO, s. f.).

d. El suelo Castañozem generalmente se asocia a regiones con un clima seco y cálido. El relieve es llano o suavemente ondulado y la vegetación herbácea de poco porte y anual. (CONABIO, s. f.).

Los sistemas de topoformas presentes en los distritos de riego son sierras, llanuras y lomeríos, los cuales pueden encontrarse hasta en altitudes de 4,500 msnm, como es el caso de las áreas ubicadas en pendientes del Volcán Xinantecátl o Nevado de Toluca en el Estado de México y el Nevado de Colima (Estado de Jalisco). En la región se ha registrado una temperatura media anual entre los 16 °C y 20 °C con un tipo de clima templado subhúmedo presente en el 57 % del territorio que comprende la región, principalmente en las subregiones Lerma y Santiago, en orden de importancia se ubica en segundo lugar el clima cálido subhúmedo, presente en el 19 % de la superficie y muy peculiar en la subregión Pacífico, el resto del territorio se caracteriza por tener amplia variedad de climas con preponderancias menores.

La interacción de las condiciones climáticas, edafológicas, hidrológicas, geológico-geomorfológicas y de uso de suelo incide en los procesos y actividades agrícolas de la región, en este sentido, y de acuerdo con datos estadísticos obtenidos de SIAP (2010 y 2021) se presenta la siguiente descripción relacionada con la producción de maíz y frijol:

- En el 2010 se cosechó en la región un total de 123,830 hectáreas de maíz, de las cuales 2,321 fueron de maíz elotero, 5,187 de maíz forrajero y 116,322 de maíz de grano. También se cosecharon 13,794 hectáreas de frijol, 12,082 de frijol de tipo alubia y 1,712 de frijol asociado. Con base en el valor de la producción del cultivo de maíz se obtuvo $2,728,925,728 pesos, de los cuales 52,002,030 fueron para el maíz elotero, 178,913,320 para el maíz forrajero y 2,498,010,378 para el maíz de grano; asimismo, se obtuvo $189,136,879 pesos en valor de producción para el cultivo de frijol, de este valor, $157,261,677 pesos fueron para el cultivo de frijol de tipo alubia y 31,875,202 en el cultivo de frijol asociado. Entre ambos cultivos se obtuvo un total 137,624 hectáreas cosechadas y un valor de producción de $2,918,062,607 pesos para el 2010 (SIAP, 2010).

- En el 2021 se cosechó en la región 175,542 hectáreas de maíz, de las cuales 3,005 fueron de maíz elotero, 5,669 de maíz forrajero y 166,868

de maíz de grano, también se cosecharon 8,116 hectáreas de frijol, de éstas, 7,487 se refieren al frijol de tipo alubia y 629 al frijol asociado. Tomando en cuenta el dato del valor de la producción que se generó en la región y con relación al cultivo de maíz se obtuvo un valor de producción de $10,757,699,867 pesos, de los que 150,301,593 fueron de maíz elotero, 288,712,949 de maíz forrajero y 10,318,685,325 de maíz de grano; también se obtuvo 222,862,055 en valor de producción del cultivo de frijol, 200,915,810 en el cultivo de frijol de tipo alubia y 21,946,245 en el cultivo de frijol asociado, dando esto un total de 183,658 hectáreas cosechadas con un valor de producción de $10,980,561,922 pesos para el 2021 (SIAP, 2021).

Esta región cuenta con varias fuentes de abastecimiento de agua en los distritos de riego, siendo relevantes los caudales del Río Lerma, Río Grande, Río San Pedro y Río el Mezquital, asimismo, la Presa Queréndaro. El riego de los cultivos se complementa con agua proveniente de otras fuentes, por ejemplo, almacenamiento de escurrimientos en bordos durante la época de lluvias, extracción en pozos profundos y mediante un sistema de abastecimiento de conducción y distribución (canales) acondicionados en otros cuerpos de agua naturales (CONABIO, s. f.).

5.9 Región Hidrológico-administrativa (RHA IX): Golfo Norte

La RHA IX está conformada por once distritos de riego ubicados en jurisdicciones municipales de cinco estados de la República Mexicana: DR 002 Mante (Tamaulipas), DR 008 Metztitlán (Hidalgo), DR 023 San Juan del Río (Querétaro), DR 028 Tulancingo (Hidalgo), DR 029 Xicoténcatl (Tamaulipas), DR 049 Río Verde (San Luis Potosí), DR 060 El Higo (Veracruz), DR 086 Soto La Marina (Tamaulipas), DR 092A Río Pánuco, Unidad Ánimas (Tamaulipas y Veracruz), DR 092B Río Pánuco, Unidad Chicayán (Veracruz), DR 092C Río Pánuco, Unidad Pujal Coy (San Luis Potosí y Veracruz). Las condiciones de los componentes demográficos se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Número de habitantes en los municipios que conforman los distritos de riego de la RHA IX (Golfo Norte), 2010 y 2020

No. de Distrito	Nombre	Estado	Nombre del municipio	Población 2010	Población 2020
002	Mante	Tamaulipas	González	43,435	41,470
			El Mante	115,792	106,144
			Población total por distrito	159,227	147,614
008	Metztitlán	Hidalgo	San Agustín Metzquititlán	9,364	9,449
			Metztitlán	21,623	20,962
			Eloxochitlán	2,800	2,593
			Población total por distrito	33,787	33,004
023	San Juan del Río	Querétaro	Pedro Escobedo	63,966	77,404
			San Juan del Río	241,699	297,804
			Tequisquiapan	63,413	72,201
			Población total por distrito	369,078	447,409
028	Tulancingo	Hidalgo	Tulancingo de Bravo	151,584	168,369
			Acatlán	20,077	22,268
			Población total por distrito	171,661	190,637
029	Xicoténcatl	Tamaulipas	Xicoténcatl	22,864	22,229
			Gómez Farías	8,786	8,288
			El Mante	115,792	106,144
			Población total por distrito	147,442	136,661
049	Río Verde	San Luis Potosí	Ciudad Fernández	43,528	48,106
			Rioverde	91,924	97,943
			Población total por distrito	135,452	146,049
060	El Higo	Veracruz	El Higo	19,128	19,402
			Pánuco	97,290	96,185
			Tantoyuca	101,743	99,959
			Población total por distrito	218,161	215,546
086	Soto La Marina	Tamaulipas	Abasolo	12,070	9,822
			Soto la Marina	24,764	23,673
			Jiménez	8,338	6,375
			Población total por distrito	45,172	39,870
092A	Río Pánuco, Unidad Ánimas	Tamaulipas	González	43,435	41,470
			El Mante	115,792	106,144
		Veracruz	Pánuco	97,290	96,185
			Población total por distrito	256,517	243,799
092B	Río Pánuco, Unidad Chicayán	Veracruz	Ozuluama de Mascareñas	23,276	22,756
			Pánuco	97,290	96,185
			Población total por distrito	120,566	118,941
092C	Río Pánuco, Unidad Pujal Coy	San Luis Potosí	Tamuín	37,956	36,968
			Ébano	41,529	40,899
		Veracruz	Pánuco	97,290	96,185
			Población total por distrito	176,775	174,052

SIAP (2021).

Los principales usos del suelo en los distritos de riego de esta región son los siguientes: agricultura de riego permanente, agricultura de riego semipermanente, pastizal, vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, cuerpos de agua y asentamientos humanos (INEGI, 2021). En los distritos predominan los dos primeros usos de suelo especializados en diversas modalidades agrícolas para la producción de maíz y frijol. De acuerdo con la ubicación geográfica de los municipios que integran los distritos de riego, es común observar procesos de cambio de uso de suelo que inciden en la disminución de superficies destinadas a los cultivos de maíz y frijol, en este sentido, la agricultura disputa espacios con otros usos de suelo en los que intervienen políticas sociales, por ejemplo, en la categoría de asentamientos humanos, esto en virtud de satisfacer las necesidades de vivienda y en consecuencia, suministrar agua para usos domésticos. Esta situación no sólo afecta la disminución de superficies agrícolas destinadas al cultivo de maíz y frijol sino a la disminución de agua para el riego.

Las unidades edáficas presentes en los distritos de riego de la RHA IX son las siguientes: suelo Cambisol, suelo Vertisol, suelo Fluvisol, suelo Litosol, suelo Regosol, suelo Feozem, suelo Luvisol, suelo Castañozem, suelo Rendzina y suelo Xerosol (CONABIO, s.f.). Los suelos de tipo cambisol y los de tipo fluvisol pueden ser adecuados para el establecimiento de cultivos de diversas variedades de maíz y frijol, esto debido a su fertilidad natural y condiciones de buen drenaje. Los suelos de tipo vertisol se caracterizan por su alta capacidad de retención de humedad y, aunque pueden ser adecuados para los cultivos de maíz y frijol, no lo son durante la estación seca, ya que se agrietan con facilidad. Los suelos de tipo feozem y de tipo luvisol son aptos para establecimiento de diversos cultivos de maíz y frijol, lo cual se relaciona con su buena estructura y buen drenaje (FAO, 2014; Brady, 2016).

Las temperaturas predominantes en los distritos de riego corresponden a climas cálidos (la temperatura oscila entre 22 °C y 26 °C) y climas templados (con rangos de temperatura entre 14°C y 18 °C. La precipitación también es variable y se registran mínimas de 400 mm hasta máximas de 1,500 mm. Con base en las condiciones de temperatura y precipitación propias de los distritos de riego de la región, es frecuente encontrar varios climas templados y cálidos, que de manera directa influyen en el establecimiento de cultivos de maíz y frijol.

La disponibilidad de agua en el 2008 y 2020 se sustentó en el manejo de 40 acuíferos, de los cuales, solamente dos presentan niveles de sobreexplotación, registrándose un incremento de presión en el recurso del 18.6 % al 22 %, esto de acuerdo con los datos de las Estadísticas del Agua en México (CONAGUA 2010, 2021). Las fuentes de abastecimiento de agua en los distritos de riego corresponden con el manejo de caudales de varios ríos y volúmenes que se obtienen de lagos, lagunas y presas; por ejemplo, el distrito de riego 049 Río

Verde se abastece directamente del río del mismo nombre e incluye varios canales de conducción y distribución. El Distrito de Riego 092A Río Pánuco, Unidad Ánimas se abastece de la Presa Las Ánimas, Río Pánuco y Río Guayalejo.

Los mecanismos de abastecimiento de agua para el riego de cultivos en los distritos se han acondicionado de acuerdo con las condiciones topográficas y geológico-geomorfológicas de los terrenos de la zona, y constan de tres sistemas: a) sistema de gravedad de presas (este método aprovecha la acumulación de agua en una presa o embalse), b) sistema de gravedad-derivación (este sistema se basa en el desvío o derivación de agua desde una fuente natural, como un río, esto a través de canales de conducción o zanjas hacia las áreas de cultivo), y c) sistema de bombeo de corrientes (en este sistema se utilizan motores que funcionan para extraer agua de fuentes como ríos, arroyos o canales y llevarla hacia las áreas de cultivo) (SIAP, 2021).

Las características topográficas y geológico-geomorfológicas predominantes en los distritos de riego corresponden a diversas topoformas y tienen estrecha relación con varias provincias fisiográficas de México, como es el caso de la Sierra Madre Oriental. Las topoformas más relevantes son: lomeríos, llanuras, cañones (depresiones, barrancos), cuerpos de agua, mesetas y sierras; además, es pertinente mencionar que las altitudes oscilan en rangos de 0 hasta 2, 500 msnm. Siendo las topoformas de llanuras y lomeríos en donde se desarrollan varios tipos de agricultura, En el caso de los cuerpos de agua, estos son relevantes ya que representan las fuentes principales de abastecimiento de agua para los cultivos de maíz y frijol.

Con base en las estadísticas agrícolas de los años 2008 y 2021 (SIAP, 2010 y 2021), la producción de cultivos de frijol y maíz en los distritos de riego de la RHA Golfo Norte registró las siguientes características:

- En el 2010 se establecieron cultivos de maíz y frijol en la modalidad agricultura de riego permanente y semipermanente. Al sumar los cultivos de frijol alubia y frijol asociado se obtuvo una cosecha de 1,957 hectáreas, obteniendo una producción de 2,271 toneladas y equivalente a un valor de producción de $23,559,757 pesos mexicanos. Con relación al cultivo de maíz, (maíz elotero, maíz forrajero y maíz en grano) se cosecharon 26,457 hectáreas, en las cuales se produjeron 147,434 toneladas y se obtuvo un valor de producción de $341,445,578 pesos. En este año se registró la participación de 20,823 usuarios de agua en los distritos de riego, de los cuales 16,315 pertenecen a la categoría de ejidatarios y 4,508 a pequeños propietarios.

- En el 2021, se cosecharon 917 hectáreas de frijol alubia y frijol asociado, obteniendo una producción total de 1,930 toneladas con un equivalen-

te al valor de producción de $34,869,995 de pesos. En el caso del cultivo de maíz se cosecharon 36,832 hectáreas con una producción total de 252,218 toneladas y un valor de producción de $1,394,305,149 de pesos. Durante el 2021 participaron 18,183 usuarios en los distritos de riego, de los cuales 14,428 son ejidales y 3,755 se ubican en la categoría de pequeños propietarios. Al establecer comparaciones entre el número de usuarios de 2010 y el 2021 es notoria una disminución durante el 2020 (SIAP, 2010 y 2021). Además del número de usuarios participantes cabe mencionar que la población de 2010 a 2021 incrementó un 4.6 %, es decir, en el 2010 el número de habitantes fue de 5,216,831 y para el 2021 aumentó a 5,455,609 habitantes (INEGI, 2010 y 2020).

5.10 Región Hidrológico-administrativa (RHA X): Golfo Centro

La Región Hidrológico-administrativa RHA X correspondiente al Golfo Centro está integrada únicamente por dos distritos de riego ubicados en el Estado de Veracruz: DR 035 La Antigua y DR 082 Río Blanco, esta región cuenta con varios municipios dentro de cada distrito los cuales presentaban en los años 2010 y 2020 los siguientes registros demográficos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Número de habitantes en los municipios que conforman los distritos de riego de la RHA X (Golfo Centro), 2010 y 2020

No. de Distrito	Nombre	Estado	Nombre del municipio	Población año 2010	Población año 2020
035	La Antigua	Veracruz	Paso de Ovejas	32,576	33,442
			Actopan	40,994	41,742
			La Antigua	25,500	28,682
			Apazapan	4,027	4,709
			Puente Nacional	21,603	23,544
			Veracruz	552,156	607,209
			Manlio Fabio Altamirano	22,585	23,918
			Úrsulo Galván	29,005	30,097
			Población total por distrito	728,446	793,343
082	Río Blanco	Veracruz	Tlalixcoyan	37,037	37,795
			Ignacio de la Llave	17,121	16,525
			Tierra Blanca	94,087	95,602
			TOTAL	148,245	149,922

Fuente: SIAP (2021).

En el Distrito de Riego 035 La Antigua se tienen los siguientes usos de suelo: agricultura de riego anual y permanente, asentamientos humanos, pastizal cultivado y vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (INEGI, 2021), como se observa, solamente una categoría de uso de suelo se relaciona con aspectos agrícolas y, por consiguiente, con la producción de maíz y frijol. En el caso de los espacios destinados a la agricultura de riego en cualesquiera

de sus modalidades, la producción agrícola se desarrolla sin ningún tipo de conflictos, sin embargo, son notorias algunas presiones que ejerce la categoría de uso de suelo para asentamientos humanos, esto en virtud del incremento del número de habitantes y que por consiguiente, se requiere satisfacer las necesidades de vivienda y suministrar agua para usos domésticos, ambas situaciones provocan impactos en la disminución de la vegetación secundaria, y desde luego, a la superficie que se utiliza para la agricultura. La disminución de las áreas de cultivo afecta a la producción de alimentos básicos.

En el Distrito 082 Río Blanco los usos de suelo predominantes son la agricultura de riego anual, agricultura de riego semipermanente, asentamientos humanos, pastizal cultivado, vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; categorías similares a las referidas en el Distrito de Riego 035, sin embargo, en éste existe una mayor presencia de vegetación secundaria arbustiva y arbórea, y por supuesto, también se ejerce presión sobre los espacios destinados al establecimiento de cultivos y al mismo tiempo sobre los recursos hídricos.

Los tipos de suelo que ocupan mayores superficies en los distritos de riego de la Región Golfo Centro son: Feozem, Litosol, Regosol, Vertisol y Castañozem, de los cuales el tipo feozem y el tipo castañozem son los más adecuados para el establecimiento de cultivos de maíz y frijol, esto se asocia con sus condiciones adecuadas de fertilidad; buena estructura y capacidad de retención de agua. Por el contrario, los suelos de tipo litosol y tipo vertisol son más complicados de manejar debido a su poca profundidad en los primeros horizontes, limitaciones de nutrientes o por problemas de manejo del agua y el suelo (FAO, 2014 y Brady, 2016).

La función de las temperaturas y precipitaciones para determinar la aptitud en el desarrollo de los cultivos de maíz y frijol indican que, debido a temperaturas oscilantes entre los 24 °C y 26 °C (clima cálido) y por supuesto, también precipitaciones muy variantes en donde las mínimas son de 800 mm y las máximas de 1500 mm, entonces si es posible el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos de maíz y frijol, situación muy relacionada con el funcionamiento de las fuentes de abastecimiento de agua, en este sentido, el manejo del agua para riego favorece la actividad agrícola, específicamente la relacionada con la producción de maíz y frijol.

Las principales fuentes de abastecimiento de agua para el riego de los cultivos de maíz y frijol dependen del manejo de los caudales del Río Agua Fría, Río Actopan y Río Blanco, complementándose con volúmenes que se obtienen de la Laguna Tío Chico y Laguna Grande. Es importante hacer mención que en estos distritos de riego prevalece el mecanismo de extracción de agua mediante el sistema de gravedad-derivación en el que la diferencia de nivel entre las fuentes de abastecimiento de agua y las áreas de cultivo favorece que el agua fluya libremente por gravedad a lo largo de canales de conducción y

distribución previamente diseñados y acondicionados (SIAP, 2021). También, es relevante mencionar que del 2008 al 2020 esta región hidrológico-administrativa se caracteriza porque sus acuíferos no han sido sobreexplotados, aunque los niveles de presión sobre los mismos han manifestado un ligero incremento de 5.2 % a 6.8 % (CONAGUA, 2010 y 2021).

Las características topográficas y las geológico-geomorfológicas propias de los dos distritos de riego han influido en la presencia de dos topoformas que prevalecen en estos espacios geográficos: llanuras y lomeríos, siendo en el caso de las primeras, aptas y fáciles para establecer cultivos, permiten el uso de maquinaria agrícola y el acceso a agua para el riego, además, de ser suelos fértiles; por otra parte, las topoformas de lomeríos permiten el establecimiento y manejo de cultivos debido a sus pendientes poco pronunciadas, favoreciendo al mismo tiempo, la mecanización (uso de equipo y maquinaría). Las altitudes en las llanuras y lomeríos de los dos distritos de riego oscilan entre los 0 y 200 msnm.

La interacción de las condiciones edafológicas, climáticas, hidrológicas y geológico-geomorfológicas en asociación con la participación de los agricultores/campesinos influye en la agricultura de riego anual y agricultura de riego semipermanente, asociadas con la producción de maíz y frijol. Durante el 2010 fue posible cosechar 48 hectáreas de frijol alubia en los dos distritos de riego, de las cuales se obtuvieron 65 toneladas equivalentes a un valor de producción de $901,660 pesos. En este mismo año se produjo maíz elotero y maíz grano que en conjunto fue posible cosechar 1,977 hectáreas, logrando una producción de 21,565 toneladas y obteniendo un valor de producción equivalente a $31,388,238 de pesos (SIAP, 2010).

Para el 2021 no fue posible el establecimiento de ninguna variedad de frijol en las zonas agrícolas de los distritos de riego (se desconocen las causas), únicamente se cosecharon 1,141 hectáreas de maíz grano y maíz elotero, lo que generó una producción de 14,239 toneladas con un valor de producción de $25,577,838 pesos. Con relación al número de participantes en el establecimiento de los cultivos y por supuesto, para el manejo del agua en sistemas de riego, en el 2010 se registraron 6,885 usuarios, de los cuales 4,725 eran ejidatarios y 2,160 pequeños propietarios. Para el 2021 se redujo el número participantes, es decir, solamente fueron 6,836 usuarios totales, siendo 4,734 ejidatarios y 2,102 pequeños propietarios (SIAP, 2010 y 2020).

5.11 Región Hidrológico-administrativa (RHA XI): Frontera Sur

La región hidrológico-administrativa XI denominada Frontera Sur se localiza precisamente al sureste del territorio mexicano, en el Estado de Chiapas y está integrada por cuatro distritos de riego: DR 046 Cacahoatán, DR 059 Río Blanco, DR 101 Cuxtepeques y DR 107 San Gregorio. Los datos demográficos de esta región se presentan en el cuadro 13.

Los usos de suelo en la superficie que comprenden los distritos de riego de esta región son: agricultura de riego semipermanente, agricultura de riego, agricultura de riego permanente, asentamientos humanos, palmar inducido, pastizal cultivado, vegetación secundaria arbustiva de selva de galería, sabana, vegetación secundaria arbórea de bosque de pino, vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia (INEGI, 2021). Estos usos de suelo se relacionan con el cultivo de maíz y el cultivo de frijol, pues en el caso de los espacios en los que existe una agricultura de riego en cualesquiera de sus modalidades, el establecimiento de cultivos de maíz y frijol se desarrollan adecuadamente. En el caso de la vegetación de palmar inducido, ésta suele plantarse para la producción de aceite de palma, cosecha de frutas y extracción de fibras, entre otros, por lo que, las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos de palma pueden tener un impacto directo e indirecto sobre los cultivos de maíz y frijol.

Cuadro 13. Número de habitantes en los municipios que conforman los distritos de riego de la RHA XI (Frontera Sur), 2010 y 2020

No. de Distrito	Nombre	Estado	Nombre Municipio	Población 2010	Población 2020
046	Cacahoatán	Chiapas	Tuxtla Chico	37,737	41,024
			Cacahoatán	43,811	50,112
			Suchiate	35,056	41,672
			Total	116,604	132,808
059	Río Blanco		Las Rosas	25,530	28,829
			Tzimol	14,009	16,560
			Venustiano Carranza	61,341	67,292
			Socoltenango	17,125	19,092
			Total	118,005	131,773
101	Cuxtepeques		La Concordia	44,082	49,920
			Total	44,082	49,920
107	San Gregorio		La Trinitaria	72,769	83,111
			Frontera Comalapa	67,012	80,897
			Total	139,781	164,008

Fuente: SIAP (2021).

En los distritos de riego de la Región Frontera Sur se encuentran ocho tipos de suelo: Acrisol, Cambisol, Fluvisol, Vertisol, Rendzina, Feozem, Litosol y Regosol, todos asociados con las condiciones geológico-geomorfológicas, hidrológicas, climáticas y de vegetación de la zona. Los tipos de suelo feozem, fluvisol y cambisol son los mejores para el desarrollo de cultivos de maíz y frijol, esto debido a su fertilidad natural que tiene rangos entre moderada y alta, presentan un buen drenaje y un entorno favorable para retener los nutrientes y el agua. Los suelos de tipo rendzina, acrisoles o regosoles pueden ser poco profundos, por lo que, su cercanía con la roca madre limitaría el crecimiento de las plantas, asimismo, su limitada disponibilidad de nutrientes, sin men-

cionar que la capacidad de retención de agua puede ser insuficiente son otros factores que no favorecerían un buen manejo de los cultivos de maíz y frijol (FAO, 2014 y Brady, 2016).

En cuanto a la precipitación y la temperatura en el contexto de los distritos de riego se presentan como temperaturas semicálidas y cálidas que se registran desde mínimas de 20 °C hasta 28 °C, las precipitaciones también tienen rangos variables, desde los 1000 mm a los 1800 mm, condiciones climáticas que favorecen una buena disponibilidad de agua para el riego de los cultivos, asimismo, para el almacenamiento en las fuentes de abastecimiento que son el Río Suchiate, Río Blanco, Río San Vicente, Presa San Juan Sabines y Río Selegua, además, el riego se complementa con otras fuentes de abastecimiento menores, como es el caso de presas y bordos.

Los mecanismos de extracción de agua de las fuentes de abastecimiento corresponden a dos sistemas: a) gravedad-derivación en su mayoría y b) gravedad de presas; en el caso del primer sistema no se requiere una estructura de embalse, ya que éste funciona con base en la pendiente natural del terreno y las diferencias de nivel existentes entre la fuente de abastecimiento y los terrenos agrícolas; mientras que en el sistema de gravedad de presas, el agua liberada fluye por canales gravitacionales (de conducción y distribución) hacia las áreas de riego, por supuesto a una altitud menor con referencia a la ubicación de la presa (SIAP, 2021). Entre los años 2008 y 2020, los acuíferos de los distritos de riego de la región no se encontraban sobreexplotados ni con estrés hídrico de preocupación grave (CONAGUA, 2010 y 2021).

En cuanto a las topoformas presentes en los distritos de riego de la región, predominan las llanuras, mesetas, valles, sierras -todas con diferentes altitudes- y cuerpos de agua. Es pertinente referir, que si bien, sobre los cuerpos de agua no se establecen cultivos, éstos son ideales para proporcionar humedad a los cultivos de maíz y frijol, sin embargo, un exceso de agua también puede perjudicar a las plantas. Por otra parte, topoformas como las llanuras y mesetas son espacios propicios para el establecimiento de cultivos, esto debido a sus mínimas pendientes y comúnmente con presencia de nutrientes. En el caso de las topoformas de sierras, éstas se forman por terrenos montañosos y escarpados con condiciones de pendiente y procesos erosivos limitantes para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Cabe mencionar una peculiaridad geográfica de la región, las altitudes oscilan entre los 0 y 1500 msnm.

Las condiciones geográficas, geológico-geomorfológicas, hidrológicas, climáticas y edafológicas en asociación con la organización social para el funcionamiento de los distritos de riego, son factores que influyen de manera directa en la superficie cosechada, producción y valor, en este sentido, durante los años 2010 y 2020 el comportamiento de producción de los cultivos de maíz y frijol fue de la siguiente manera: a) en el 2010 se cosecharon 266 hectáreas de frijol alubia, generando una producción de 665 toneladas y un valor de

producción $9,310,000 de pesos. En cuanto al maíz, solamente se produjo en grano, registrando 16,231 hectáreas cosechadas, donde fue posible obtener una producción de 87,864 toneladas y un valor de producción de $243,856,286 pesos. En el 2021 se cosecharon 265 hectáreas de frijol alubia, es decir, una hectárea menos en comparación con el 2010, produjeron 398 toneladas -producción menor con respecto al 2010-, sin embargo, se generó un valor de producción de $7,632,000 pesos. Con relación al maíz en grano se cosecharon 19,915 hectáreas, una superficie significativamente mayor con respecto al 2010, produciendo 146,156 toneladas y logrando obtener un valor de producción de $735,930,910 pesos.

En cuanto al número de usuarios involucrados en la producción dentro de los distritos de riego, en el 2010 se registró la participación de 4, 993 usuarios, de éstos, 4, 355 pertenecían a la categoría de ejidatarios, mientras que 638 eran pequeños propietarios. La situación de la misma variable para el 2021 indicó un incremento a 7,045 usuarios totales, de los que 5,120 eran ejidales y 1,925 pequeños propietarios (SIAP, 2010 y 2021).

5.12 Región Hidrológico-administrativa (RHA XII): Península de Yucatán

La región hidrológico-administrativa XII se localiza en el sureste del territorio mexicano, en la Península de Yucatán, y comprendida por dos entidades federativas: el Estado de Yucatán y el Estado de Quintana Roo. Está conformada solamente por dos Distritos de Riego: DR 048 Ticul (Yucatán) y DR 02 Río Hondo (Quintana Roo). El Distrito de Riego de Río Hondo es el que tenía un mayor número de población, en el cuadro 14 se presentan los valores demográficos de ambos distritos.

Cuadro 14. Número de habitantes en los municipios que conforman los distritos de riego de la RHA XII (Península de Yucatán), 2010 y 2020

No. de Distrito	Nombre	Estado	Nombre del municipio	Población 2010	Población 2020
048	Ticul	Yucatán	Maní	5,250	5,968
			Tzucacab	14,011	15,346
			Oxkutzcab	29,325	33,854
			Tekax	40,547	45,062
			Ticul	37,685	40,495
			Sacalum	4,589	4,962
			Akil	10,362	12,285
			Muna	12,336	13,494
			Santa Elena	3,833	4,220
			TOTAL	157,938	175,686
102	Río Hondo	Quintana Roo	Othón P. Blanco	244,553	233,648
			TOTAL	244,553	233,648

Fuente: SIAP (2021).

Las condiciones de uso de suelo en los distritos de riego de la región Península de Yucatán se caracterizan por dedicar espacios a diversos usos: agricultura de riego anual, agricultura de riego permanente, asentamientos humanos, pastizal cultivado, vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia, vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, vegetación secundaria arbustiva de selva mediana caducifolia y vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia (INEGI, 2021).

El desarrollo de cultivos como el maíz y el frijol en los distritos de riego se ve impulsado en los espacios en donde el uso es para la agricultura de riego en cualesquiera de sus modalidades; sin embargo, la dinámica se modifica en las áreas de asentamientos humanos, esto debido a que cuando la población -número de habitantes- se incrementa, provoca incremento en los espacios destinados a los asentamientos humanos, y consecuentemente, se incrementa el suministro de agua para usos domésticos, situación que impacta directa e indirectamente a las zonas donde se desarrollan las actividades agrícolas, es decir, ocurren procesos de cambio de uso del suelo con consecuencias, algunas veces irreversibles; caso contrario ocurre cuando se hace la apertura de nuevos espacios agrícolas, los procesos y actividades agrícolas también se intensifican y al final, ocurren intercambios entre las categorías de la vegetación, o en el peor de los casos, se elimina totalmente la cubierta vegetal.

En los dos distritos de riego del territorio de la Península de Yucatán predominan seis tipos de suelo: Cambisol, Litosol, Luvisol, Rendzina, Vertisol y Gleysol, todos con propiedades que favorecen o influyen en el establecimiento de cultivos de maíz y frijol. Los tipos de suelo cambisol y luvisol pueden ser adecuados para el establecimiento de cultivos de maíz y frijol, ya que con frecuencia presentan una fertilidad moderada y buenas condiciones de drenaje. Los tipos de suelo litosol y rendzina presentan problemas para la producción de maíz y frijol debido a la poca profundidad en los primeros horizontes, así como una limitada disponibilidad de nutrientes para las plantas. Los suelos vertisoles debido a su expansión estacional, también presentan problemas para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Con frecuencia los suelos gleysoles están asociados con condiciones de encharcamiento, por lo que, pueden provocar enfermedades en las plantas de maíz o frijol (FAO, 2014 y Brady, 2016).

Con relación a las condiciones climáticas de los dos distritos de riego que tiene la Península de Yucatán, los datos demuestran que la temperatura y la precipitación corresponden con un clima cálido en donde la temperatura oscila entre 24 °C y 26 °C, en tanto que, la precipitación registra valores con rangos entre los 1,000 mm y 1,500 mm. Al considerar los datos de estos dos

componentes del clima, es notorio que existe un ambiente y disposiciones de agua favorables en el manejo del riego de las plantas de maíz y frijol.

Las principales fuentes de abastecimiento de agua para los dos distritos de riego son el Río Hondo y el Río Ucum, complementándose con volúmenes que se extraen de la Laguna Chichankanab. Es preciso mencionar que los acuíferos de los distritos de riego de la región se encuentran en una situación de nula sobreexplotación, esto con base en los datos obtenidos en las Estadísticas del Agua (CONAGUA, 2010 y 2021). Entre el período 2008 y 2020, solamente cuatro acuíferos presentan una condición de bajo nivel de estrés (de 8 % a 17.9 %). Los mecanismos para el abastecimiento de agua en los distritos de riego se realizó mediante extracción de los pozos, a través de la técnica de bombeo con motores eléctricos (bombas), la cual consiste en extraer el agua desde la profundidad de los acuíferos subterráneos y subirla al nivel de la superficie del suelo, y posteriormente, hacerla circular hasta los campos agrícolas en los que se encuentran los cultivos de maíz y frijol, esta última actividad se realiza a través de canales de conducción y distribución (SIAP, 2021).

Considerando las condiciones geológico-geomorfológicas de la Península de Yucatán es necesario precisar que el relieve es plano y generalmente formado por una plataforma de rocas calcáreas marinas, aunque las formas de relieve son homogéneas, si existen algunas topoformas asociadas con un paisaje de planicies inclinadas, planicies onduladas y planicies escalonadas. En los espacios geográficos de los distritos de riego las topoformas son llanuras y lomeríos con mínimas pendientes, mismas que presentan rangos altitudinales entre 0 y 200 msnm, prácticamente son zonas muy planas. Precisamente las actividades agrícolas se desarrollan en terrenos de llanuras y lomeríos, en donde las pendientes son mínimas o casi nulas, en este sentido, los agricultores/campesinos que establecen cultivos de maíz y frijol en este tipo de paisajes no se enfrentan con frecuencia a procesos erosivos.

Los procesos y actividades agrícolas en la región de la Península de Yucatán han favorecido el desarrollo de la agricultura en suelos de origen kárstico, ya que de acuerdo con sus propiedades físicas, químicas y biológicas ha sido posible el establecimiento de cultivos de maíz y frijol, entre otros. En el 2010 fue posible cosechar 36 hectáreas de frijol asociado, obteniendo 96 toneladas y un valor de producción de $552,074 pesos. En cuanto al cultivo de maíz elotero se cosecharon 1,180 hectáreas, produciendo 5,901 toneladas y obteniendo un valor de producción de $32,051,200 pesos. Para el 2021, la cosecha de frijol asociado registró un decremento del 50 %, es decir, solamente se cosecharon 18 hectáreas, de las que se obtuvieron 57 toneladas, generándose un valor de producción de $283,063 pesos. En el caso del cultivo de maíz fue notable observar un cambio (conversión) a cultivo de maíz asociado, logrando cosechar 808 hectáreas, produciendo 4,536 toneladas y un valor de $18,231,042 pesos.

En cuanto a la participación de usuarios que establecen cultivos de maíz y frijol en los dos distritos de riego de la Península de Yucatán, en el 2010 se realizó un registro de 5,044 usuarios totales, de los cuales 4,961 pertenecían a la categoría de ejidatarios y solamente 83 personas pertenecían a pequeños propietarios. Para el 2021, se registró una disminución en el número de participantes en los distritos, pues solamente se registraron 4,558 usuarios (4,348 ejidatarios y 210 pequeños propietarios) (SIAP, 2010 y 2021).

5.13 Región Hidrológico-administrativa (RHA XIII): Valle de México

Desde el punto de vista administrativo, la Región Valle de México se localiza en una porción del centro del país y está conformada por siete distritos de riego que corresponden a tres entidades federativas: DR 003 Tula (Estado de Hidalgo), DR 044 Jilotepec (Estado de Hidalgo y Estado de México), DR 073 La Concepción (Estado de México), DR 088 Chiconautla (Estado de México), DR 096 Arroyo Zarco (Estado de Hidalgo, Estado de México, Estado de Querétaro), DR 100 Alfajayucan (Estado de Hidalgo) y DR 112 Ajacuba (Estado de Hidalgo). En el cuadro 15 están incluidos los datos demográficos.

La condición de uso de suelo en los siete distritos de riego que integran la Región Valle de México se caracteriza por las siguientes categorías: a) agricultura de riego anual y semipermanente, b) asentamientos humanos, c) cuerpos de agua, d) áreas desprovistas de vegetación, e) pastizal inducido, f) vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, g) vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, h) vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule, i) vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo y, j) pastizal halófilo (INEGI, 2021). La diversidad de usos de suelo favorece, pero al mismo tiempo, limitan el desarrollo de los cultivos de maíz y frijol, en el primer caso, los usos de suelo destinados a la agricultura de riego en sus distintas modalidades favorecen la actividad agrícola en la región; en el segundo caso, la actividad agrícola se ve limitada por la presencia de vegetación arbórea o arbustiva, esto mientras la frontera agrícola no apertura espacios ni se expanda hacia las áreas de vegetación natural. En el caso de la presencia de asentamientos humanos, éstos pueden influir en la disminución de las áreas dedicados a la actividad agrícola y, en consecuencia, también a la disminución del agua para el suministro de riego.

Cuadro 15. Número de habitantes en los municipios que conforman los distritos de riego de la RHA XIII (Valle de México), 2010 y 2020

No. de Distrito	Nombre	Estado	Nombre del municipio	Población 2010	Población 2020
003	Tula	Hidalgo	Ixmiquilpan	86,363	98,654
			El Arenal	17,374	19,836
			Atitalaquia	26,904	31,525
			Atotonilco de Tula	31,078	62,470
			Tula de Allende	103,919	115,107
			Francisco I. Madero	33,901	36,248
			Tezontepec de Aldama	48,025	55,134
			Chilcuautla	17,436	18,909
			Mixquiahuala de Juárez	42,834	47,222
			Ajacuba	17,055	18,872
			Progreso de Obregón	22,217	23,641
			Tepetitlán	9,940	10,830
			San Salvador	32,773	36,796
			Santiago de Anaya	16,014	18,329
			Actopan	54,299	61,002
			Tetepango	11,112	11,768
			Tlahuelilpan	17,153	19,067
			Tlaxcoapan	26,758	28,626
			Población total por distrito	615,155	714,036
044	Jilotepec	Hidalgo	Tepeji del Río de Ocampo	80,612	90,546
		México	Soyaniquilpan de Juárez	/	/
			Chapa de Mota	27,551	31,737
			Jilotepec	/	/
			Población total por distrito	108,163	122,283
073	La Concepción	México	Cuautitlán Izcalli	511,675	555,163
			Cuautitlán	140,059	178,847
			Tepotzotlán	88,559	103,696
			Población total por distrito	740,293	837,706
088	Chiconautla	México	Tecámac	364,579	547,503
			Nextlalpan	31,691	57,082
			Zumpango	159,647	280,455
			Tonanitla	10,216	14,883
			Población total por distrito	566,133	899,923
096	Arroyo Zarco	Hidalgo	Huichapan	/	/
			Nopala de Villagrán	/	/
		México	Aculco	/	/
			Polotitlán	/	/
			Jilotepec	/	/
		Querétaro	San Juan del Río	/	/
			Amealco de Bonfil	/	/
			Población total por distrito	/	/
100	Alfajayucan	Hidalgo	Ixmiquilpan	86,363	98,654
			Alfajayucan	18,879	19,162
			Cardonal	18,427	19,431

Continúa...

No. de Distrito	Nombre	Estado	Nombre del municipio	Población 2010	Población 2020
			Tezontepec de Aldama	48,025	55,134
			Chilcuautla	17,436	18,909
			Mixquiahuala de Juárez	42,834	47,222
			Tasquillo	16,865	17,441
			San Salvador	32,773	36,796
			Población total por distrito	281,602	312,749
112	Ajacuba	Hidalgo	Atitalaquia	26,904	31,525
			Ajacuba	17,055	18,872
			San Agustín Tlaxiaca	32,057	38,891
			Tetepango	11,112	11,768
			Población total por distrito	87,128	101,056

Fuente: SIAP (2021).

En los distritos de riego de la Región Valle de México hay ocho tipos de suelo: a) Feozem, b) Litosol, c) Rendzina, d) Vertisol, e) Luvisol, f) Solonchak, g) Regosol, y h) Planosol. Los suelos de tipo feozem y luvisol son más adecuados para establecer cultivos de maíz y frijol, debido a que suelen ser sustratos edáficos bien drenados con buena estructura, asimismo, poseen capacidad para retener nutrientes y una adecuada fijación de agua. El tipo de suelo solonchak no es apto para los cultivos debido a su elevado contenido de sales. En el caso del tipo de suelo planosol, éste se caracteriza por presentar una capa endurecida subsuperficial (en el primer horizonte), factor que limita la infiltración del agua y consecuentemente, el crecimiento de las raíces (FAO, 2014 y Brady, 2016).

El clima en la región es de tipo templado con sus respectivos subgrupos que se relacionan con la temperatura y la precipitación, además del número de días secos, número de días con lluvias, volúmenes de precipitación, períodos de lluvia, número de días nublados, humedad, entre otros. Desde luego, el comportamiento de la temperatura y la precipitación favorecen el desarrollo de los cultivos de maíz y frijol. La temperatura fluctúa entre 14 °C y 18 °C, las precipitaciones mínimas son de 300 mm y las máximas registran hasta 1000 mm.

Las condiciones climáticas en la región, principalmente la precipitación, tienen estrecha relación con las fuentes de abastecimiento para el suministro de agua a los distritos de riego, ya que ésta favorece el incremento de caudal en los ríos, incremento de volumen en las presas y bordos y recarga en los mantos acuíferos. Las principales fuentes de abastecimiento son las siguientes: Presa Endhó, Río Salado, Presa Danxhó, Río Chico Tepotzotlán, Axotlán, Lago de Zumpango, Ciénaga de San Juan, Río Ñado, Presa El Molino, Presa Vicente Aguirre y Presa Javier Rojo Gómez, desde luego, otros almace-

namientos o depósitos como bordos -algunos temporales- complementan el suministro de agua, ya sea de manera directa o indirecta. El Distrito de Riego 112 (Ajacuba) se abastece de agua para riego de un canal de aguas residuales (municipales), situación que, en parte, puede provocar algunos problemas de contaminación en los cultivos y afectar la salud de los regantes, y en última instancia, de los consumidores.

Las fuentes de abastecimiento de agua para riego de los cultivos tienen estrecha relación con los mecanismos utilizados para conducir y distribuir el agua hasta los terrenos agrícolas. En este contexto, el suministro de agua se hace a través de tres sistemas: a) sistema de gravedad-derivación que se basa en el desvío de agua desde una fuente natural hacia las áreas de cultivo; b) sistema de gravedad de presas en el cual se aprovecha la acumulación de agua en una presa o embalse, y c) sistema de bombeo de corrientes, permitiendo así el suministro de agua hasta las áreas de cultivo, que, de otro modo, no podrían ser irrigadas por gravedad (SIAP, 2021). Según las Estadísticas del Agua (CONAGUA, 2010 y 2021) en el 2008 y 2020, cuatro acuíferos se encontraban en situación de sobreexplotación (grado de presión) sobre el recurso agua; presentando niveles de hasta 132.3 % y que corresponde a valores de presión muy alta.

Las peculiaridades geológico-geomorfológicas y topográficas de la región son factores geográficos importantes que tienen vínculos muy directos con las topoformas presentes en los distritos de riego, siendo representativas las llanuras (planicies), lomeríos, mesetas y sierras, algunas de éstas últimas se encuentran hasta los 3, 000 msnm. De las topoformas referidas, las llanuras y los lomeríos son los espacios geográficos más ideales para el desarrollo de cultivos de maíz y frijol, en función de su poca pendiente, lo cual evita procesos erosivos y remoción en masa; por otra parte, en los paisajes de mesetas también es posible el desarrollo de la agricultura, sin embargo, la altitud puede ser un factor limitante. En las topoformas de sierras existe una mayor dificultad para el establecimiento de cultivos de maíz y frijol -aunque sí lo hacen los agricultores/campesinos-, ya que los sistemas montañosos y escarpes representan riesgos (hidrometeorológicos y geológico-geomorfológicos), sin embargo, esto no es un factor limitante para los agricultores, ya que suelen hacer apertura de espacios y establecer cultivos en este tipo de topoformas.

En cuanto a las superficies cosechadas, la producción de los cultivos y la obtención de valores de producción, se dispone de los siguientes datos: en el 2010, se cosecharon 3,088 hectáreas de frijol alubia, de las cuales se obtuvo una producción de 6,106 toneladas y un valor de producción de $73,090,286 pesos. Con relación al cultivo de maíz (forrajero y en grano) se obtuvo una cosecha de 34,975 hectáreas, logrando una producción de 370,959 toneladas y un valor de producción de $809,925,715 pesos. Para el 2021 únicamente se cosecharon 1,900 hectáreas de frijol alubia, de las que se obtuvieron 6,913 toneladas y un

valor de producción de $120,529,024 pesos. Para el caso del cultivo de maíz forrajero y maíz en grano, fue posible cosechar 38,462 hectáreas con una producción de 523,684 toneladas y un valor de $2,588,562,265 pesos (este valor posiblemente estuvo en función del incremento en el precio del maíz).

Respecto al número de usuarios o participantes dedicados al establecimiento de cultivos de maíz y frijol en los distritos de riego de la Región Valle de México, es notorio que en el 2010 había un registro de 66,521 usuarios totales, de los cuales 34,328 correspondían a la categoría de ejidatarios y 32,193 pertenecían al rubro de pequeños propietarios. Para el 2021 el número de usuarios o participantes se incrementó hasta 73,627 personas, de las cuales 40,871 pertenecen a la categoría de ejidatarios y 32,756 a pequeños propietarios (SIAP, 2010 y 2021).

Capítulo 6. Aptitud y uso potencial agrícola en México

6.1 Análisis multicriterio

En la integración de este volumen se aplicaron varios métodos, técnicas y herramientas de sistemas de información geográfica, las cuales en interacción permitieron reunir la información necesaria para conocer la situación actual de la producción de maíz y frijol en México. En la integración de las características físico-geográficas, sociales, económicas y demográficas de las 13 regiones hidrológico-administrativas en que se divide el territorio mexicano y por supuesto, de las características agrícolas asociadas con la producción de los cultivos de maíz y frijol se utilizó el análisis multicriterio, y por consiguiente, la aptitud agrícola de los distritos de riego, considerando como variables de análisis los elementos cartográficos relacionados con el uso del suelo, en el que se consideraron como base o variables los siguientes componentes: categorías de uso del suelo, tipos de suelo, temperatura, precipitación, topoformas, altitud, fuentes y mecanismos de abastecimiento de agua para riego.

6.2 Categorías de uso del suelo

La primera variable para determinar la aptitud agrícola de los distritos de riego fue el uso del suelo. En la distribución de usos de suelo de los distritos de riego de las Regiones Hidrológico-administrativas del territorio mexicano se consideraron 23 categorías (INEGI, 2021), las cuales fueron útiles para hacer el análisis a nivel de distrito de riego y, por consiguiente, considerar 23 criterios, también se determinó la ponderación recíproca, asignando valor máximo de 1.000 a la agricultura, además de obtener la ponderación normalizada, que al sumar todos los valores obtenidos en cada una de las categorías de uso del suelo, se obtuvo un valor de 1.000 (Cuadro 16, mapa 28).

6.2.1 Tipos de suelo

Una variable importante para determinar la aptitud agrícola de los distritos de riego de las Regiones Hidrológico-administrativas fue los tipos de suelo (edafología) (INEGI, 2014). De manera similar a la variable anterior, fueron considerados 23 tipos de suelo (con los respectivos 23 criterios), asignándo-

le a cada tipo de suelo la ponderación recíproca, donde 1.000 representa el máximo valor, es decir, el suelo que reúne cualidades para la agricultura, específicamente para los cultivos de maíz y frijol, también se determinó la ponderación normalizada, que al realizar la sumatoria se obtuvo el valor de 1.000 (Cuadro 17 y Mapa 29).

Cuadro 16. Variable: uso de suelo

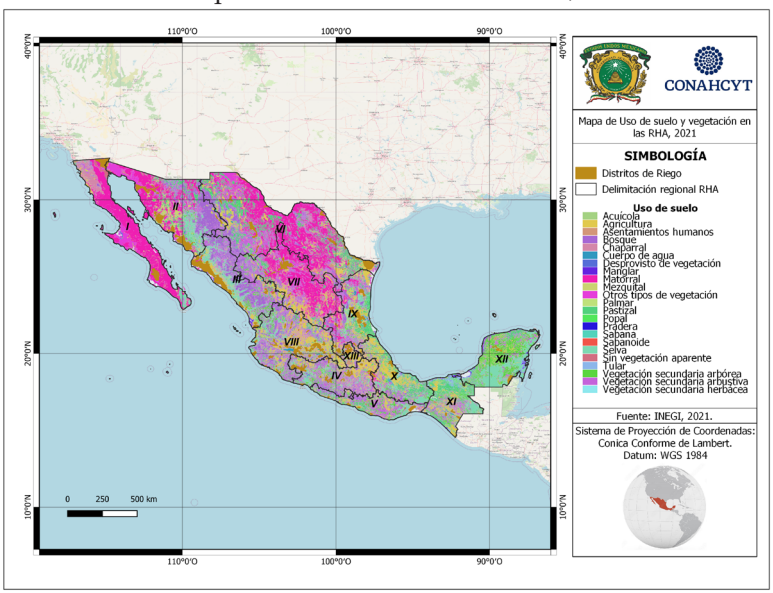
Atributos de la variable uso de suelo	Criterio	Ponderación Recíproca	Ponderación Normalizada
Acuícola	22	0.045	0.012
Agricultura	1	1	0.268
Asentamientos humanos	19	0.053	0.014
Bosque	2	0.5	0.134
Chaparral	9	0.111	0.03
Cuerpo de agua	23	0.043	0.012
Desprovisto de vegetación	18	0.056	0.015
Manglar	21	0.048	0.013
Matorral	6	0.167	0.045
Mezquital	8	0.125	0.033
Otros tipos de vegetación	16	0.063	0.017
Palmar	10	0.1	0.027
Pastizal	7	0.143	0.038
Popal	13	0.077	0.021
Pradera	4	0.25	0.067
Sabana	14	0.071	0.019
Sabanoide	15	0.067	0.018
Selva	3	0.333	0.089
Sin vegetación aparente	17	0.059	0.016
Tular	20	0.05	0.013
Vegetación secundaria arbórea	5	0.2	0.054
Vegetación secundaria arbustiva	11	0.091	0.024
Vegetación secundaria herbácea	12	0.083	0.022
	SUMA	3.734	1

Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI (2021).

6.2.2 Variable temperatura

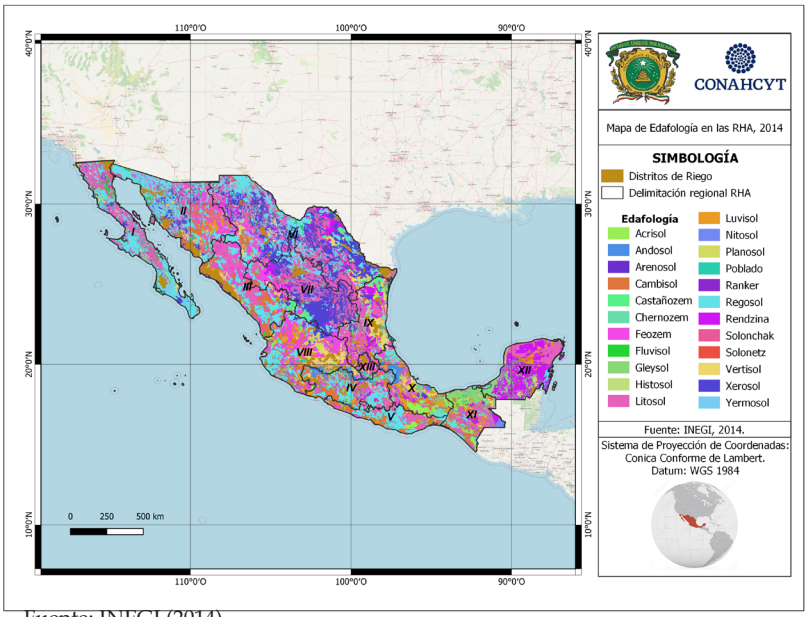
La temperatura es un factor importante en los procesos y actividades agrícolas, por tal motivo, fueron considerados cinco rangos de temperatura media anual, considerando para ello los siguientes datos: cálida, semicálida, templada, semifría y fría. De acuerdo con Vidal-Zepeda (1990), se asignó el valor de 1 a la temperatura templada, considerada ésta como una de las más aptas y adecuadas para el desarrollo de la agricultura, específicamente en la producción de maíz y frijol. También se determinaron la ponderación recíproca y la ponderación normalizada (Cuadro 18 y Mapa 30).

Mapa 28. Uso de suelo en México, 2021



Fuente: INEGI (2021).

Mapa 29. Edafología (tipos de suelo) en México, 2014



Fuente: INEGI (2014).

6.2.3 Variable precipitación

Todos los factores fisiográficos son importantes en la agricultura, en este sentido, ninguno es más ni menos importante, todos son necesarios, aunque algunos si influyen de manera más directa, como es el caso de la precipitación, tanto para la agricultura de temporal como para la agricultura de riego, y de manera más directa con el manejo de los cultivos de maíz y frijol. La precipitación es indispensable en la agricultura, en el caso de la modalidad de riego, ésta incide directamente en el incremento de caudales de los ríos, incremento del volumen en los cuerpos de agua (naturales o construidos) y en la recarga de los acuíferos. En esta variable fueron considerados 19 criterios, se asignó la ponderación reciproca de 1.000 a la precipitación de 500 mm a 600 mm (Vidal-Zepeda,1990), y con base en el análisis multicriterio, este rango sería el más adecuado para la agricultura (Cuadro 19 y Mapa 31).

Cuadro 17. Variable: tipos de suelo (edafología), 2014

Atributos de la variable edafología	Criterio	Ponderación Reciproca	Ponderación Normalizada
Acrisol	13	0.077	0.021
Andosol	5	0.200	0.054
Arenosol	16	0.063	0.017
Cambisol	3	0.333	0.089
Castañozem	12	0.083	0.022
Chernozem	2	0.500	0.134
Feozem	4	0.250	0.067
Fluvisol	9	0.111	0.030
Gleysol	15	0.067	0.018
Histosol	20	0.050	0.013
Litosol	22	0.045	0.012
Luvisol	1	1.000	0.268
Nitosol	11	0.091	0.024
Planosol	7	0.143	0.038
Población (NO USO)	23	0.043	0.012
Ranker	21	0.048	0.013
Regosol	6	0.167	0.045
Rendzina	10	0.100	0.027
Solonchak	19	0.053	0.014
Solonetz	14	0.071	0.019
Vertisol	8	0.125	0.033
Xerosol	17	0.059	0.016
Yermosol	18	0.056	0.015
	SUMA	3.734	1.000

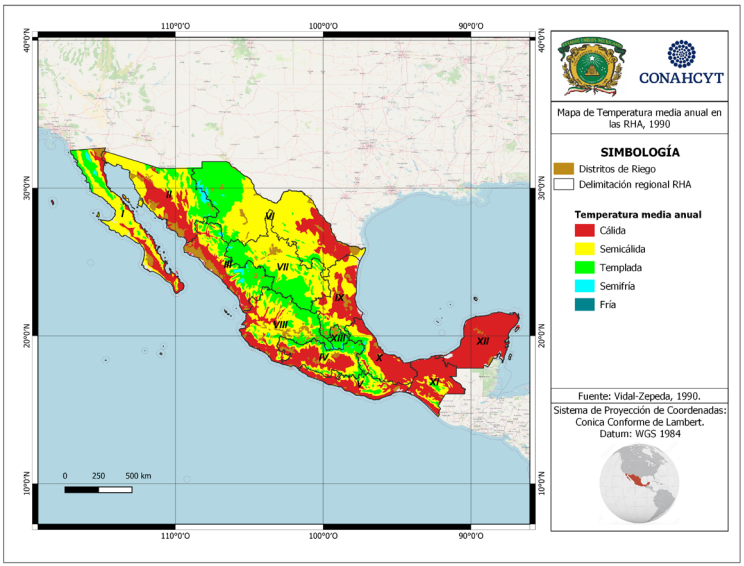
Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI (2014).

Cuadro 18. Variable temperatura, 1990

Atributos de la variable temperatura	Criterio	Ponderación Reciproca	Ponderación Normalizada
Cálida	3	0.333	0.146
Fría	5	0.2	0.088
Semicálida	2	0.5	0.219
Semifría	4	0.25	0.109
Templada	1	1	0.438
	SUMA	2.283	1.000

Fuente: Vidal-Zepeda (1990).

Mapa 30. Temperatura en México, 1990



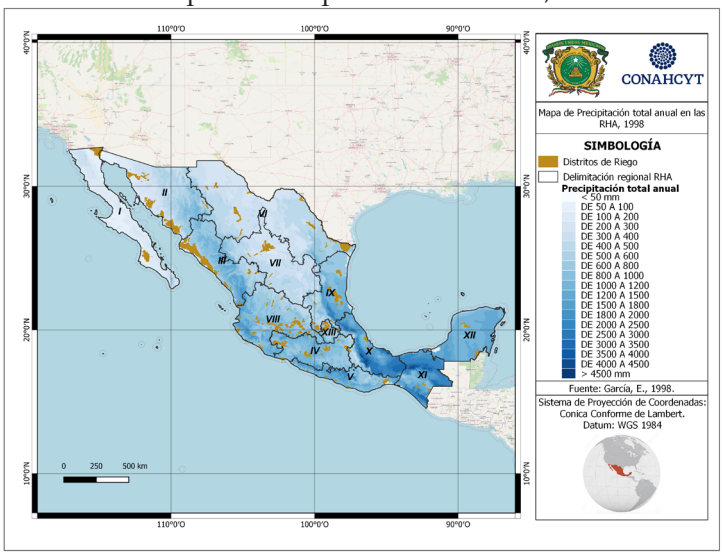
Fuente: Vidal-Zepeda (1990).

Cuadro 19. Variable Precipitación, 1998

Atributos de la variable precipitación	Criterio	Ponderación Recíproca	Ponderación Normalizada
Menor de 50 mm	19	0.053	0.015
De 50 a 100	15	0.067	0.019
De 100 a 200	14	0.071	0.02
De 200 a 300	18	0.056	0.016
De 300 a 400	17	0.059	0.017
De 400 a 500	16	0.063	0.018
De 500 a 600	1	1	0.282
De 600 a 800	2	0.5	0.141
De 800 a 1000	3	0.333	0.094
De 1000 a 1200	4	0.25	0.07
De 1200 a 1500	5	0.2	0.056
De 1500 a 1800	6	0.167	0.047
De 1800 a 2000	7	0.143	0.04
De 2000 a 2500	8	0.125	0.035
De 2500 a 3000	9	0.111	0.031
De 3000 a 3500	10	0.1	0.028
De 3500 a 4000	11	0.091	0.026
De 4000 a 4500	12	0.083	0.023
Más de 4500	13	0.077	0.022
	SUMA	3.548	1

Fuente: elaboración propia con base en García (1998).

Mapa 31. Precipitación en México, 1998



Fuente: INEGI (2014).

6.2.4 Variable: altitud

En el análisis multicriterio para la variable altitud y su relación con la aptitud agrícola fue necesario utilizar los rangos altitudinales desde 0 hasta mayores de 5, 000 msnm. La altitud es un factor geográfico importante en la vida cotidiana y desde luego, en la agricultura, por esta razón, el criterio 1 corresponde al rango de altitud entre 0 y 200 msnm, asignándole una ponderación recíproca de 1.000. Con base en los datos del INEGI (1990) se integró el cuadro 20 y el mapa 32 en donde se incluyen los datos altitudinales del territorio mexicano.

6.2.5 Variable: topoformas (relieve)

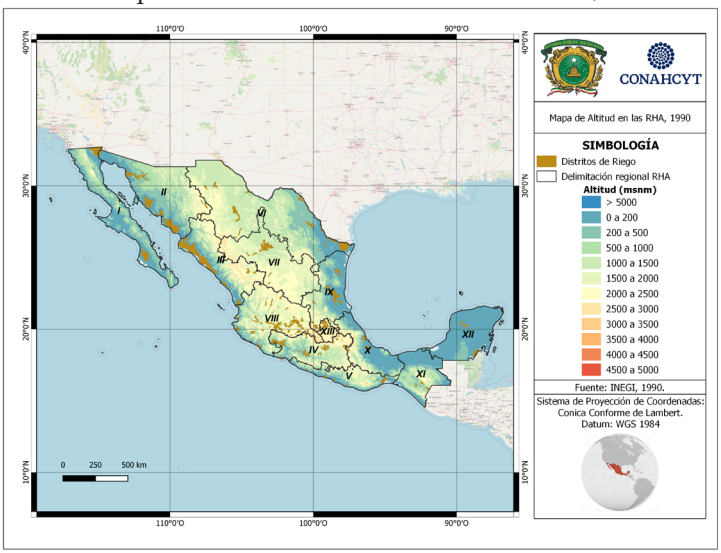
Las condiciones geológico-geomorfológicas y más específicamente el relieve del terreno agrícola, representan un factor importante en las actividades y procesos agrícolas, esto en virtud de que algunas topoformas no son muy favorables para el establecimiento de cultivos, como sería el caso de las islas rocosas y los arrecifes (INEGI, 2001). Como se muestra en el cuadro 21 y mapa 33 la topoforma más adecuada para el desarrollo de la agricultura corresponde con las llanuras, seguida por los valles y los lomeríos.

Cuadro 20. Variable Altitud, 1990

Atributos de la variable altitud	Criterio	Ponderación Reciproca	Ponderación Normalizada
0 a 200	1	1	0.322
200 a 500	2	0.5	0.161
500 a 1000	3	0.333	0.107
1000 a 1500	4	0.25	0.081
1500 a 2000	5	0.2	0.064
2000 a 2500	6	0.167	0.054
2500 a 3000	7	0.143	0.046
3000 a 3500	8	0.125	0.04
3500 a 4000	9	0.111	0.036
4000 a 4500	10	0.1	0.032
4500 a 5000	11	0.091	0.029
> 5000	12	0.083	0.027
	Suma	3.103	1

Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI (1990).

Mapa 32. Altitud en el territorio mexicano, 1990



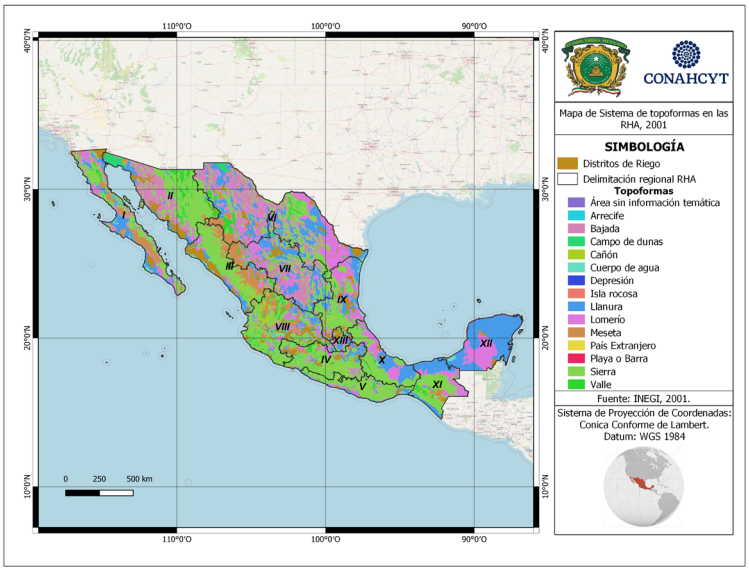
Fuente: INEGI (1990).

Cuadro 21. Variable topoformas, 2001

Atributos de la variable topoforma	Criterio	Ponderación Reciproca	Ponderación Normalizada
Área sin información temática	15	0.067	0.020
Arrecife	13	0.077	0.023
Bajada	7	0.143	0.043
Campo de dunas	9	0.111	0.033
Cañón	6	0.167	0.050
Cuerpo de agua	12	0.083	0.025
Depresión	8	0.125	0.038
Isla rocosa	11	0.091	0.027
Llanura	1	1.000	0.301
Lomerío	3	0.333	0.100
Meseta	4	0.250	0.075
País Extranjero	14	0.071	0.022
Playa o Barra	10	0.100	0.030
Sierra	5	0.200	0.060
Valle	2	0.500	0.151
	SUMA	3.318	1.000

Fuente: elaboración propia con base en datos del INEGI (2001).

Mapa 33. Topoformas del territorio mexicano, 2001.



Fuente: INEGI (2001).

6.3 Mecanismos de abastecimiento de agua para riego

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, los distritos de riego disponen de varias fuentes de abastecimiento de agua, por ejemplo, caudales de ríos, lagos, lagunas, presas, embalses, depósitos temporales (bordos), manantiales y pozos profundos. Para suministrar agua a los terrenos de cultivo se dispone de infraestructura que consta de un sistema que favorece la conducción, distribución, bombeo (motores) y almacenamiento en depósitos temporales y permanentes. El sistema de abastecimiento tiene varias opciones de funcionamiento, mediante canales, derivaciones o mediante la fuerza de gravedad que existe por diferencias altitudinales entre las fuentes de abastecimiento y los terrenos de cultivo. De manera más precisa, los mecanismos de riego utilizados en los sistemas agrícolas de los distritos de riego son cuatro: a) gravedad de presas, b) gravedad-derivación, c) bombeo de corrientes, y d) bombeo de pozos. En el mapa 34 se representan los principales mecanismos de abastecimiento.

6.4 Aptitud agrícola

Como se ha referido al principio de este capítulo. Para determinar las condiciones de aptitud agrícola en México se utilizó el análisis multicriterio, haciendo uso de las variables geográficas de uso de suelo, tipos de suelo (edafología), temperatura, precipitación, topoformas y altitud; esto en función de su relevancia en los procesos y actividades para el desarrollo agrícola, específicamente para los cultivos de maíz y frijol. Con este análisis fue posible obtener los datos que se presentaron en los cuadros y mapas anteriores.

Con base en el análisis multicriterio se pueden identificar de manera general las siguientes aptitudes agrícolas en el territorio mexicano: a) alta aptitud agrícola a lo largo de ambientes ubicados en la Sierra Madre Occidental, en el Eje Volcánico Transversal (Sierra Volcánica Transversal) y en la Península de Yucatán, y b) baja aptitud agrícola en varios entornos de la Sierra Californiana y al norte de las Llanuras Boreales, en la Sierra Madre del Sur y en la Sierra Madre de Chiapas (Mapa 35). La determinación de la aptitud agrícola en los espacios geográficos referidos no es absoluta, toda vez que, no siempre es posible establecer cultivos en todas las áreas fisiográficas referidas, por ejemplo, en las porciones de mayor altitud de la Sierra Volcánica Transversal no son propicias las condiciones para el desarrollo de la agricultura, ya que las bajas temperaturas no favorecerían el establecimiento y manejo de los cultivos.

Como se observa en el mapa 35, la aptitud agrícola en el territorio mexicano es diversa, pues al asociarla con los distritos de riego se esperaría que en las áreas que éstos ocupan, la aptitud agrícola debería estar en un rango entre media y alta, sin embargo, no es así, esto tiene varias hipótesis, una de

las cuales sería que la disponibilidad de agua no siempre garantiza el establecimiento, crecimiento y desarrollo de cultivos agrícolas, en especial el maíz y el frijol. Desde esta perspectiva de análisis, varias zonas de México, inclusive las que disponen de agua para el riego, no tienen una alta aptitud agrícola, por ejemplo, en el distrito de riego ubicado en la región hidrológico-administrativa VII se observa un rango de aptitud agrícola entre baja y media. Para entender el éxito de los procesos y actividades agrícolas, pero, sobre todo, la superficie cosechada, la producción cosechada y el valor de producción generado, sería necesario conocer la influencia de otros factores fisiográficos y socioculturales.

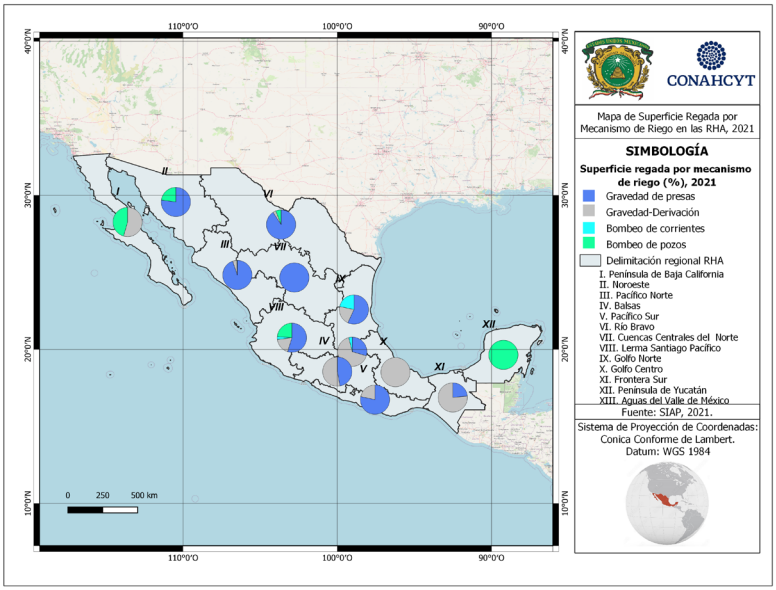
6.5 Uso potencial agrícola en México

Con base en el mapa de uso potencial agrícola (INEGI, 2012) se observa que en el territorio de México existen tres categorías generales: a) apto, b) no aplica, y c) no apto; y al establecer comparaciones con el mapa 35 (generado a partir del análisis multicriterio), entonces es notable una similitud general, en otros términos, coinciden ciertas superficies del territorio determinadas en los rangos de alta aptitud agrícola y baja aptitud agrícola con los extremos de las categorías de uso potencial apto y uso potencial no apto (Mapa 36); por supuesto, existen amplias zonas ubicadas entre una alta aptitud agrícola y una baja aptitud agrícola, como es el caso, de una porción de la Región Hidrológico-administrativa XII (Península de Yucatán) con una aptitud "intermedia".

Como se observa en el mapa 35, muchas zonas del territorio mexicano no tienen potencialidad agrícola, ya que diversos factores fisiográficos condicionan y al mismo tiempo limitan el establecimiento y el éxito de los cultivos, sin embargo, las familias campesinas para satisfacer sus necesidades básicas alimenticias adaptan las condiciones no aptas de los terrenos para cultivar maíz y frijol, entre otros cultivos (Fotografía 7 y 8). Los suelos con predominancia de afloramientos rocosos presentan limitación para los cultivos de frijol, pero investigaciones recientes demuestran que las rocas desempeñan funciones importantes en algunos de los cultivos.

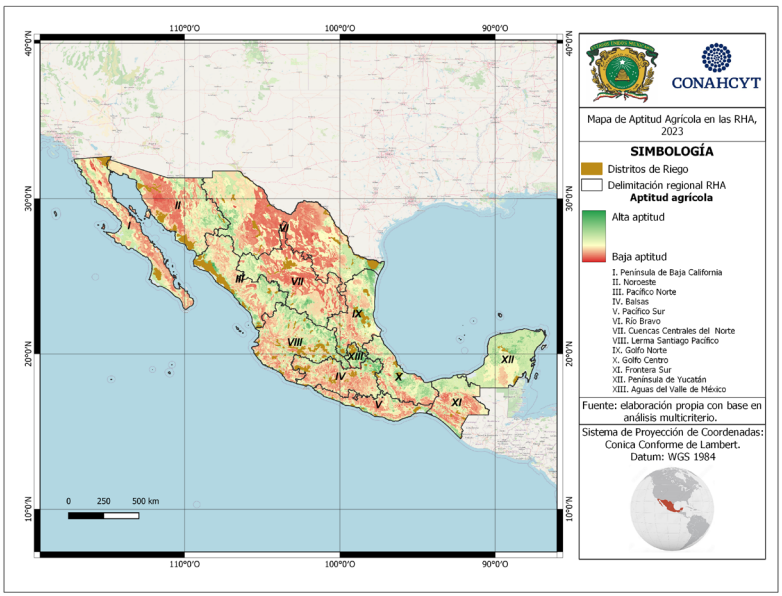
A manera de conclusión, y con base en la comparación del mapa 35 (aptitud agrícola) y el mapa 36 (uso potencial agrícola, se determina que, el mapa elaborado a partir del análisis multicriterio con las variables uso del suelo, tipos de suelo, temperatura, precipitación y topoformas, es similar al mapa de uso potencial agrícola elaborado por el INEGI, demostrando de esta manera la efectividad de aplicación del método de análisis multicriterio (INEGI, 2012).

Mapa 34. Mecanismos de abastecimiento para el riego



Fuente: SIAP (2021).

Mapa 35. Aptitud para la actividad agrícola en México, 2023



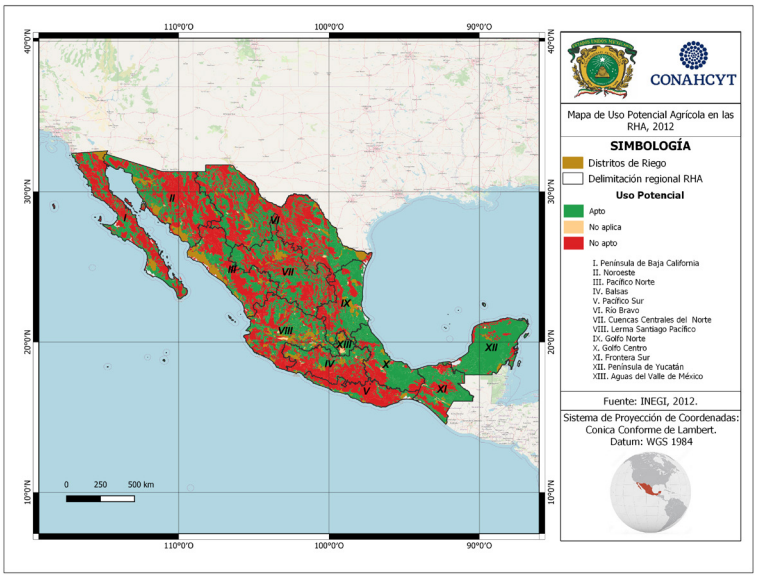
Fuente: elaboración propia con base en el método de análisis multicriterio.

Fotografía 7 y 8. Cultivo de maíz y frijol en terrenos con predominancia de rocas, comunidad San Pedro Guadalupe, Municipio de Zumpahuacán, Estado de México



Fuente: trabajo de campo (2024).

Mapa 36. Uso Potencial Agrícola en México, 2012.



Fuente: INEGI (2012).

6.6 Aptitud agrícola de las regiones hidrológico-administrativas

Considerado la información representada en el mapa 36 se observa que la Región hidrológico-administrativa I (Península de Baja California), se carac-

teriza por presentar una baja aptitud agrícola, sin embargo, el abastecimiento de agua para el riego de los cultivos favorece la posibilidad de establecer cultivos de maíz y frijol en varias áreas de esta región, por ejemplo, la superficie ocupada por el Distrito de Riego 014 (Río Colorado) ubicado en el Estado de Baja California y el Estado de Sonora), y el Distrito de Riego 066 Santo Domingo (Estado de Baja California Sur) sobresalen por la prevalencia de una alta aptitud agrícola, lo cual indica que la interacción de las condiciones físico-geográficas en conjunción con los componentes culturales (conocimiento, tecnología, maquinaria, equipo, manejo del agua) de los usuarios del riego, favorecen el desarrollo de cultivos como el maíz y frijol, que de hecho ya se han producido con éxito en los distritos. Con esto se reflexiona que el ambiente no siempre determina las actividades de los grupos humanos, en este sentido, la sociedad con su cultura es capaz de practicar agricultura en ambientes poco favorables y con mínima o escasa aptitud agrícola.

En la Región hidrológico-administrativa II (Noroeste) es posible identificar la división particular muy determinada de dos porciones de la región, por una parte, la porción oriente presenta una superficie mayor con aptitud agrícola que varía en un rango de media a alta, mientras que en la porción oeste existe una mayor superficie sin este rango de aptitud agrícola. Sin embargo, los terrenos ocupados por el Distrito de Riego 018 Colonias Yaquis, Distrito de Riego 037 Altar Pitiquito, Distrito de Riego 038 Río Mayo, Distrito de Riego 041 Río Yaqui, Distrito de Riego 051 Costa de Hermosillo y 084 Guaymas (todos ubicados en el Estado de Sonora), así como el Distrito de Riego 083 Papigochic (localizado en el Estado de Chihuahua) presentan condiciones físico-geográficas de uso de suelo, edafología, temperatura, precipitación, altitud y topoformas que favorecen la práctica agrícola de diversas variedades de maíz y frijol, desde luego, con la utilización de equipo, maquinaría e insumos de vanguardia, así como la organización social de los usuarios de riego y suficientes fuentes de abastecimiento de agua, estos son algunos factores que de manera conjunta permiten la obtención de buenas cosechas y generan un alto valor de producción.

La Región hidrológico-administrativa III (Pacífico norte) presenta una franja central en donde la aptitud agrícola es considerablemente media y baja, en tanto que en las franjas laterales se concentra una mayor aptitud, como es el caso de la franja oeste. Las superficies que poseen más alta aptitud se concentran en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya (Estado de Sinaloa), Distrito de Riego 043 Nayarit (Estado de Nayarit), Distrito de Riego 052 Durango (Estado de Durango), Distrito de Riego 063 Guasave (Estado de Sinaloa), Distrito de Riego 074 Mocorito (Estado de Sinaloa), Distrito de Riego 075 Río Fuerte (Estado de Sinaloa), Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo (Estado de Sinaloa y Estado de Sonora), Distrito de Riego 108 Elota-Piaxtla (Estado de Sinaloa), Distrito de Riego 109 Río San Lorenzo (Estado de Sinaloa) y Distrito

de Riego 111 Baluarte-Presidio (Estado de Sinaloa). Un factor importante que se relaciona con la aptitud agrícola de esta región es el recurso hídrico, así como la disponibilidad de equipo y maquinaria e insumos.

La aptitud agrícola en la Región hidrológico-administrativa IV (Balsas) es muy heterogénea y se aprecia de forma diferenciada en todos los distritos de riego. Predomina una baja aptitud agrícola, con excepción de las porciones ocupadas por los Distritos de Riego 016 Morelos (Estado de Morelos), 030 Valsequillo (Estado de Puebla), 045 Tuxpan (Estado de Michoacán), 056 Atoyac-Zahuapan (Estado de Puebla y Estado de Tlaxcala), 057Amuco-Cutzamala (Estado de Guerrero, Estado de México y Estado de Michoacán), 068 Tepecoacuilco-Quechultenango (Estado de Guerrero), 097 Lázaro Cárdenas (Estado de Jalisco y Estado de Michoacán), 098 José María Morelos (Estado de Guerrero y Estado de Michoacán), 099 Quitupan-La Magdalena (Estado de Michoacán), en las que es posible apreciar aptitudes que varían de media a alta; por lo que, en este caso, se puede inferir que la diversidad fisiográfica de la región posibilita el desarrollo de los cultivos de maíz y frijol, además, se debe tener presente que la mayor superficie de la región está ubicada en porciones importantes de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur, una de las más complejas en sus componentes geológico-geomorfológicos.

La aptitud agrícola en todo el territorio mexicano es muy diversa y se vincula con múltiples factores, tanto fisiográficos, geológico-geomorfológicos como socioculturales. En la Región hidrológico-administrativa V (Pacífico Sur) es notable una baja aptitud agrícola, sin embargo, también sobre esta región, los espacios geográficos ocupados por los distritos de riego presentan una alta y adecuada aptitud agrícola para el desarrollo de diversos cultivos de maíz y frijol; siendo relevantes los siguientes distritos de riego: 019 Tehuantepec (Estado de Oaxaca), 095 Atoyac (Estado de Guerrero), 104 Cuajinicuilapa (Estado de Guerrero), 105 Nexpa (Estado de Guerrero) y 110 Río Verde-Progreso (Estado de Oaxaca). Esta región hidrológico-administrativa también comparte paisajes complejos (topoformas) con la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur, factor que influye en varios rangos de aptitud agrícola.

La Región Hidrológico-administrativa VI (Río Bravo) con varios distritos de riego en su territorio presenta dos rangos de aptitud agrícola: a) una baja aptitud agrícola sobre la franja central, y b) una alta y adecuada aptitud agrícola en las franjas (porciones) laterales, es decir hacia ambos lados de la porción central. Esta situación ocurre por la presencia de ambientes asociados con la fisiografía de la Sierra Madre Oriental y la presencia de varios ríos que suministran agua para riego en las porciones planas (llanuras). La aptitud agrícola referida se distribuye en los siguientes distritos de riego: DR 004 Don Martin (Estado de Coahuila, Estado de Nuevo León), DR 005 Delicias (Estado de Chihuahua), DR 006 Palestina (Estado de Coahuila), DR 009 Valle de Juárez (Estado de Chihuahua), DR 025 Bajo Río Bravo (Estado de Tamaulipas),

DR 026 Bajo Río San Juan (Estado de Tamaulipas), 031 Las Lajas (Estado de Nuevo León), DR 042 Buenaventura (Estado de Chihuahua), DR 050 Acuña Falcón (Estado de Coahuila, Estado de Nuevo León, Estado de Tamaulipas), DR 089 El Carmen (Estado de Chihuahua), DR 090 Bajo Río Conchos (Estado de Chihuahua), DR 103 Río Florido (Estado de Chihuahua, Estado de Durango) y DR 113 Alto Río Conchos (Estado de Chihuahua).

En la Región Hidrológico-administrativa VII perteneciente a las Cuencas Centrales del Norte existen tres rangos de aptitud agrícola: baja, muy baja y media, las cuales se relacionan de manera directa e indirecta con las cualidades fisiográficas, como es el caso de los usos del suelo, los tipos de suelo, temperatura, precipitación, altitud y topoformas (paisajes). La mayor superficie de la región presenta una aptitud agrícola baja y muy baja, sin embargo, las porciones ocupadas por el Distrito de Riego 017 Región Lagunera (Estado de Coahuila y Estado de Durango) tienen una aptitud agrícola media para el desarrollo de cultivos de maíz y frijol, la cual es favorecida en parte, por algunas de las condiciones fisiográficas referidas, desde luego, complementadas con el uso de equipo y maquinaria agrícola, así como insumos de buena calidad.

En el caso de la Región Hidrológico-administrativa VIII (Lerma-Santiago-Pacífico) es notable la presencia de dos rangos de aptitud agrícola: baja y alta; la superficie entre ambas aptitudes es similar. La superficie con baja aptitud está presente en la franja hacía el oeste, mientras que la superficie de alta aptitud se localiza hacia el oriente y corresponde con los siguientes distritos de riego: 001Pabellón (Estado de Aguascalientes), 011 Alto Río Lerma (Estado de Guanajuato y Estado de Michoacán), 013 Jalisco (Estado de Jalisco, Estado de Michoacán, Estado de Nayarit), 020 Morelia (Estado de Michoacán), 024 Ciénaga de Chapala (Estado de Michoacán), 033 México (Estado de México, Estado de Michoacán, Estado de Querétaro), 034 Zacatecas (Estado de Zacatecas), 053 Colima (Estado de Colima, Estado de Jalisco, Estado de Michoacán), 061 Zamora (Estado de Michoacán), 085 La Begoña (Estado de Guanajuato), 087 Rosario-Mezquite (Estado de Guanajuato, Estado de Jalisco y Estado de Michoacán), 093 Tomatlán (Estado de Jalisco), 094 Jalisco Sur (Estado de Jalisco). Algunos de los factores relevantes que influyen -no determinan- en la aptitud agrícola alta de esta región es el relieve, el recurso agua y la precipitación, entre otros.

Para el caso de la Región Hidrológico-administrativa IX (Golfo Norte) se aprecia una mayor superficie de terrenos con una alta aptitud agrícola, de manera particular para los cultivos de maíz y frijol. Los distritos de riego ubicados en espacios geográficos con alta aptitud agrícola son los siguientes: 002 Mante (Estado de Tamaulipas), 008 Metztitlán (Estado de Hidalgo), 023 San Juan del Río (Estado de Querétaro), 028 Tulancingo (Estado de Hidalgo), 029 Xicoténcatl (Estado de Tamaulipas), 049 Río Verde (Estado de San Luis Potosí), 060 El Higo (Estado de Veracruz), 086 Soto La Marina (Estado de Tamau-

lipas), 092A Río Pánuco, Unidad Ánimas (Estado de Tamaulipas y Estado de Veracruz), 092B Río Pánuco, Unidad Chicayan (Estado de Veracruz) y 092C Río Pánuco, Unidad Pujal Coy (Estado de San Luis Potosí, Estado de Veracruz). La Región Golfo Norte es muy importante en el contexto del territorio mexicano, su situación geográfica influye en su alta aptitud agrícola, además, se ha especializado en la producción de una amplia diversidad de cultivos.

La Región Hidrológico-administrativa X (Golfo Centro) y que corresponde únicamente a dos distritos de riego ubicados en el Estado de Veracruz se caracteriza por presentar mayores proporciones de terrenos con un rango significativo de alta aptitud agrícola y destinados al establecimiento de cultivos de maíz y frijol. Los Distritos de Riego 035 La Antigua y 082 Río Blanco (ambos ubicados en el Estado de Veracruz) presentan una muy alta aptitud agrícola, condición vinculada con su localización geográfica en el Golfo de México, donde los componentes del clima influyen para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La Región Hidrológico-administrativa Frontera Sur (XI) presenta peculiaridades específicas con relación a la aptitud agrícola. Contiene una mayor superficie de espacios con baja aptitud para el desarrollo agrícola, principalmente para los cultivos de maíz y frijol, los cuatro distritos de riego que conforman la región: 046 Cacahoatan, 059 Río Blanco, 101 Cuxtepeques y 107 San Gregorio (ubicados en el Estado de Chiapas) se localizan sobre terrenos con adecuada aptitud agrícola, sin embargo, sus límites están próximos con terrenos de baja o muy baja aptitud, por lo que, estos distritos de riego no podrían abrir nuevos espacios a la agricultura o expandir su frontera o actividad agrícola si se deseara hacerlo, en ese caso, lo ideal sería utilizar la porción norte de la región, donde la aptitud se ubica en un rango mucho mayor.

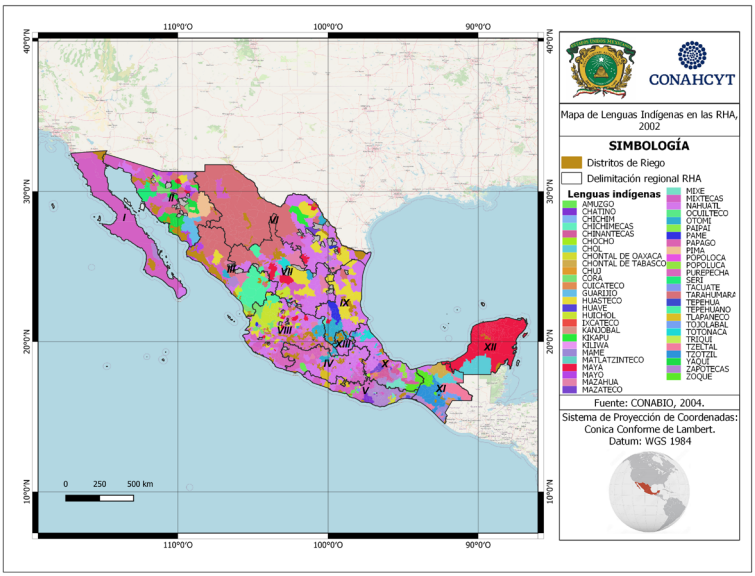
Aunque los tipos de suelo de la Región Hidrológico-administrativa XII (Península de Yucatán) son de origen kárstico y someros en los primeros horizontes, éstos si tienen aptitud agrícola para el establecimiento de cultivos de maíz y frijol, sobre todo cuando son cultivos asociados (la milpa es muy peculiar en su producción). La aptitud agrícola en esta región sobrepasa a los espacios de menor aptitud, por lo que, en adición a sus condiciones hídricas y climáticas (principalmente la temperatura) podría aprovecharse para el desarrollo agrícola, tal y como ocurre con sus Distritos de Riego 048 Ticul (Estado de Yucatán) y 102 Río Hondo (Estado de Quintana Roo), en los que el crecimiento agrícola es apto.

En la Región Hidrológico-administrativa XIII denominada Valle de México está integrada por siete distritos de riego se ha caracterizado por el número de hectáreas cosechadas, la producción total y el valor de producción, se trata de una región con potencial agrícola, y de hecho, se observa que tiene una mayor proporción de terrenos aptos para el desarrollo agrícola por encima de los que poseen una aptitud agrícola baja. Los Distritos de Riego 003 Tula

(Estado de Hidalgo), 044 Jilotepec (Estado de Hidalgo y Estado de México), 073 La Concepción (Estado de México), 088 Chiconautla (Estado de México), 096 Arroyo Zarco (Estado de Hidalgo, Estado de México y Estado de Querétaro), 100 Alfajayucan (Estado de Hidalgo) y 112 Ajacuba (Estado de Hidalgo) ocupan los terrenos con más elevada aptitud agrícola, condición asociada con sus características fisiográficas en interacción con la utilización de equipo y maquinaria agrícola, así como el manejo de insumos de vanguardia, factores que pueden posibilitar el adecuado desarrollo del maíz y frijol.

Finalmente, las zonas que son aptas y adecuadas para el desarrollo agrícola en especial para los cultivos de maíz y frijol dentro de la República Mexicana, coinciden en la ubicación de la mayoría con los grupos lingüísticos (grupos originarios de México) que tradicionalmente han estado cultivando estas tierras durante siglos y que en algunos casos se presentan en los distritos de riego estudiados, lo que permite interrelacionar los sistemas agrícolas, los aspectos geográficos y socioculturales que plantea esta investigación (Mapa 37). Los grupos originarios poseen fuertes vínculos socioculturales con los cultivos de maíz y frijol, además, cada uno de éstos tiene cosmovisiones diferentes acerca de las plantas del maíz, principalmente, desde luego, los sistemas agrícolas también son distintos en las regiones y comunidades habitadas por estos grupos.

Mapa 37. Lenguas indígenas en las Regiones hidrológico-administrativas de México



Fuente: CONABIO, 2004.

Reflexiones finales

Uno de los principales desafíos que enfrentan los sistemas agrícolas de temporal y de riego, pero sobre todo los distritos de riego en México es el incremento paulatino de la escasez del recurso agua, situación asociada con el cambio climático. La variabilidad en las precipitaciones, el incremento de las temperaturas y por supuesto, el impacto ocasionado a los patrones climáticos (componentes del clima) han afectado la disponibilidad de agua para las actividades y los procesos agrícolas (López y Delgado, 2021). Las fuentes de abastecimiento de agua para los distritos de riego, pero principalmente el manejo que se hace del recurso hídrico es una cuestión muy compleja, toda vez que existen varios factores que inciden, tanto en las fuentes de abastecimiento como en el manejo del agua, por lo que, es pertinente implementar estrategias más eficientes para equilibrar la disponibilidad de agua en los distritos de riego y los requerimientos de los cultivos de maíz y frijol.

Las variaciones en la frecuencia y volumen de las precipitaciones durante la época de lluvias, así como el incremento de la temperatura durante la primavera y el verano es otro factor que impacta a los distritos de riego (López y Delgado, 2021) y, en consecuencia, a los cultivos de maíz y frijol. Esta situación trae consigo algunos riesgos hidrometeorológicos como sequías, tormentas, inundaciones y desbordamientos de ríos y almacenamientos (embalses). En el caso de los períodos de sequía, éstos impactan la disponibilidad de agua en los embalses, presas, bordos y ríos que abastecen a los distritos y sistemas de riego; aunado a estas condiciones, se generan riesgos fitosanitarios y agrícolas (López y Delgado, 2021). De hecho, los campesinos / agricultores enfrentan problemas vinculados con el suministro de agua para los cultivos, situación que influye en la producción, rendimiento y valor de la producción de los cultivos de maíz y frijol.

Ante la situación de las variaciones climáticas, los administradores y gestores de los distritos de riego deben implementar estrategias eficientes, como la optimización de la gestión del agua, el uso de tecnologías de riego de precisión y promover la conservación de los recursos hídricos, esto con el propósito de mitigar los impactos del cambio climático (López y Delgado, 2021). Aunado a esta problemática de los distritos de riego, se presenta la sobreexplotación del recurso hídrico, ya que varias fuentes de abastecimiento de agua en los distritos de riego dependen directamente de los ríos y acuíferos, los cuales han estado sujetos a extracciones desmedidas para satisfacer las necesidades de la agricultura, el uso doméstico e industrial; esto ha provoca-

do disminución de los niveles de agua en las cuencas, poniendo en riesgo la sostenibilidad de los cultivos de maíz y frijol. (CONAGUA, 2020; Rodrígues y Hernández, 2020; González y Pérez, 2022). Los modelos y sistemas de riego, como el sistema de riego por goteo y la gestión integrada de los recursos hídricos, son mecanismos que pueden coadyuvar a la solución de este problema.

En algunas porciones de las regiones hidrológico-administrativas, los acuíferos se agotaron -otros están en proceso de agotamiento-, lo cual se debe a la extracción constante y no planificada del agua, además, sin disponer de recargas naturales. El uso de agua subterránea, mediante pozos de bombeo (motores eléctricos) es muy común en los distritos de riego, pero en la actualidad está generando preocupaciones en la producción agrícola y consecuentemente, en la producción de maíz y frijol. Ante esta situación, los administradores y gestores de los distritos de riego, así como las políticas agrícolas deben orientar acciones hacia un manejo racional y sostenible del agua (CONAGUA, 2020; Rodrígues y Hernández, 2020; González y Pérez, 2022).

En México, el abastecimiento y manejo del agua en los distritos de riego enfrenta múltiples problemas, por ejemplo, la pérdida de agua en los sistemas de conducción y distribución del agua para riego. De hecho, la infraestructura hidráulica en algunos distritos de riego es antigua y obsoleta, lo cual genera filtraciones y pérdidas significativas durante su transporte y uso. Los canales no están revestidos adecuadamente, por lo tanto, la evaporación es frecuente (CONAGUA, 2020; Rodrígues y Hernández, 2020; González y Pérez, 2022). Para mitigar las pérdidas de agua es necesario implementar infraestructuras hidráulicas de vanguardia, por ejemplo, el revestimiento de canales de conducción, la instalación de sistemas de riego eficientes, como la aspersión o el goteo (Fotografía 9). Los administradores y gestores en los distritos de riego deben implementar y poner en operación un programa de mejoramiento del sistema hidráulico, además de proveerse de recursos financieros (CONAGUA, 2020; Rodrígues y Hernández, 2020; González y Pérez, 2022).

Los distritos de riego han favorecido los rendimientos de maíz y frijol, en el caso del primero, ha sido posible un incremento significativo en la producción y rendimiento por hectárea, principalmente en los distritos de riego ubicados en el norte y centro de México, donde el acceso al agua es considerado racional y confiable, además, la infraestructura es adecuada, como el caso de los estados de Sinaloa, Sonora y Jalisco. Con relación al cultivo de frijol, los distritos de riego también han influido en el rendimiento, siendo los estados de Durango y Zacatecas los principales productores (SIAP, 2023). De hecho, tanto el maíz como el frijol también se cultivan en ausencia de sistemas de riego, es decir, son cultivos de temporal que dependen únicamente de las lluvias, pero el rendimiento es menor.

Fotografía 9. Riego por goteo en cultivo de maíz en zonas semiáridas. Comunidades rurales del municipio de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí



Fuente: trabajo de campo (2024).

Los distritos de riego proporcionan beneficios directos a la producción y rendimiento de maíz y frijol, pero se debe considerar que el agua para irrigación tiene un costo, ya que la infraestructura y funcionamiento depende de varios equipos, materiales e insumos, por ejemplo, los pozos de bombeo (motores) funcionan con energía eléctrica, factor que en algunos distritos provoca incremento en el costo para la conducción y suministro de agua para la irrigación de los cultivos. El uso de la energía eléctrica para el bombeo de agua es un factor que incrementa los costos de producción, y en ocasiones, no todos los usuarios tienen la capacidad de pagar altos costos por el uso del agua, aspecto que influye en la producción, por lo que, ocasionalmente los campesinos y pequeños productores recurren a sistemas agrícolas y de riego tradicionales (Rodrígues y Hernández, 2020; González y Pérez, 2022).

En los distritos de riego se deben adoptar prácticas agrícolas más sostenibles o tratar de transitar hacia la sostenibilidad. Es necesario promover la agricultura de conservación o agricultura regenerativa con el uso de técnicas que mejoren las propiedades del suelo, conserven el agua y disminuyan el uso de insumos externos, por ejemplo, la rotación de cultivos, el uso de cobertura vegetal, la disminución de labranza y la implementación de tecnologías de precisión en los sistemas de riego. Las políticas agrícolas deben incentivar el

manejo racional del agua, esto mediante la capacitación de los usuarios de los distritos de riego, financiamiento para equipo, subsidios y acceso a tecnologías de vanguardia, lo cual puede coadyuvar a incrementar la eficiencia de los sistemas de riego y, en consecuencia, el incremento en el rendimiento de los cultivos de maíz y frijol (Rodrígues y Hernández, 2020; González y Pérez, 2022).

Los comités, organismos, asociaciones, cooperativas y agrupaciones de usuarios vinculados con la gestión del agua en el contexto de los distritos de riego y sus comunidades deben acatarse a lo estipulado en el reglamento, normativa o lineamientos; hacer cumplir la legislación en materia hídrica, lo cual puede favorecer una transición efectiva hacia la sostenibilidad y la seguridad alimentaria (FAO, 2023).

Las variaciones de los componentes de clima en las regiones de México, principalmente la frecuencia y distribución de las precipitaciones afecta la producción y rendimiento de los cultivos de maíz y frijol (González y Pérez, 2021). De hecho, este problema incide en la incertidumbre y los riesgos agrícolas. La altitud y las características de los suelos favorecen una amplia diversidad de cultivos de maíz y frijol, los cuales se han adaptado a determinadas condiciones fisiográficas de las regiones (Martínez y Ramírez, 2020). Los distritos de riego son esenciales en las regiones con escasez de agua, pero la sobreexplotación de los recursos hídricos y el cambio climático en interacción con otros factores impactan en la sostenibilidad agrícola, por lo que, es urgente la implementación de políticas agrícolas que coadyuven a mitigar los efectos del cambio climático con la finalidad de garantizar la sostenibilidad de los cultivos y fomentar la seguridad alimentaria mexicana (CONAGUA, 2023).

Se deben establecer estrategias para promover que los cultivos de maíz y frijol se adapten al cambio climático, esto mediante la implementación de prácticas agrícolas resilientes, el uso de variedades más resistentes a sequías, plagas y enfermedades y el manejo adecuado del agua (López y Delgado, 2021). La investigación y la biotecnología agrícola deben centrarse en el mejoramiento de variedades locales, pero sin poner en riesgo la biodiversidad y el patrimonio cultural agrícola de México (Altieri y Nicholls, 2020). Es urgente fomentar políticas enfocadas hacia la conservación *in situ* de variedades nativas de maíz y frijol, así como la protección y sistematización del conocimiento tradicional que poseen los agricultores / campesinos (Altieri y Nicholls, 2020) (Fotografía 10 y 11).

Fotografía 10 y 11. Variedades nativas de maíz y frijol cultivadas por familias campesinas en ambientes con predominancia de afloramientos rocosos, comunidad Chiapa San Isidro, municipio de Zumpahuacán, Estado de México



Fuente: trabajo de campo (2024).

En el caso de los pequeños productores de maíz y frijol es prioritario apoyarles con recursos financieros y acceso a crédito para la adquisición de tecnología, capacitación y asistencia técnica. Además, de fomentar la organización e integración de los agricultores en asociaciones y cooperativas para transitar a corto y mediano plazo hacia una agricultura sostenible (Altieri y Nicholls, 2020) y regenerativa. Las políticas públicas deben ser inclusivas, igualitarias y equitativas reconociendo la importancia que tienen los cultivos tradicionales en la seguridad alimentaria, la economía rural y la identidad cultural de México (Altieri y Nicholls, 2020). Además, es fundamental promover la agricultura regenerativa, la agroecología y la agricultura sustentable de acuerdo con las características de los terrenos para transitar de manera gradual al desarrollo local sostenible y en consecuencia al desarrollo humano de los productores de alimentos.

Bibliografía

Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2020). *Agroecología: Principios y prácticas para la sostenibilidad de la agricultura* (2ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa.

Brady, N. C., y Ray, R. W. (2016). *The Nature and Properties of Soils*. Pearson.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2011). *Atlas del agua en México 2011*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/259341/_2011__Atlas_del_Agua_en_M_xico_2011.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (s. f.). *Programas hídricos regionales 2021 - 2024*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/conagua/documentos/programas-hidricos-regionales-2021-2024.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (s. f.). *Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad* [16,833] - CONABIO. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1995). *Edafología, escalas 1:250000 - 1:1000000*. Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda251mgw

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2004). *Lenguas indígenas a nivel municipal, 2002. Catálogo de metadatos geográficos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2010). *Estadísticas del Agua en México* Edición 2010. CONAGUA.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Estadísticas del Agua en México* Edición 2021. CONAGUA.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2022). *Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológico-Administrativa I Península De Baja California*. CONAGUA. https://www.gob.mx/conagua/documentos/programas-hidricos-regionales-2021-2024

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2022). *Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológico-Administrativa II Noroeste*. CONAGUA. https://www.gob.mx/conagua/documentos/programas-hidricos-regionales-2021-2024

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2022). *Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológico-Administrativa III Pacifico Norte*. CONAGUA. https://www.gob.mx/conagua/documentos/programas-hidricos-regionales-2021-2024

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2022). *Programa Hídrico Regional 2021-2024 Región Hidrológico-Administrativa IV Balsas*. CONAGUA. https://www.gob.mx/conagua/documentos/programas-hidricos-regionales-2021-2024

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2023). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Santo Domingo (0306), Estado De Baja California Sur.* CONAGUA. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/BajaCaliforniaSur/DR_0306.pdf

Consejo Nacional para la Cultura & las Artes (CONACULTA) (2010). *Atlas de infraestructura y patrimonio cultural de México*. http://sic.gob.mx/atlas2010/fo/ATLAS-1a-parte.pdf (2020.03.30)

Diario Oficial de la Federación (2002). *Programa nacional hidráulico 2001-2006*. Comisión Nacional del Agua (Conagua). Diario Oficial de la Federación.

Escobedo, J. F. (1997). El pequeño riego en México. En: S. T. Martínez, y V. J. Palerm, (Eds.), *Antología sobre pequeño riego*. Vol. I. (pp. 285-316). México: Colegio de Postgraduados/Plaza y Valdés.

Food and Agriculture Organization (FAO) (2001). *Major soils of the world. World reference base for soil resources: Atlas. CD-Room. 2001*. FAO. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf

Food and Agriculture Organization (FAO) (2014). *World Reference Base for Soil Resources 2014*. FAO.

García, E., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (1998). *Precipitación Total Anual. Catálogo de metadatos geográficos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

García, E. (2006). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83

Gómez, P. A. y Kaus, A. (2019). *El maíz y su historia en Mesoamérica*. Editorial Fondo de Cultura Económica.

González J. A. (2003). *Cultura y agricultura. Transformaciones en el agro mexicano*. México: Universidad Iberoamericana. 361 p.

González, E. y Pérez, R. (2022). Eficiencia en la gestión de agua para la agricultura en México. *Revista Mexicana de Ingeniería Hidráulica, 17*(1), 35-52.

González, J. R. y Pérez, M. L. (2021). Impactos del cambio climático sobre la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12*(4), 142-155.

González, J. A. (1997). La influencia de la Antropología Estadounidense en México: el caso de la ecología cultural. En Rutsch, Mechthild y Serrano, Carlos. *Ciencia en los Márgenes*. UNAM. México (González, 2003).

Guzmán, C. G., González de Molina, N. M. y Sevilla, G. E. (2000). *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible*. Ediciones Mundi-Prensa, España,

535 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2001). *Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos*. Continuo Nacional serie I. Sistema topoformas. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2012). *Conjunto de Datos Vectoriales de la Cartografía de Uso Potencial de las Tierras, Escala 1: 1 000 000* (Continuo Nacional). INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2014). *Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250000 Serie II*. (Continuo Nacional). Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). *Guía para la interpretación de cartografía Edafología Escala 1: 250 000 Serie: III.* Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825076221.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2021). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional).* INEGI. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/usv/inegi/usv250s7gw

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2021). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional).* Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

International Union of Soil Sciences (IUSS) (2007). Grupo de Trabajo WRB. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. *Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103.* FAO. Roma. 2007. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf

Juan, J. I. y Gómez, G. (2020). Ambiente, cultura y sociedad. Un análisis desde la perspectiva del modelo RECREA. *Iberoamérica, 22*(2), 153-179. https://doi.org/10.19058/iberoamerica.2020.12.22.2.153

López, M. C. y Delgado, M. (2021). Efectos del cambio climático en la agricultura mexicana: El caso del maíz y el frijol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12*(3), 457-472.

Lugo, H. J., Vidal, Z. R., Fernández, E. A., Gallegos, G. A., Zavala, H. J. y otros. (1990). *Hipsometría. Catálogo de metadatos geográficos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Martínez, A., y Ramírez, V. (2020). *La influencia de los factores geográficos en la producción agrícola de México*. Editorial Universidad Autónoma de Chapingo.

Martínez, S. T. (2000). El pequeño riego en México: por una socioeconomía del agua. En: Palerm, V. J. y Martínez, S. T. Antología sobre pequeño riego. *Organizaciones Autogestivas.* Vol. II, Colegio de Posgraduados-Plaza y Valdés.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). *La seguridad alimentaria en México: Retos y perspectivas. Informe anual.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Orozco, G. P. A. (2010). *Naturaleza del ejido, de la propiedad ejidal, características y limitaciones*. Biblioteca Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. http://historico.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/mexder/cont/12/cnt/cnt8.pdf

Para todo México (2023). *Para todo México. Regiones Hidrológico Administrativas de México.* https://paratodomexico.com/geografia-de-mexico/hidrografia-de-mexico/regiones-hidrologico-administrativas.html#a1

Pedroza G. E. y Hinojosa, C. G. (2014). *Manejo y distribución del agua en Distritos de Riego: Breve introducción didáctica.* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/manejo-dadr/files/assets/common/downloads/publication.pdf

Universidad de Sevilla (s.f.). *Propiedades físicas de los suelos. Suelos* - Universidad de Sevilla.

Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (PROCEDE) (2000). *Archivos*. México.

Ratzel, F. (1988) *Géographie politique*. Paris. Económica.

Regosoles. (s. f.). *Regosol*. https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Regosol.htm

Remmers, G. G. A. (1993). Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. En: *Agricultura y Sociedad*. No. 66. España: ministro de Agricultura y Medio Ambiente. pp. 201-220.

Rodrígues, S.L. y Hernández, J. (2020). El uso de tecnologías de riego para optimizar la producción agrícola en los distritos de riego de México. *Revista de Tecnología Agrícola, 22*(2), 141-160.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2018). *¿Qué son las cuencas hidrológicas y las reservas de agua?* Gobierno de México. https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-son-las-cuencas-hidrologicas-y-las-reservas-de-agua#:~:text=Cuenca%20hidrol%C3%B3gica%3A-,Es%20una%20cavidad%20natural%20en%20la%20que%20se%20acumula%20agua,una%20o%20varias%20cuencas%20hidrol%C3%B3gicas.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2000). *Los suelos de México.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3.1_Suelos/index.htm

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2023). *Estadísticas de la producción agrícola de maíz y frijol en México*. México: SIAP. Gobierno de México.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2010). *Estadísticas agrícolas Año agrícola 2010*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-Distritos-de-riego

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2021). E*stadísticas agrícolas Año agrícola 2021.* Gobierno de México. https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-Distritos-de-riego

Sistema de Información Legislativa (SIL). (2022). *Ley Agraria*. Recuperado de http://sil.gobernacion.gob.mx

Steward, J. (1972). *Theory of Culture Change. The Methodology of Multilinear Evolution*. Illinois: University Press.

Steward, J. (1959). The Concept and Method of Cultural Ecology. *Reading in Anthropology.* Vol. 2, Nueva York: Crowell.

Stora, N. (1994). La ecología cultural y la interacción entre el hombre y su entorno. *Cultural Ecology*. One Theory, 11-23.

Vidal-Lablache,P. (1914). *Atlas general*. Paris. Armand Colin. 131 p.

Vidal, Z. R. (1990). *Temperatura media anual. Catálogo de metadatos geográficos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

El libro *Agricultura y manejo del agua en México. Estudio geográfico del agua para riego en los cultivos de maíz y frijol.* Tomo 3
de José Luis Montesillo Cedillo,
María del Carmen Magallanes Méndez,
Irma Eugenia García López,
José Manuel Pérez Sánchez y
José Isabel Juan Pérez
se terminó de imprimir
el 28 de marzo de 2025.

La agricultura es una actividad importante en México, pues de ésta se obtienen múltiples servicios, beneficios y alimentos para las personas que vienen en el campo y las ciudades. Contribuye a mejorar la seguridad alimentaria y mitigar la pobreza de las familias campesinas; además, es base de la alimentación del pueblo mexicano. Sin embargo, en los últimos años, enfrenta desafíos para su crecimiento y desarrollo, estos retos están asociados con la interacción de factores geográficos, ambientales, climáticos, sociales, económicos, políticos y culturales, pues aunque algunas regiones se realiza la domesticación de varios cultivos como el maíz (*Zea mays)* y el frijol (*Phaseolus vulgaris*), los problemas persistenten. La producción de maíz y frijol tiene como finalidad satisfacer las necesidades alimenticias de las familias mexicanas como abastecer los mercados regionales y nacionales. Recientemente, las actividades y procesos agrícolas, así como los insumos y los recursos naturales -como el agua- asociados (agricultura) están sujetos a presiones que impactan su rendimiento y producción.

En este libro se presenta un análisis general con base en los cultivos de maíz y frijol de los distritos de riego de las 13 regiones hidrológico-administrativas de México, con el propósito de mostrar datos estadísticos de sus componentes ya que intervienen en las actividades y procesos agrícolas. Se incluyen datos estadísticos de los años 2010 y 2020, haciendo comparación para identificar diferencias y similitudes en la superficie sembrada, la superficie cosechada, la producción, el rendimiento y el valor de la producción. Se presenta también la descripción de las fuentes de abastecimiento de agua para los sistemas de riego, así como el volumen utilizado y su relación con algunos factores geográficos como la temperatura, precipitación, altitud, condiciones del suelo y condiciones geológico-geomorfológicas. Concluyendo con algunas reflexiones finales acerca de la influencia de los componentes del ambiente, el crecimiento y desarrollo de los cultivos de maíz y frijol.

ISBN: 978-607-26949-0-3



SOCIEDAD Hijos de Calimaya A.C.

Comisión de Fomento de las Actividades de las Organizaciones de la Sociedad Civil

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS